令和２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

第４期を折り返して

校 長 石 井 一 也

本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３年目となり通算で１８年目となりました。現在、新潟南高等学校は、今期の大きな目標である、全校生徒による課題研究の充実、江風グローバル研修（アメリカ合衆国海外研修）による課題研究の深化に向けた実践の定着、本校全教職員によるＳＳＨ事業の推進等に引き続き取り組み、事業改善を進めているところです。今年度につきましては、新型コロナウイルス感染拡大の影響を受け年度初めから臨時休業となったことでＳＳＨ事業の取り組みにも大きな影響がありました。課題研究に取り組む時間が減少し、活動の深まりが物理的に厳しい状況となりましたし、結果的に現２年生が２月に予定していたアメリカ研修が中止となったことは最大の影響となりました。ただ、このような状況の中でもＳＳＨ総務部を中心として指導にあたる教職員の工夫と努力により生徒の研修機会を確保すべく可能な範囲で代替の活動について模索してまいりました。今期事業計画の中に新たに盛り込んだ「日本海アジア文化圏交流」については、当初よりオンラインによる活動を想定していたことから概ね予定通りに実施することができました。この新たな取組についても生徒の成長に大きく繋がる経験となるよう恒常的な取組として推進していこうと考えています。

今後は、第Ⅳ期の事業計画の遂行に向けて事業のまとめの時期を迎えます。また、次のステップに向け本校の探究活動をどう進めていくのかについて方向を定めていく時期となります。事業に盛り込んだ「教職員の指導力向上に向けた研修の充実」や「事業成果の他校への普及」、「評価方法の充実・改善」に加え、次第に整備されてきたICT環境の効果的な活用についても研究していく必要があります。全職員の協力体制のもとしっかりと進めてまいる所存です。

本誌「令和２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」では、学校設定科目「江風ＳＳⅠ」「江風ＳＳⅡ」「江風ＳＳⅢ」「江風ＳＳＧ」および「江風探究ユニット」の概要、令和２年２月23日(日)～29日(土)の７日間で実施した江風グローバル研修、令和２年度のＳＳＣ（スーパーサイエンスクラブ）の活動や各種発表会・交流会への参加など、この１年間の活動の全容について掲載しています。ぜひ本誌をご覧いただき本校のＳＳＨ事業についてご理解いただきますとともに、今後の更なる充実・発展に向け、ご指導いただければ幸いです。真摯にＳＳＨ事業に取り組んできた生徒諸君の努力、教職員の熱意に敬意を表するとともに、大学関係者の皆様、運営指導委員並びに管理機関である新潟県教育委員会の今後も変わらぬご支援、ご協力をお願いいたします。

目　次

巻頭言

第４期を折り返して　　学校長　石井 一也

令和２年度SSH課題研究集録

・生物

続・新種発見！？　～佐渡のトキワイカリソウは新種なのか～ ………… 1

スズメバチの巣はいかに快適か ………… 10

リンゴの皮の新たな活用法 ………… 13

チョウメイムシ(Macrobiotus　tardigradum)貯蔵細胞の乾眠能 ………… 17

・数学

篩（ふるい）に掛けろ！！！条件追加によるハミルトングラフの判別方法の改善 ………… 24

・物理

フラッタリングを用いた空調の最適化 ………… 27

白板自動走行文字消去装置 ………… 30

津波波高の軽減 ………… 32

・化学

セイタカアワダチソウから着想を得た除草剤の作成 ………… 35

塩を加えたことによるカリウムミョウバン結晶の変化 ………… 39

機能性塗料の開発 ………… 41

江風グローバル研修報告書

・SFコース

研修概要、事前研修、行程表、事後学習、振り返り、アンケート集計結果 ………… 47

研修の様子(写真) ………… 59

・LAコース

研修概要、事前研修、行程表、事後学習、振り返り、アンケート集計結果 ………… 63

研修の様子(写真) ………… 72

・英語ポスター

英語ポスター ………… 76

続・新種発見！？　～佐渡のトキワイカリソウは新種なのか～

新潟県立新潟南高等学校
遠山 航汰，田中 大夢，森田 結衣，伊藤 ひなた

概要

トキワイカリソウ *Epimedium sempervirens* とはメギ科のイカリソウ属の多年草である。昨年の先行研究で，佐渡と本州で，その形態に大きな違いがあることが分かった。そこで，佐渡と本州で採集と測定を行い，そのデータの統計処理を行った。その結果，いくつかの形態で有意差が見られた。その中で，受粉に関わるめしべや距の違いから，訪花昆虫が異なることが考えられることや，佐渡，本州間では，本州の個体間に比べ，遺伝的距離が遠いことから，自然に生殖が起こらない事が考えられ，別種である可能性が高まった。

1．はじめに

トキワイカリソウとは，メギ科イカリソウ属の多年草で，本州（東北地方～山陰地方の日本海側）の多雪地の山野の林内に生息している。昨年の先行研究によって，佐渡と本州のトキワイカリソウは形態に大きな違いがあることが明らかになっている。そこで今年はさらにサンプル数を増やし，形態を数値化し，DNA 解析やクラスター分析を行うことで，種分化がなされているかどうか検証した。

2．実験方法

［1］データの収集

佐渡と本州のトキワイカリソウの採集と測定を行った。各所で１０個体を採集し，さく葉標本を作成した。また，測定を行った個体の花を１個体あたり５個ずつ液浸標本にした。

＜測定箇所＞

数：花，越冬葉，花をつけた茎，花をつけていない葉茎，鋸歯

長さ：全長，花柄，葉柄，越冬葉（縦・横），めしべ

距（縦・根元の幅）　　　　**＊図３を参照**

＜調査地＞

本州：津川，角田，見附，長岡，十日町，西会津

佐渡：羽茂飯岡，田切須崎，下川茂

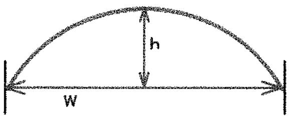
佐渡の調査地が小佐渡のみなのは、佐渡のトキワイカリソウが，過去の文献でも大佐渡にはほとんど見られず，小佐渡の北西部に偏って分布しており、大佐渡では確認することができなかったためである。

図１：調査地

［2］データの処理

①佐渡と本州で形質の違いが大きく見られためしべと距の長さの値をグラフ化した。

②佐渡と本州それぞれの距の弓なり具合をＲ測定法を用いて算出した。距の弓なり具合を示すＲ値，距の長さ，めしべの長さ，距歯の数の平均値を求め，表にした。



$$R = \frac{\left(\frac{W}{2}\right)^2 + h^2}{2h}$$

図２：R 測定値

Ｒ言語（R Development CoreTeam）を用いて，クラス

ター分析を行った。分析には，ウォード法を用い，佐渡のトキワイカリソウ，本州のトキワイカリソウ，イカリソウ *Epimedium grandiflorum*，キバナイカリソウ *Epimedium koreanum* を葉柄，花柄，葉柄/花柄，全長，めしべ，距のデータから４つのクラスターに階層クラスタリングをした。

［3］受粉実験

①佐渡の個体×佐渡の花粉
②佐渡の個体×本州の花粉（袋掛け）
③本州の個体×本州の花粉
④本州の個体×佐渡の花粉（袋掛け）

上記の４つの掛け合わせで，結実するかどうか受粉実験を行った。

３．実験結果

結果１

図６は，佐渡と本州それぞれのめしべと距の長さをグラフ化したものである。本州の個体は距が長く，めしべが短いのに対し，佐渡の個体は距が短く，めしべが長いことが分かる。

図７は花柄と葉柄の長さを用いたグラフで，▲のマーカーが佐渡，●のマーカーが本州の個体を表している。このグラフから，佐渡の個体は葉柄に対し花柄が長く，本州の個体は，葉柄に対し，花柄が短いことが分かる。これにより見た目の違いを数値化することができた。

表１：R 値，距とめしべの長さ，鋸歯の数

	佐渡	本州	T検定≪P値≫
R値	3.85	5.55	1.9×10^{-2} *
距の長さ（mm）	12.8	17.1	1.8×10^{-18} **
めしべの長さ（mm）	5.98	5.43	2.1×10^{-4} **
鋸歯（個）	16.9	53.2	3.1×10^{-11} **
葉柄（cm）	3.79	6.93	7.5×10^{-4} **
花柄（cm）	6.9	8.1	1.9×10^{-2} *
葉柄／花柄	0.56	0.66	5.5×10^{-3} **
越冬葉（枚）	6.19	5.1	0.4
全長（cm）	35.76	39.97	9.2×10^{-2}
P＜0.05 * P＜0.001 **			

表1は，R 値（距の弓なり具合），距の長さ，めしべの長さ，鋸歯の数のそれぞれの平均値を出し，T 検定を行った結果である。佐渡の個体は本州に比べ，R 値は低く（弓なり具合が強い），鋸歯は少ないことが分かった。それぞれの平均値に有意差があることがわかった。

結果２

図 8 は，去年採集したトキワイカリソウのDNAサンプルで遺伝的距離を系統樹を用いて表した。A は佐渡，C と D は本州の個体を表している。A の個体が独立して枝分かれしていることが分かった。このことから佐渡と本州のトキワイカリソウでは，遺伝的に距離があることが分かった。

結果３

図９はクラスター分析の結果を表したものだ。クラスター分析から，早い段階で別れたグループ（図８の左側のグループ）に分布するのはほぼ佐渡のものであった。また，そのほかの分岐でも細部では佐渡のトキワイカリソウと本州のトキワイカリソウがある程度のまとまりをもって分布していた。なお，図９中の◆マークで示した部分が佐渡の個体のまとまりである。ただし，サンプルの採集場所を表す記号の後ろに p がついているものは昨年のサンプルであり，かつ記号が今年のものと重複したものだ。

α，Y―下川茂（トキワイカリソウ）
β，A，H―田切須嵜（トキワイカリソウ）
γ―羽茂飯岡（トキワイカリソウ）
E，J－津川（キバナイカリソウ）
K，T－角田（トキワイカリソウ）
M―見附（イカリソウ）

結果４

イカリソウの仲間は自家不和合性が強く、自家受精ではほとんど結実しない。また，集団間の他家受粉では 71.1%，異種間では 69.1%の結実率を示し，異種間で容易に雑種をつくることが分かっている。（鈴木，1983）。今回の受粉実験では④本州の個体×佐渡の花粉（袋掛け）から２つの種子を得ることができた（図 3－②・図 11）。これは佐渡と本州の個体が別集団であ

ることを裏付ける結果となった。

4．考察

有意差が見られた測定個所は，訪花昆虫や気候など，佐渡－本州間での環境の違いに由来する変異であると考えられ，有意差のみられなかった測定個所は，そのような環境の違いによって変化する必要がなかった箇所だと考えられる。「日本のイカリソウ起源と種分化」（鈴木和雄 著）でトキワイカリソウの距の長さとその訪花昆虫の口吻の長さに相関がみられることが分かっており，結果1から，距の長さに有意な差が見られることと，同じく受粉に関わるめしべの長さにも有意な差がみられるので，佐渡と本州では訪花昆虫が異なる可能性が考えられる。

ハナバチは，イカリソウの花に逆さにつかまり，頭部を花弁の距の先へ口吻を伸ばし，先端にある蜜を吸う。体毛がブラシのようにして葯をこすり、花粉が体毛に付着する（図10)。

ハナバチの口吻の長さと距の長さは非常にうまく対応しており，イカリソウやトキワイカリソウのように長い距（約20㎜前後）を持つものには口吻の長さが最長のトラマルハナバチの女王が吸蜜する。ヒメイカリソウのようにやや短い距（約14㎜前後）を持つ花にはニッポンヒゲナガハナバチ，ケブカハナバチが吸蜜する（鈴木，1984)。

今回の測定結果から本州トキワイカリソウの距は平均 17.1 ㎜でトラマルハナバチの口吻に対応しそうだが，佐渡の距の平均は12.8㎜と短く，その他のハナバチの放花が考えられる。

特にマルハナバチ類は特定の訪花植物に放花することが多い（Goulson, 2003）というが，佐渡の距の短いトキワイカリソウにはどのような種類のハナバチが訪花しているのだろうか。ちなみに，佐渡での2010年9月の調査ではトラマルハナバチはハナバチ類全体の約7%に過ぎなかった（2012，笠木)。

訪花昆虫が異なるということは，両者間で受粉することができず，生殖的隔離が起こっており，種分化していると言えるのではないだろうか。

また，結果3のクラスター分析の結果から，最初に別かれた単系統（左側のまとまり）に属する個体のほとんどが佐渡のトキワイカリソウなので，本州のイカリソウ集団と，佐渡のトキワイカリソウは，別集団と考えられる。

5．まとめ

トキワイカリソウは，佐渡と本州の環境の違いによって変化していき，結果で見られたような形態の違いに表れたと考えられる。また，佐渡と本州のトキワイカリソウには遺伝的な距離がみられることや，訪花昆虫が違うことが考えられることから，たとえ近距離に佐渡と本州のトキワイカリソウがあったとしても自然には受粉が起こらないと考えられるため，佐渡と本州のトキワイカリソウが別種である可能性が高まった。

6．今後の展望

特に放花昆虫の現地調査が待たれるが，電子顕微鏡で花粉を撮影し（図 12)，花粉形態や花粉量の解析，越冬葉の組織断面の比較などを行っていきたい。

7．参考文献

1)鈴木 和雄，1990，「日本のイカリソウ起源と種分化」
2) R言語でのクラスター分析について
https://qiita.com/Haruka-Ogawa/items/fcda36cc9060ba851225
3) 笠木 哲也， 2012，能登半島と佐渡島におけるハナバチ類の種組成と分布，日本海域研究，第43号，
4)永田 芳男（著）， 西田 尚道（著）， 菱山 忠三（著），
1996，山に咲く花，山と渓谷社

8．図版

次ページに続く

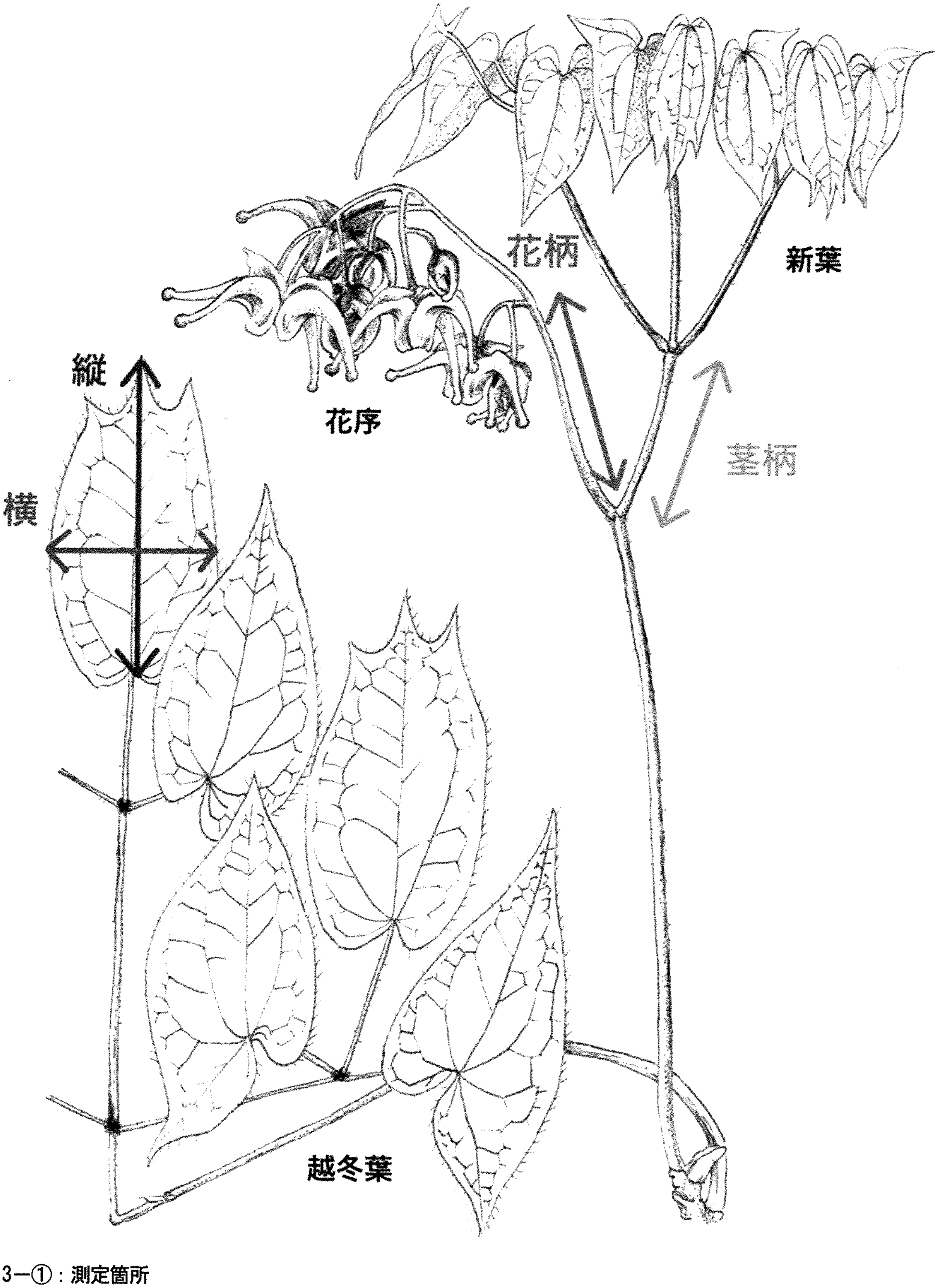


図 3−①：測定箇所

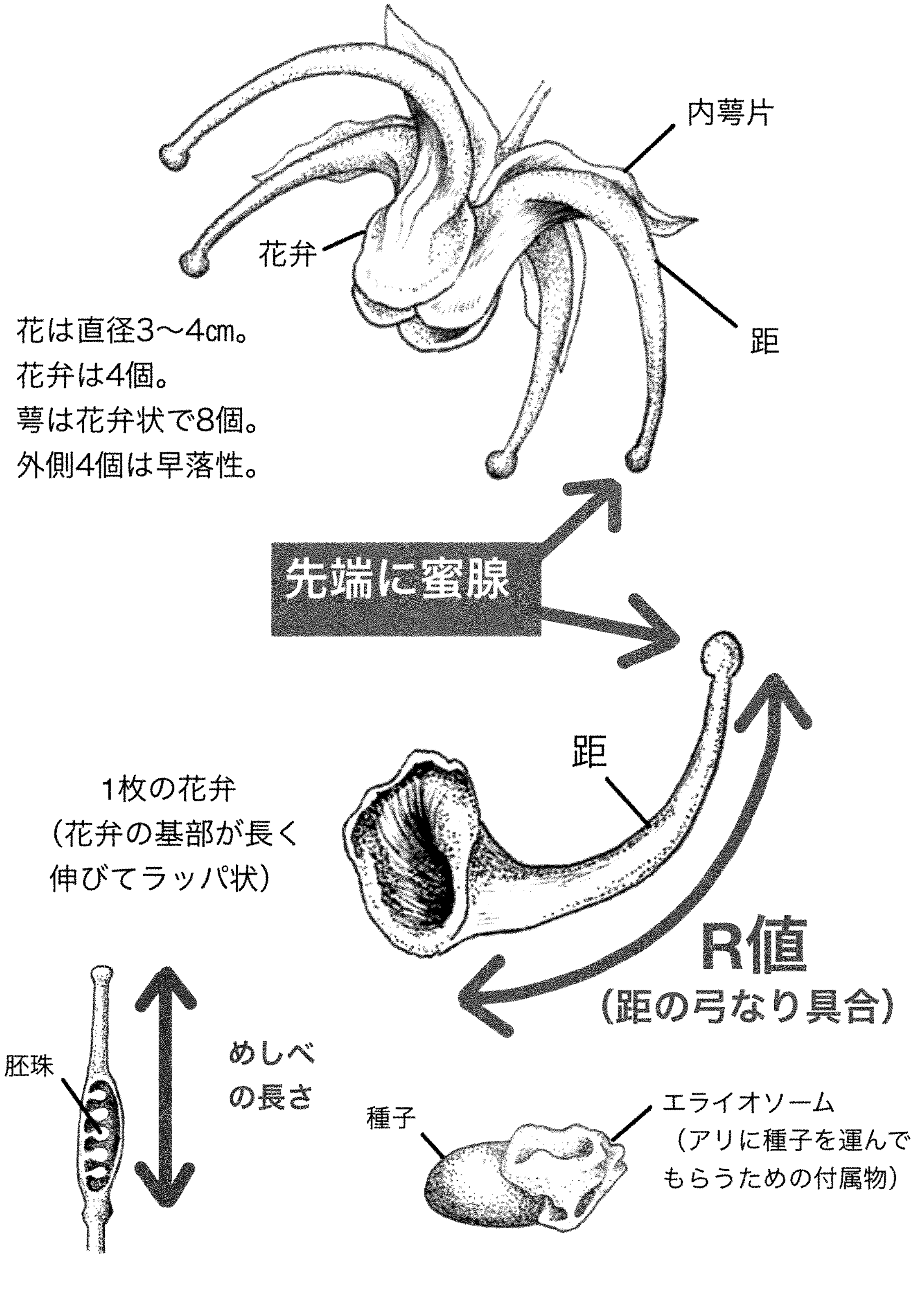

内萼片
花弁
距
花は直径3～4㎝。
花弁は4個。
萼は花弁状で8個。
外側4個は早落性。
先端に蜜腺
距
1枚の花弁
（花弁の基部が長く
伸びてラッパ状）
R値
（距の弓なり具合）
胚珠
めしべ
の長さ
種子
エライオソーム
（アリに種子を運んで
もらうための付属物）

図3―②：測定箇所

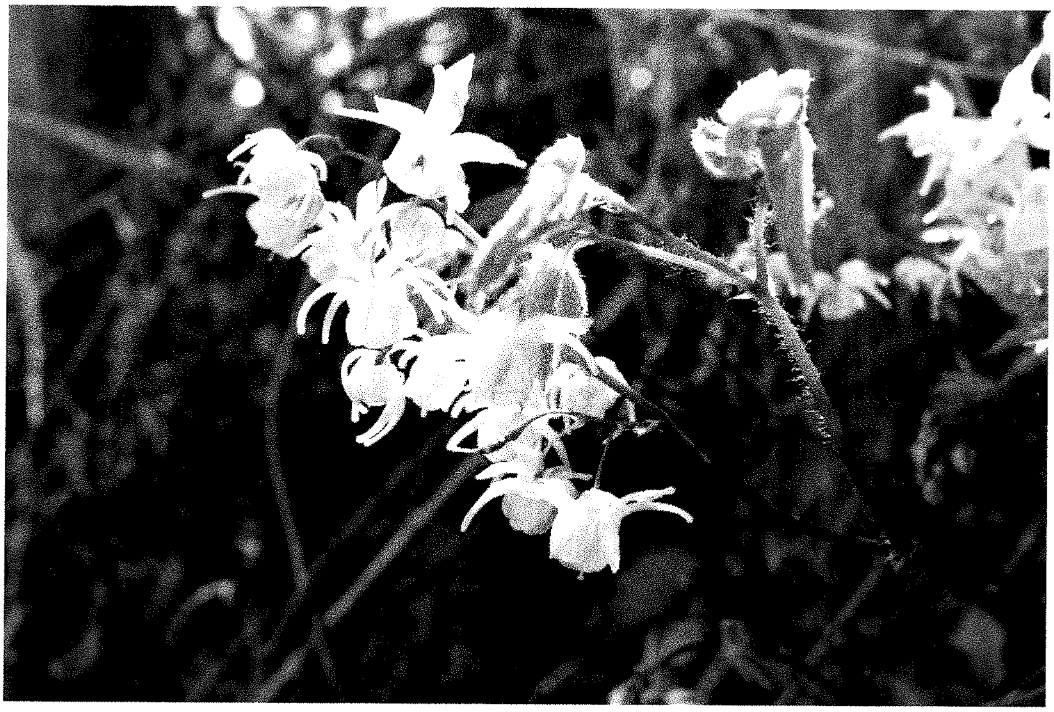


図4：佐渡のトキワイカリソウ

図5：本州（長岡）のトキワイカリソウ

佐渡のトキワイカリソウは葉の上に花が突き抜けて咲いているが，本州のものは葉の下に花が咲く。また，花の形態も異なっており，図4，５の写真で見ても佐渡の花はずんぐりとしていて，距が太く弓なり具合が強いように思われる。

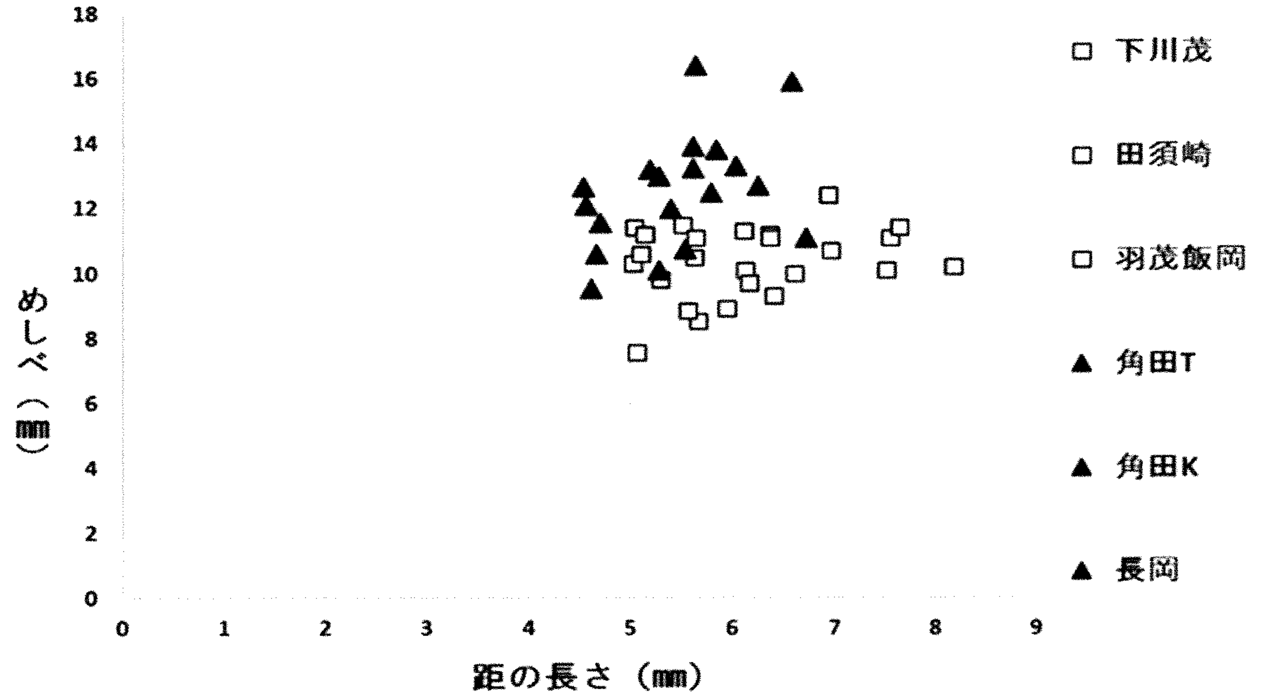


図6:めしべと距の長さ

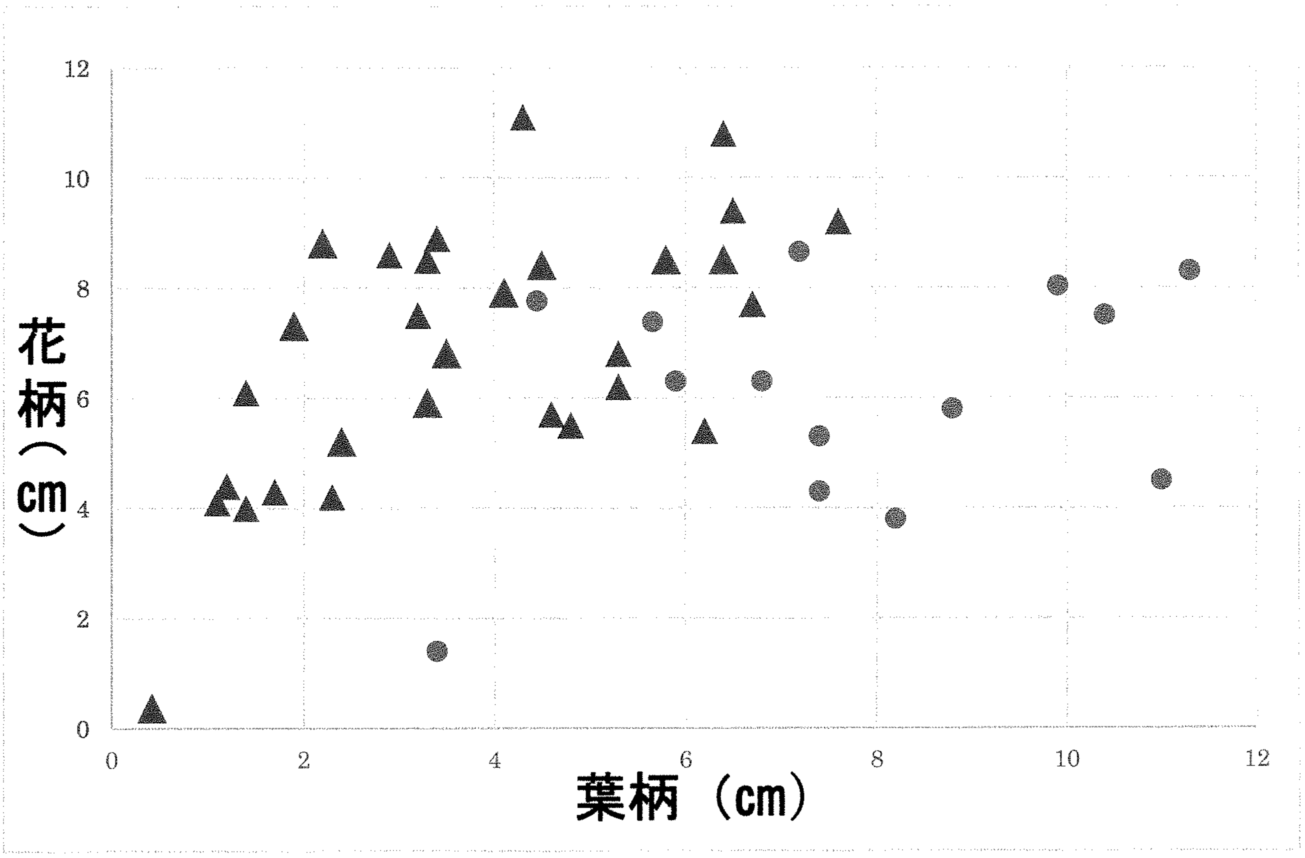


図7：花柄と葉柄の長さ

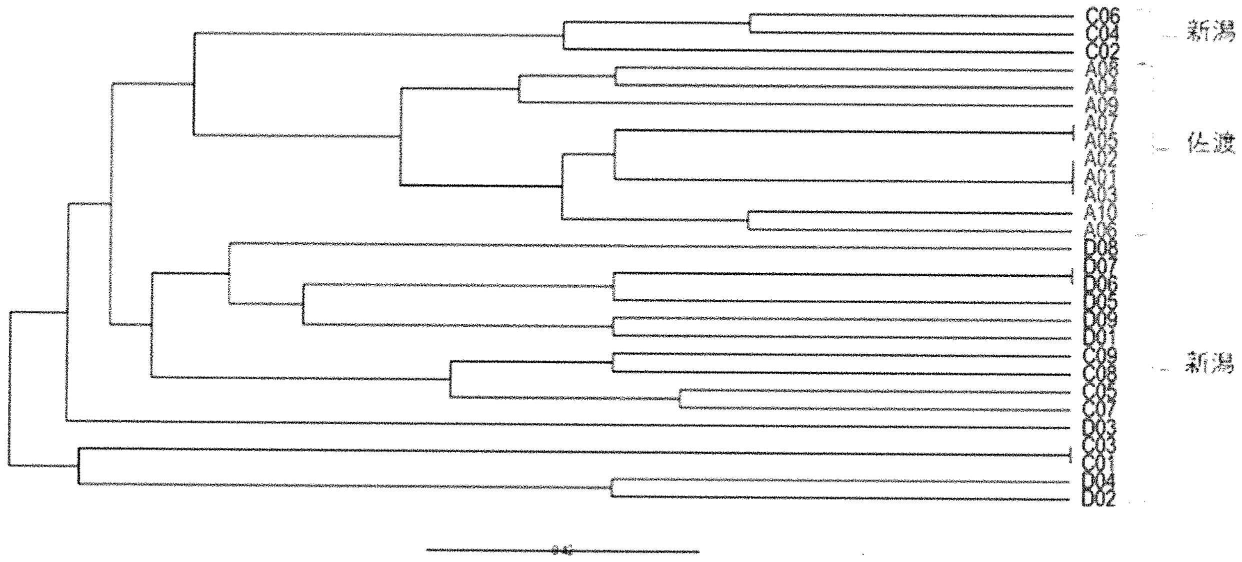


図 8：系統樹

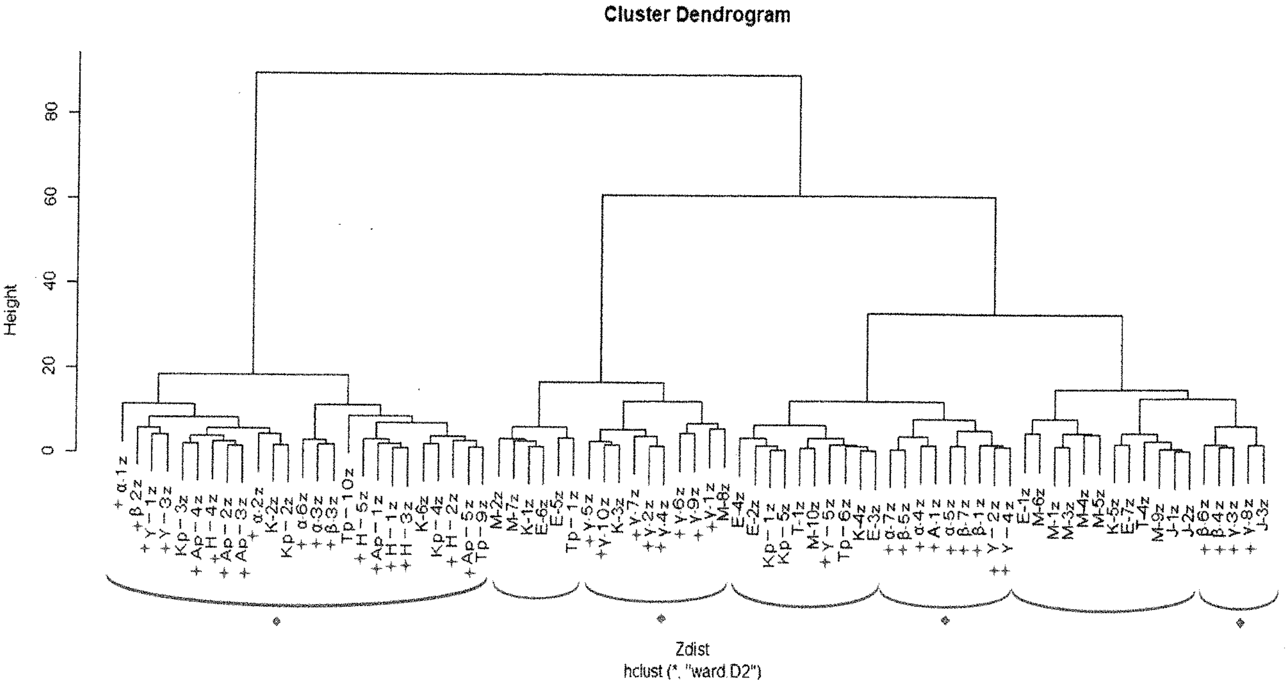


図 9：クラスター分析の結果（＋が佐渡，◈は佐渡の個体が多いブロック）

図 10：吸密するトラマルハナバチ。花弁の外からでも口吻が透けて見える。

図 11：右 2 個がトキワイカリソウの種子。左は袋に混入したヒメオドリコソウの種子。

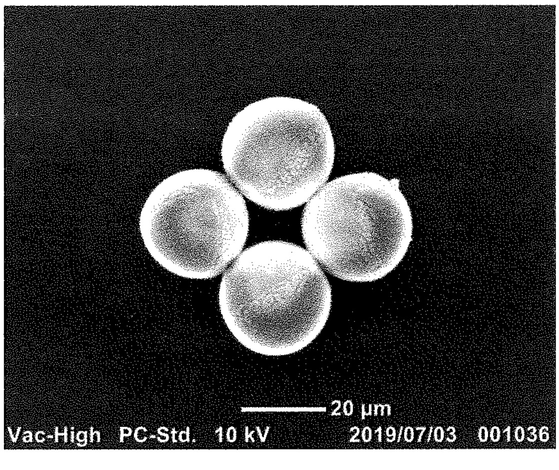


図 12：トキワイカリソウの花粉

スズメバチの巣はいかに快適か

新潟県立新潟南高等学校
小柴　拓真，古森　友萌，山際　古都美，吉荒　玲那

概要

私たちはスズメバチ巣の各部位の通気性の違いを調べるために、キイロスズメバチ巣と　比較対象としてアシナガバチ巣からサンプルを切り出し、手作りの装置を用いて通気性を計測した。その結果、キイロスズメバチの巣ではアシナガバチ巣より通気性が低いこと、キイロスズメバチ巣では外被より巣盤の方が通気性が高いことが分かった。またスズメバチやスズメバチの巣ではタンパク質を主成分とする口内分泌物が、巣の撥水性を高めていることが分かっている。私たちは口内分泌物が撥水性を高める一方で、巣の通気性を低下させていると考えた。口内分泌物の主成分はタンパク質であるため、KOH 溶液により、巣材サンプルから除去することができる。キイロスズメバチ巣の各部位を KOH 溶液で処理した後に通気性を計測したところ、キイロスズメバチ巣の外被では KOH 溶液処理前のサンプルと処理後のサンプルとで通気性に有意差は認められなかった。キイロスズメバチの口内分泌物は、撥水性を高める働きを持っているが、通気性に影響を及ぼしているとは言いきれなかった。

１．はじめに

スズメバチ属の巣は、複数段の巣盤が外被に覆われた構造をしている。一方、同じスズメバチ科の社会性昆虫であるアシナガバチ属のうち、日本に生息する種の巣は外被を持たず、一段の巣盤がむき出しになっている。外被を持たないアシナガバチ属の巣と比べ、外被を持つスズメバチ属の巣は、巣内の温度管理や幼虫の呼吸のために、換気がより必要であると考えられる。スズメバチ巣は、働き蜂が収集した植物繊維や砂泥などの巣材を、働き蜂自身の口内分泌物を接着剤として塗り固めることで構築される。スズメバチ巣の口内分泌物は、撥水性の向上にも関与していることが分かっている。口内分泌物で巣材を接着することで、巣の堅牢性や防水性、撥水性が向上する一方で、巣材の隙間が狭まり、通気性が損なわれるものと考えられる。そこで私たちは、①「スズメバチ巣の巣盤は、アシナガバチ巣の巣盤よりも通気性が高い」。②「口内分泌物の含有量が高いほど通気性が低下する」と仮説を立て、実験を行った。

２．実験方法

（1）キイロスズメバチ巣(屋外巣４個. 屋内巣１個)、アシナガバチ巣（1個）を採取し、キイロスズメバチ巣は外被と巣盤の各部位（図１のＡ～Ｊ）から、アシナガバチ巣は巣盤の各部位（図１のキイロスズメバチ巣ではＣとＤにあたる）から一辺が２㎝程度の薄片を切り取る。

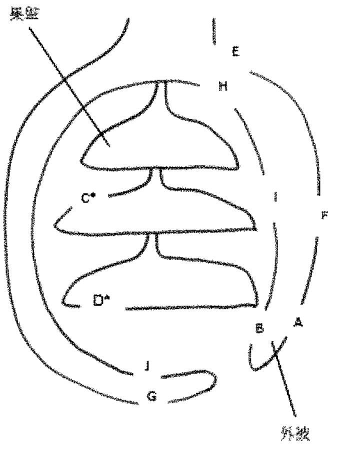


図１. スズメバチ巣の断面図とサンプルの切取り位置
（*：各巣盤を計測した）

（2）通気性［mℓ/c㎡·s］の測定（KOH 未処理）

ビースピ（2か所の赤外線センサ部分を通過する時間差から、速度・積算ラップタイムを計測する機器）、シリンダー（注射器）、メラミンスポンジを組み合わせた装置（図2）を用いて、シリンダーが落ちる速さ［cm/s］からサンプルの通気性　［mℓ/cm^2］を算出する。

（3）通気性［mℓ/c㎡·s］の測定（KOH 処理）

①切り出した薄片を８０℃の KOH 水溶液（０．５ mol/ℓ）に７秒間浸した後、十分に乾燥させる。

②（２）と同様の手順で通気性を測定する。

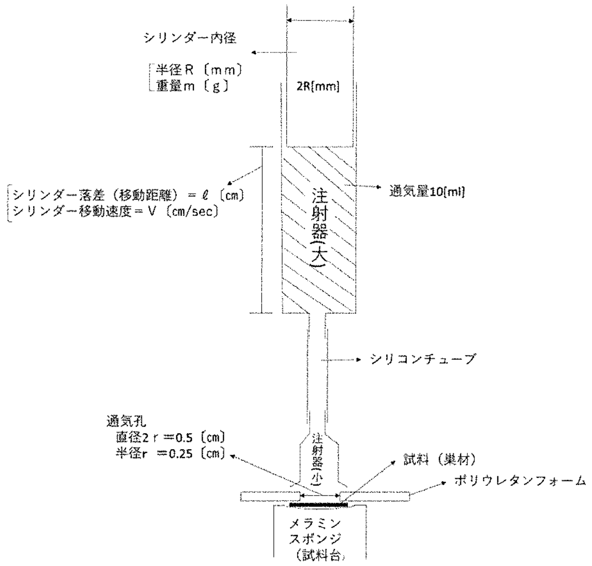


図 2. 自作の通気性測定装置（概念図）

（4）通気性［mℓ/c㎡·s］の比較

①キイロスズメバチ巣（C,D）とアシナガバチ巣（C,D）の比較（実験１）

②キイロスズメバチ巣の外被（E〜J）と巣盤（E〜J）の比較（実験２）

③キイロスズメバチ巣の外被（E〜J）の KOH 処理前後の比較（実験３）

３．実験結果

実験 1　キイロスズメバチ巣（巣盤）では、アシナガバチ巣（巣盤）より、通気性が低かった。（$P<0.05$）

表 1. キイロスズメバチ巣とアシナガバチ巣の通気性

種（計測部位）	通気性の平均［mL/cm^2・s］
キイロスズメ巣（巣盤 C, D）	13.9
アシナガバチ巣（巣盤 C, D）	16.3

$P<0.05$

実験 2　キイロスズメバチ巣では、外被より巣盤の通気性が高かった。（$P<0.05$）

表 2. キイロスズメバチ巣の部位ごとの通気性

種（計測部位）	通気性の平均［mL/cm^2・s］
キイロスズメバチ巣（外被 E〜J）	8.8
キイロスズメバチ巣（外被 C, D）	13.9

$P<0.05$

実験 3　KOH 処理した後のキイロスズメバチ巣の外被と、処理する前の外被の通気性に有意差は認められなかった。（$P>0.05$）

表 3. キイロスズメバチ巣の KOH 処理前後の通気性

種（計測部位）	通気性の平均［mL/cm^2・s］
KOH 処理前（外被 E〜J）	8.8
KOH 処理後（外被 E〜J）	9.7

$P>0.05$

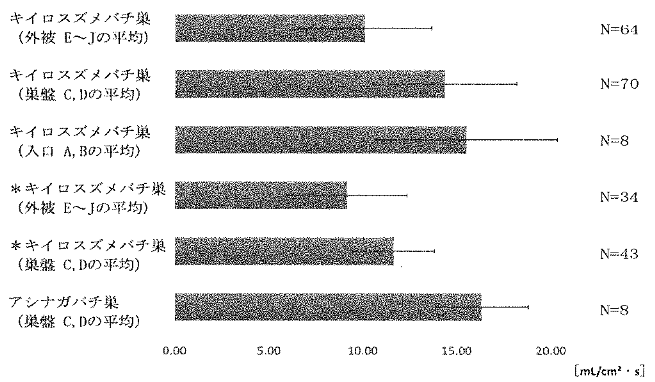


図 3. 巣の各部位の通気性

（＊:KOH 処理後 N:サンプル数）

４．考察

実験１では仮説に反し、スズメバチの外被に覆われた巣盤の通気性が、アシナガバチの開放的な巣盤よりも低かったことから、スズメバチ巣は断熱・保温に、アシナガバチ巣は、放熱・冷却により適応している可能性が考えられる。日本ではアシナガバチ類の営巣期間が５月～９月頃と夏季を中心としているのに対し、スズメバチ類の営巣期間は６月～11 月頃と長い。スズメバチ巣は、盛夏の暑さから晩秋の寒さまで季節ごとに幅広く対応する必要がある。

実験２で、スズメバチ巣において外被より巣盤の通気性が高いことから、スズメバチ類は継続して使用する巣盤には、常に高い通気性を持たせ、増改築を繰り返す外被の通気性を季節に合わせて変化させている可能性がある。実験２（巣盤と外被の通気性の比較）に用いたスズメバチ巣は、いずれも営巣終了後の巣（晩秋期）であった。今後は季節ごとに巣の通気性を測定し、気温や湿度と通気性の変化との関係を検討する必要がある。

実験３の結果は、当初の仮説を支持するものではなかった。アシナガバチ巣では、巣盤の背面の防水性を高めるために、黒光りするほど口内分泌物が上塗りされるが、外被がないため、巣の通気性は損なわれない。一方、外被で覆われたスズメバチ巣では、口内分泌物が巣の防水・撥水性を高めつつ、同時に通気性を損なわない工夫がなされているものと思われる。

５．まとめ

本研究により、キイロスズメバチ巣の巣盤とアシナガバチ巣の巣盤の間、キイロスズメバチ巣の巣盤と外被の間で、それぞれ通気性に違いがあることを明らかにできた。

今後、アシナガバチ巣とキイロスズメバチ巣の巣盤の通気性の違いの要因を調べるために、それぞれの巣盤の口内分泌物（タンパク質）含有量を比較する必要がある。また外被の断面を電子顕微鏡で観察することで、優れた撥水性と通気性を両立させた巣の微細構造を明らかにできるものと考える。本研究では、営巣終了後の巣を用いた。営巣中の巣における通気性や熱循環を調べることもできれば、スズメバチが限られた資源（巣材・口内分泌物・労働力など）を、どのように配分しながら、季節変化や営巣規模に対応したより快適な巣を建築しようとしているのかについて、さらに理解が深まるものと考える。

６．謝辞

本研究を進めるにあたり、スズメバチ巣の採取にご協力いただいた、新潟市の安宅洋三様、矢部雅彦様・優子様、渡邉康介様、五泉市の宝珠寺様、長岡市の小島孝之様、研究全般にわたりご指導いただいた新潟大学の工藤起来教授、新潟南高校の土屋英夫先生に感謝申し上げます。

参考文献

１）K. Kudo, So. Yamane, H. Yamamoto (1998). Physiological ecology of nest construction and protein flow in pre-emergence colonies of *Polistes chinensis* (Hymenoptera Vespidae): effects of rainfall and microclimates. *Ethology Ecology* 10: 171-183.

２）松浦誠(1988).『スズメバチはなぜ刺すか』. 北海道大学図書刊行会.

３）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

４）工藤起来(1999).「巣づくりと子育てと―アシナガバチの労力配分」.インセクタリゥム, Vol.36 5月号

５）三輪幸弘(2009).「繊維製品の通気性の評価について」. 愛産研ニュース, 10 月号 4

リンゴの皮の新たな活用法

新潟県立新潟南高等学校
石本　麻奈，佐野　恵梨佳，名畑　駿都

【概要】日常廃棄されることの多い果物の皮の新しい利用法を模索した。その結果、リンゴの皮を原料とした生分解プラスチックの合成に成功した。また、リンゴの皮の抽出液には抗菌作用があり、その物質は熱に強いことが分かった。さらに、この抗菌物質を混ぜた、抗菌効果の期待できる石鹸を作成した。

２実験方法

【実験 1】生分解性プラスチックの合成

（実験１－１）生分解性プラスチックの合成

（１）　リンゴ、ミカン、カキの皮に蒸留水を加え、ミキサーで粉砕してそれぞれ抽出液を作成した。

（２）　得られた抽出液にグリセリン 5mL、穀物酢 5mL、蒸留水 100mL を加え５～１０分加熱し、水分を飛ばし、１週間冷蔵庫で冷却した。

（実験１－２）生分解性の検証（実験１－１）で得られた固形物を２ｃｍ角に切り取り、ネットに入れ、校庭の土壌に埋めて、土壌による分解を試みた。

【研究２】抗菌作用の検証

（実験２－１）果物の皮による抗菌効果

リンゴ、ミカン、カキの皮にリン酸緩衝液（pH７）加え、ミキサーで粉砕し、ガーゼでろ過した抽出液に、学校の土壌を攪拌した上澄み液を加え、２４時間常温で保存し、細菌を培養した。保存した液体に含まれる細菌数をサンコリ簡易検出紙によって測定した。

（実験２－２）浸透圧や熱による抗菌効果の影響

リンゴ抽出液（糖度 3.9）と糖度が同じグルコース液を用意し、浸透圧による抗菌効果の影響を実験（２－１）と同じ方法で調べた（表１の①～⑤）。また抽出液を３分間沸騰させ（糖度 1.8)、熱による抗菌効果の影響も調べた（表１の⑥、⑦)。

s

表１.

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
蒸留水	5m l			4.5m l	4.5m l		2.5m l
種菌	0.2m l	0.2m l	0.2m l	0.2m l	0.2m l	0.2m l	0.2m l
生リンゴ抽出液		5m l		0.5m l			
煮リンゴ抽出液						5m l	
グルコース水溶液			5m l		0.5m l		2.5m l

【研究３】抗菌効果の期待できる石鹸の作成

（実験３）抗菌効果の期待できる石鹸の作成

(1)オリーブオイル 103ｇ、苛性ソーダ 15ｇを混ぜて加熱し、その後さらにエタノール 2.5mL を入れて混ぜる。

(2)(1)の作成物に、グラニュー糖 19ｇ、精製水 19ｇ、グリセリン 20mL を入れて混ぜ、さらに 70℃まで加熱し、pH を弱アルカリ性にする。

(3)加熱をやめて、エタノール 47.5mL を入れ、(2)を溶かす。

(4)リンゴの抽出液を入れ、冷蔵庫で冷やし固める。

３実験結果

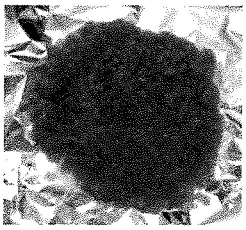


図１．リンゴのシート

（結果１－１）

リンゴを材料としたものから固形物を得ることができた。ミカンとカキは、ベトベトした状態で、うまく固まらなかった。

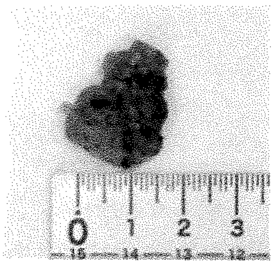


図２．分解後の２ｃｍ角に切り取ったリンゴのシート

（結果１－２）

２週間後に掘り起こした結果、固形物は約 23％分解され、土壌による分解が見られた。

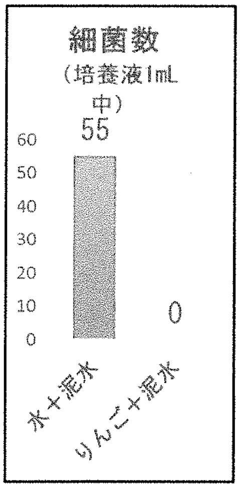


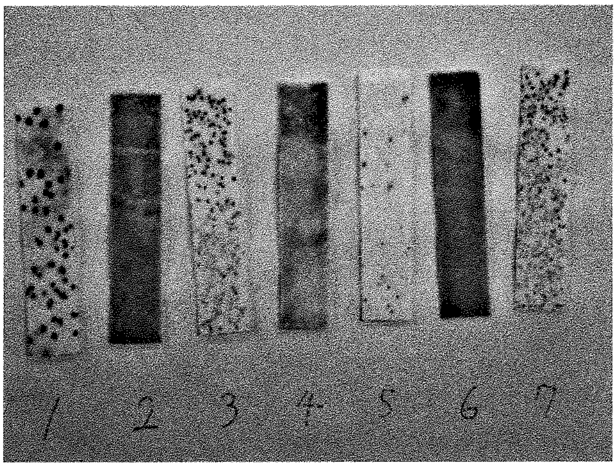
図３．実験２－１での細菌数

（結果２－１）

リンゴの皮の抽出液に抗菌効果が見られた。

（結果２－２）

糖度による抗菌作用は見られなかった。また、熱による影響も見られなかった。



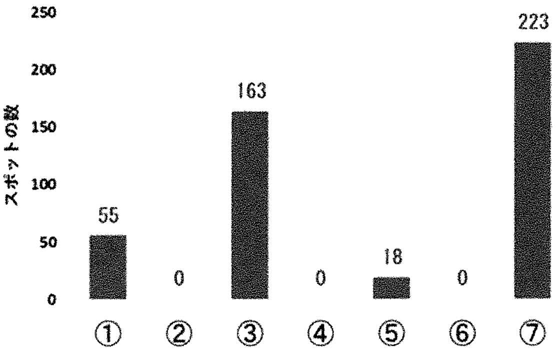


図４.サンコリ簡易検出紙の結果

図５．実験２－２での細菌数（番号は表１に対応）

（結果３）

この石鹸を用いて手を洗ってみたところ、問題なく泡立った。

図６．作製した石鹸

【まとめ】

リンゴの抗菌作用を確認した実験は、予想以上の抗菌作用が見られた。サンコリ試験紙を使用した実験では、試験紙がリンゴ抽出液に染まって細菌スポットが計測しにくい面が見られた。後日、リンゴの抗菌効果について、弘前大学医学研究科の山田勝也准教授の「リンゴ果実ポリフェノールの示す抗真菌作用の研究」内容に「リンゴ果実のポリフェノールにはバクテリアの糖代謝を阻害する抗菌作用あり」と記載されていたことが判明し、今回の実験によりリンゴの皮の抗菌作用が再確認された。今年は新型コロナウイルスの影響で、抗菌石鹸などの抗菌・消毒商品が不足し、社会現象とまでなっている。私たちが試みたリンゴの皮の抽出液を含んだ抗菌効果の期待できる石鹸は、各家庭でも作成することが可能であり、コロナ禍の世の中で役立つ日がくるかもしれない。なお、抗菌効果の期待できるリンゴ皮石鹸は、テクノ愛2020高校の部（2020年度テクノアイデアコンテスト、287テーマ応募）において、奨励賞を受賞した。

【参考文献】

１）キナリノ～ちょっと待って！「果物の皮」を捨てる前に…。
https://kinarino.jp/

２）果物ナビ
https://www.kudamononavi.com/

3）サン科学株式会社
http://suncoli.com/use/
4）弘前大学医学研究科「リンゴ果実ポリフェノールの示す抗真菌作用の研究」
https://kaken.nii.ac.jp/ja/grant/KAKENHI-PROJECT-16K15186/

チョウメイムシ(*Macrobiotus　tardigradum*)貯蔵細胞の乾眠能

新潟県立新潟南高等学校
加藤　浩太郎　　田中　優海　　畠野　和歌子　　堀川　ひなた

概要

クマムシは緩歩動物門の生物の総称である1)。多くの陸生クマムシは乾眠(anhydrobiosis)を行う。乾眠システムに関する研究は少なく,不明な点が多い1)。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。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)。そこで,私たちはオニクマムシ以外のクマムシでも同様に乾眠は脳に関与していないのか調べるために,オニクマムシと同じ真クマムシ綱のチョウメイムシ(*Macrobiotus　hufelandi*)の細胞を乾眠・蘇生させる実験を行った。

まずチョウメイムシの胴体をメスで切り体内の貯蔵細胞を取り出してスマートフォン用液晶保護ガラスの上で乾燥させた。一週間後,貯臓細胞に水とニュートラルレッドをかけて蘇生導入を行ったところ78%の貯蔵細胞が乾眠に成功した。

1．はじめに

クマムシは緩歩動物門の生物の総称である1)。その多くは体長 0.1～1.0mm で，４対８本の肢を持つが関節はない1)。水を得た活動状態ではゆっくりと歩き続け，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1)。クマムシには大きく分けて真クマムシと異クマムシに分けられる1)。オニクマムシやチョウメイムシは真クマムシ綱に属している1)。(図 1)多くの陸生クマムシは乾眠(anhydrobiosis)を行う1)。乾眠とは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である1)。(図 2,3)乾眠状態のクマムシは高温・超低温・高放射線・超高圧・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1)。(図2) しかし,乾眠システムに関する研究は少なく,不明な点が多い。同じく乾眠を行う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)。どこの器官がどんなシグナルで乾眠を開始するのか，もしくは乾眠を開始してからの複雑な代謝のシステムについてはほとんど報告がない。

私たちは不明な点の多いクマムシの乾眠システムを解明するために研究している。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・蘇生に脳は関係していないことが示唆された(高橋ら 2019）3)。そこで，私たちは「オニクマムシ以外のクマムシでも乾眠は脳に関与していない」という仮説を立てた。また,私たちはオニクマムシと同じようにチョウメイムシの脳が乾眠に関与してないことが分かれば,真クマムシ綱で共通した性質であると示すことができると考えた。そこで,オニクマムシと同じ真クマムシ綱のチョウメイムシ(*M. hufelandi*)の細胞を乾眠・蘇生させる実験を行った。

我々は乾眠のシステムの解明によって将来ヒトの血液中の細胞を長期保存させることや,野菜にも乾眠を導入させて鮮度を保たせることができるようになると考えている。

2．実験

実験材料

実験で用いたクマムシは,新潟県長岡市の大島の道路脇のギンゴケから採集した。同定を行ったところ,爪が主枝の中ほどで分かれるチョウメイムシ属 *M.*

*hufelandi*であることがわかった。(図4)

実験2・1

〈目的〉 高橋らの実験では，蘇生後の扁平状から乾眠前のような球状には戻らなかった。我々はこれを乾燥時に細胞がプラスチックシャーレに張り付いたためと考え，より剥がれやすい状態での蘇生を目指した。そこで，貯蔵細胞の実験に適した素材を探した。

〈仮説〉 表面に水をはじく素材を用いることで，クマムシの貯蔵細胞を乾眠させたとき細胞は張り付かない。

〈方法〉 4種類の方法で実験用の素材を用意した。1/シャーレの中にパラフィンを3個入れて，そのシャーレをホットプレートの上に置き温めた。よく溶かした後にプラスチックの上に注いで冷却した。2/シリコンラップ(シリコン樹脂)をのばしながら凸面を上にしてプラスチックに張り付けた。3/プラスチックの上にパラフィンをのせた。4/スマートフォン用液晶保護強化ガラスを用いた。(シリコンラップとスマートフォン用液晶保護強化ガラスはDAISOで購入した)。1から4の素材の上でクマムシを切断して貯蔵細胞を取り出し，1週間以上自然に乾燥させた。そして，乾燥した細胞に水を注ぎ蘇生導入を行った。素材が利用できると判断するのは，針で細胞をつつくと，素材に張り付かず水中で動く場合とした。

〈結果〉 表面に水をはじく素材を用いることでクマムシの貯蔵細胞を乾眠させたとき細胞は張り付かなかった。それぞれの結果は以下の通りになった。1/細胞が張り付かなかった。2/細胞は張り付かなかった。3/細胞は張り付かなかった。4/細胞は張り付かなかった。

〈考察〉 スマートフォン用液晶保護強化ガラスが実験に適した素材である。パラフィンは注いだときのままで冷やされたため，表面に段差ができ観察に向いていなかった。2/細胞は張り付かなかったがクマムシを切断するときにナイフでラップに切り込みが入り観察に向いていなかった。3/細胞は張り付かなかった。また，1.2よりも細胞の保存状態がよかった。4/細胞は張り付かなかった。また，素材が透明で観察しやすいこと，材質がガラスに近いためプラスチックよりもメスによる傷がつきにくかったため，最も実験に適していた。

高橋らの実験では，プレパラートの上でオニクマムシの貯蔵細胞を出したことで，蘇生したが細胞はプレパラートにくっ付いて元の球に近い形には戻らなかった。そこで今回はスマホカバーを代わりに使い，貯蔵細胞がくっ付かずに元の形に戻ることを試みた。貯蔵細胞を針でつつくと細胞がスマホカバーに張り付かず流れていったことから，今回はくっついていないことが分かった。目視では，一度乾燥させ平べったい形になった細胞が蘇生後は膨らんで元の形に近づいたことも確認できた。なぜ今回の実験では上手く球形に戻ったのか。これはスマホカバー(液晶保護強化ガラス)に油，皮脂，指紋を付きにくくする被膜が貼られているからと考えた。また，この皮膜は指の滑りを良くする効果も含まれているため，プレパラートより貯蔵細胞が剥がれやすくなったと思われる。

2，2

〈目的〉 チョウメイムシの貯蔵細胞のみで乾眠と蘇生ができることを確かめる。

〈仮説〉 細胞のみで乾眠と蘇生ができる。

〈方法〉 チョウメイムシの個体の腹部をメスで切断し，細胞を取り出した(図5-1)．ここで貯蔵細胞を選んだ理由は，それが浮遊細胞であり細胞同士が体内でばらばらになっているため，体内から取り出したとき実験に使用しやすいこと。一番大きな細胞であり顕微鏡で確認するのに適していたこと。また他の細胞は細菌と見分けがつかないほど小さいため，細胞の取り違えを防ぐためである。脳からの信号が脳に届かないようにするため，水の中から貯蔵細胞以外の組織を取り除き，スマートフォン用液晶保護強化ガラスの上で水を蒸発させ細胞を乾燥させた(図5-2)。一週間後，乾燥させた細胞に水をかけ，蘇生導入を行った(図5-3)。その後，ニュートラルレッド溶液(NR)で細胞を染色することで生きている細胞かどうか検証した。(図5-4) ニュートラルレッドは細胞の生死判定ができる溶液である。生きている細胞はエンドサイトーシスを行い，自らの細胞膜を陥入させてニュートラルレッドを取り込むため赤く染まる。細胞がどれくらい赤く染まったのかを確認するために，顕微鏡写真を撮影し，細胞の膨らみと赤

く呈色しているかどうかを目視で判断した。

〈結果〉NR を垂らしたことによって蘇生に成功した貯蔵細胞は２分後赤く染色された。蘇生成功率は 78.8% であった。(図 6, 7, 8, 9, 10) また, 蘇生後の長さ測定には染色から１時間後の結果を使用した。

乾燥後の貯蔵細胞の
最大長径は 59.32 μm　最小長径は 2.17 μm
最大短径は 52.91 μm　最小短径は 1.36 μm

蘇生後の貯蔵細胞の
最大長径は 59.23 μm　最小長径は 0.90 μm
最大短径は 56.20 μm　最小短径は 0.73 μm

細胞の大きさの分布はどちらもおおむね比例関係にあった。蘇生のために水を垂らしたところ, 個々の細胞がスマートフォン用液晶保護強化ガラスから離れ浮遊した。蘇生に失敗した細胞はどれも短長の長さが 10 μm 以下のものだけであり, 短長どちらも 10 μm以上の細胞に絞った場合蘇生成功率は 100%であった。

〈考察〉〈実験２〉貯蔵細胞が NR で赤く染色したため, 細胞だけで脳または脳の作用がなくても乾眠し蘇生すると考えられる。図 10 は, 横軸に乾燥後と蘇生後の貯蔵細胞の長径の差, 縦軸にその短径の差をとったものである。このグラフは正の相関があるので, 乾燥した際に潰れるようにして球形から薄い楕円状になった貯蔵細胞が, 水を取り込んで球形に戻ったことを意味する。

図 10 の 10 μm以下の細胞, 全体のうち 78%に含まれない残りの 22%の細胞が蘇生しなかった理由としては, メスでクマムシの腹あたりを切った際に傷ついたクマムシの細胞か,採取する前にクマムシが食べた他の生物が貯蔵細胞と共に流出したからだと考える。このクマムシの腸内にいた生物は腸内細菌ではないかと考えている。これは,クマムシのゲノムに他の生物のゲノムを取り込む性質があるという報告 (Georgios Koutsovoulos ら 2015)に対して,荒川らが,私たちが今回の実験で使った綱と同じ真クマムシ綱のドゥジャルダンヤマクマムシの体内に存在する腸内細菌のゲノムがコンタミネーションしていたと報告しており,クマムシの実験に際して腸内細菌のコンタミネーションに注意しなければならないことを警告している。今後は実験前に腸内細菌を抗生物質を用いて殺菌するか,腸内細菌が入り込まないような解剖を行う必要がある。

５．まとめ

高橋らの研究でオニクマムシの貯蔵細胞のみで乾眠成功させたことと, 今回チョウメイムシも同じように貯蔵細胞のみで乾眠出来たことより, この２種はどちらも真クマムシ綱であるから, 貯蔵細胞のみでの乾眠はオニクマムシだけの特徴ではなく, 真クマムシ綱に広くあてはまる特徴である可能性が高まった。

６．展望

今回の実験の結果から貯蔵細胞のみで乾眠する特徴が異クマムシ綱にも当てはまるのかという疑問が生まれてくる。もし今後の実験で異クマムシ綱にはこの特徴が当てはまらないと分かれば, この特徴は真クマムシ綱だけの特徴とできる。反対に当てはまれば, クマムシ全体, しいては乾眠する他の生物にも当てはまる特徴だという可能性が高まる。

実験２の考察より, チョウメイムシにメスを入れる際に, 消化器官を避けて切る, という工夫ができれば, 腸内にいうる細菌が流出せず, 貯蔵細胞のみを取り出すことができると考える。

実験２・１で貯蔵細胞を蘇生導入させるために用いた水の代わりに, クマムシの体内と同濃度の生理食塩水を使用することで, 浸透圧による貯蔵細胞の水の取り込み過ぎを防ぎ, 貯蔵細胞の破裂をなくすことができるのではないかと考えた。(図 11)

最後に, 乾眠の成功というのはその細胞が様々な環境に耐えうる力があって, その環境を経ても蘇生するということだとすると, 今回の実験だけではたりない部分がある。今後実験を進めるのであれば, 貯蔵細胞が乾眠した後にそれらを熱したりなどして乾眠中の耐性を調べる必要がある。

参考文献

1) 堀川大樹　(2017)「クマムシ博士のクマムシへんてこ最強伝説」

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ｐ１～６

5)Georgios Koutsovoulos.et.al (2015).The genome of the tardigrade　Hypsibius dujardini.The genome of *Hypsibius dujardini* bioRxiv version 2

6) Kazuharu Arakawa, Yuki Yoshida, Masaru Tomita,(2016)Genome sequencing of a single tardigrade Hypsibius dujardini individual,bioRxiv

2) 黄川田隆洋 (2014)「ネムリユスリカの不思議な世界」

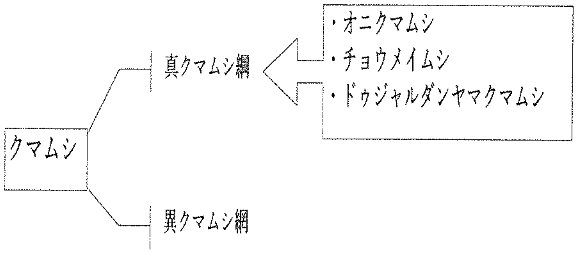


図１　クマムシ(緩歩動物門)分類

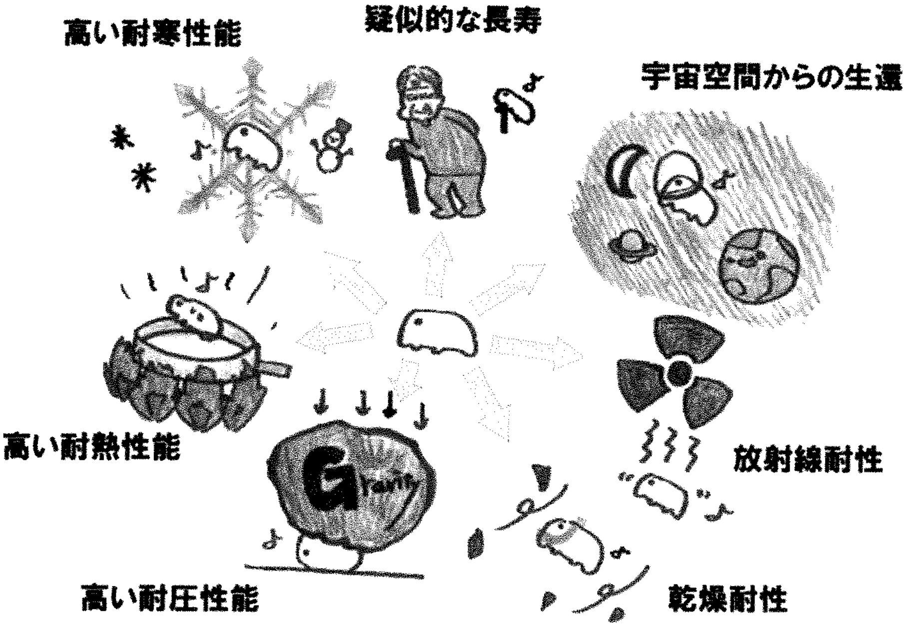


図２　乾眠状態下におけるクマムシの耐性

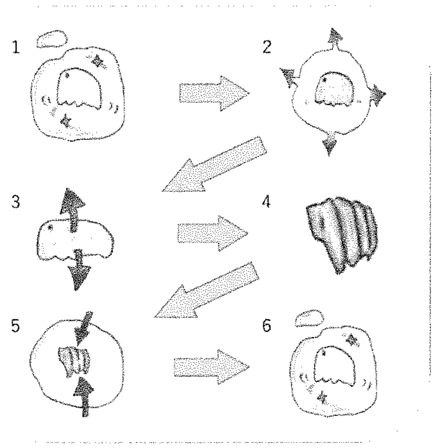


図3　乾眠の過程

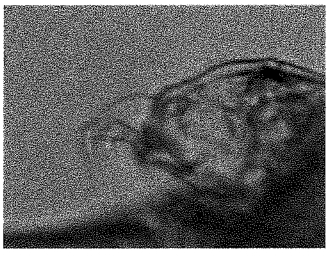


図4 （*Macrobiotus　hufelandi*）の爪

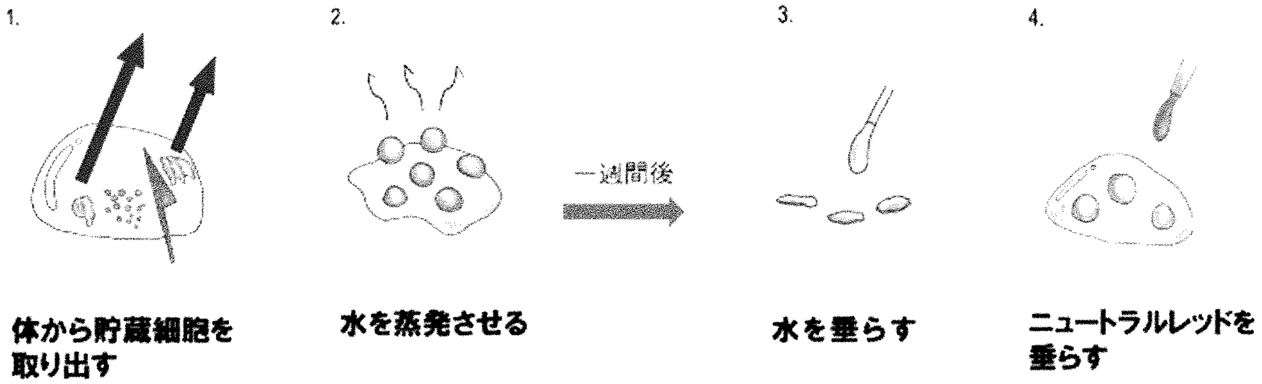


図5　乾眠導入と蘇生導入

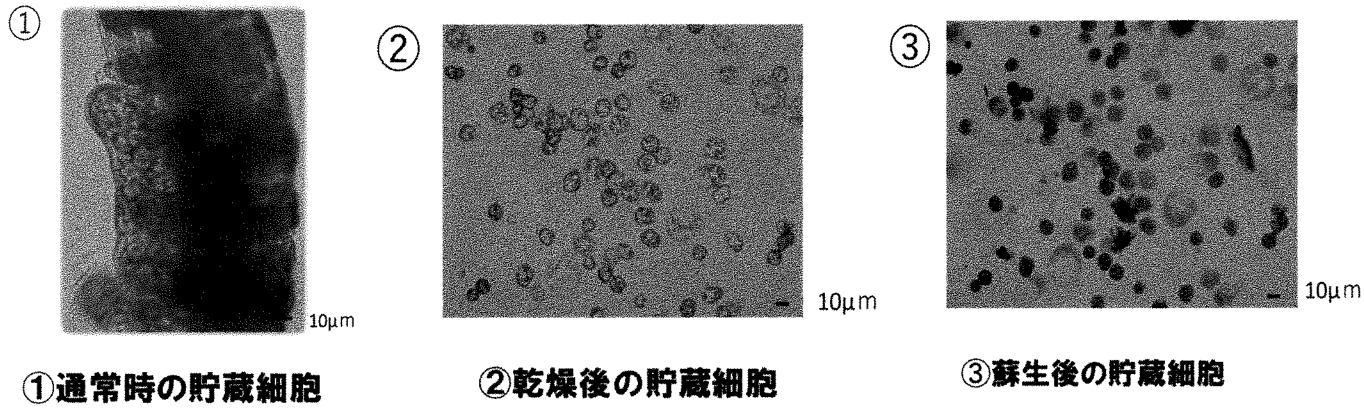


図6　実験時の細胞の様子

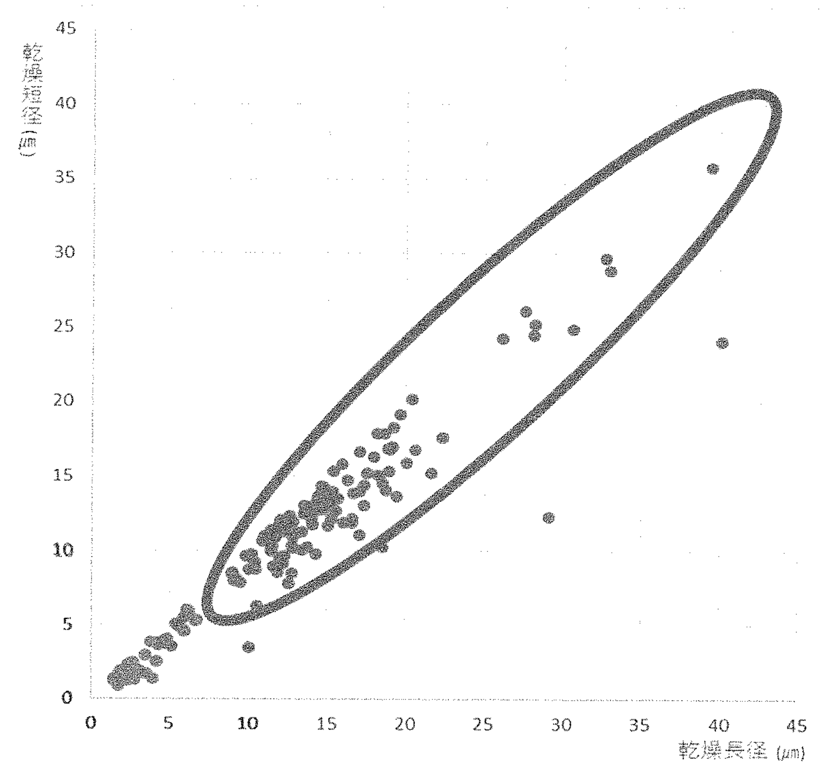


図7　乾燥後の長径と短径の大きさ

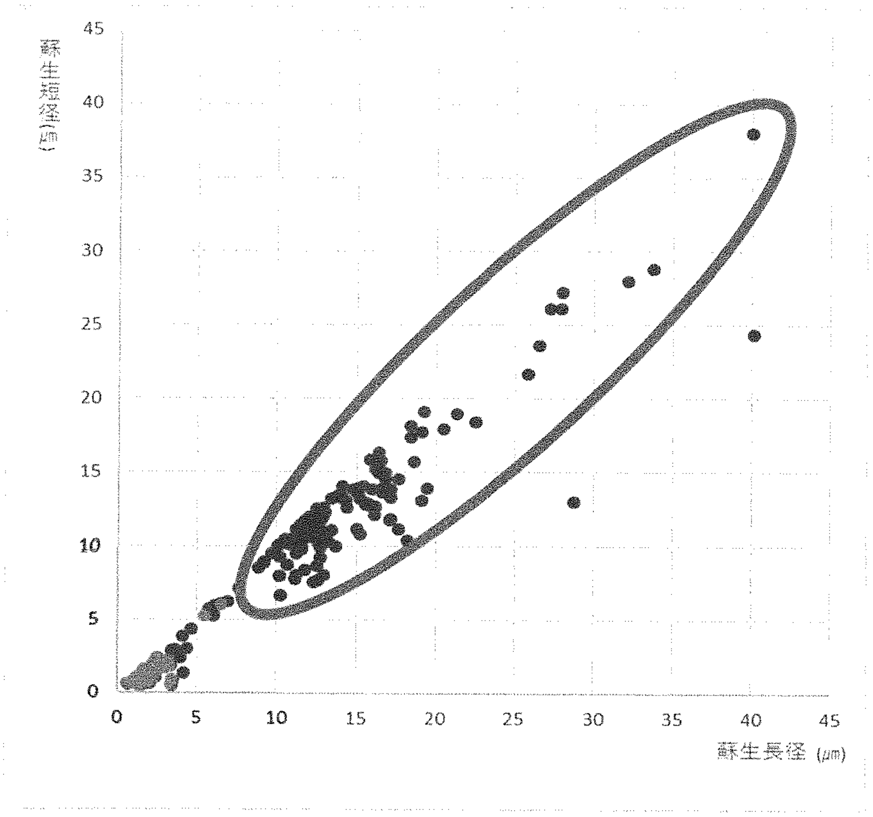


図8　蘇生後の長径と短径の大きさ

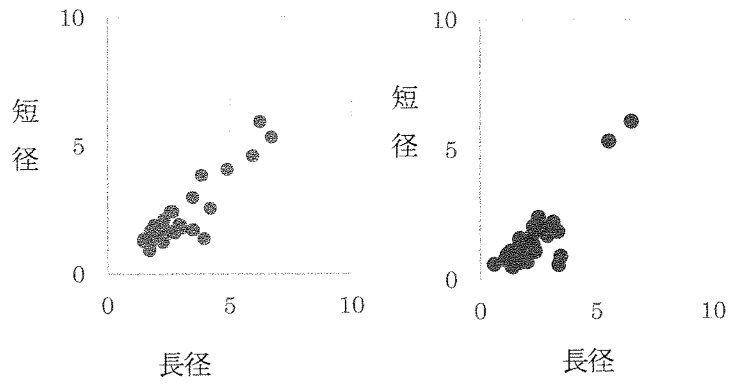


図9　失敗した細胞の乾燥後(左)と蘇生後(右)(μm)

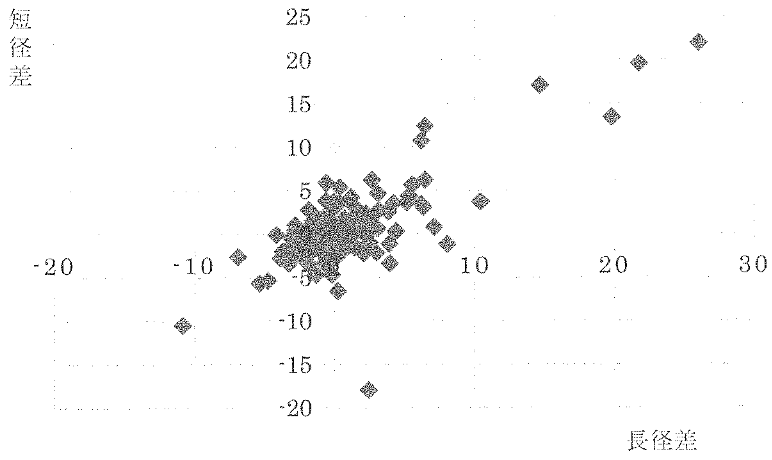


図10　乾燥後と蘇生後の長径短径の差(μm)

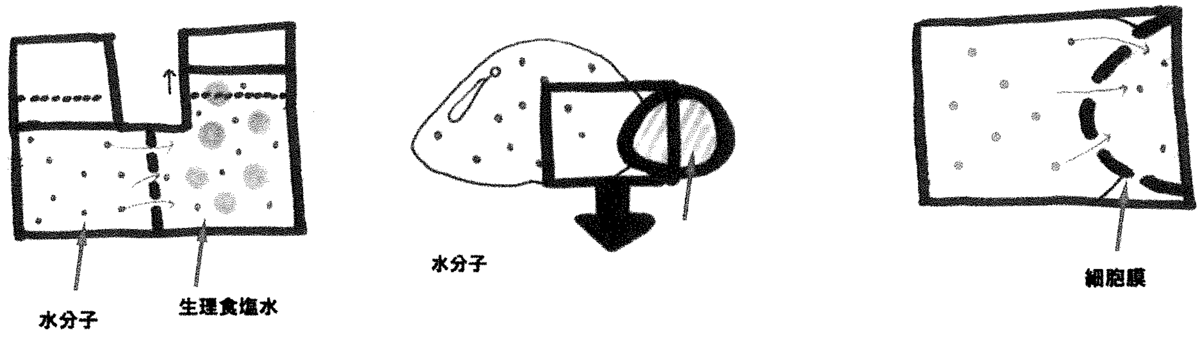


図11　水分子の移動(イメージ)

篩（ふるい）に掛けろ！！！

条件追加によるハミルトングラフの判別方法の改善

新潟県立新潟南高等学校
大沼　俊輔，熊倉　広翔，目﨑　海晴，森山　涼

概要

We are studying graph theory: modeling phenomena and relationships with vertices and edges, an example of which are Hamiltonian graphs. A Hamiltonian graph includes the cycle that visits each vertex of the graph exactly once. In real world situations, we can utilize Hamiltonian graphs to plan the most efficient route to visit every vertex. The goal of our research is to create a system that better determines what is a Hamiltonian graph, and what is not. By ordinary theorems, some graphs cannot be proved that are not Hamiltonian graphs. For example, the Petersen graph is not a Hamiltonian graph but ordinary theorems cannot identify Petersen graph is not Hamiltonian. However, we successfully found out the way to prove the Petersen graph are not a Hamiltonian by separating the Petersen graph into the maximum size of planar graph: the graph without crossing edges.

1．はじめに

グラフ理論は現代においてネットワークの解析やカーナビゲーションシステムなど様々なものに活用されている。そのグラフ理論を学ぶ中で「例題で学ぶグラフ理論」という著書からハミルトングラフの正確な判別方法がないことを知った。またハミルトングラフについてインターネット上で調べを進めると、ハミルトングラフの判別方法が NP 完全問題になっていることを知り、興味を持った。そこでより的を絞ったハミルトングラフの判別方法を探ることに決めた。

2．実験方法

ハミルトングラフの判別方法のひとつに下記のものがある。「グラフ G がハミルトングラフならば、$V(G)$ の空ではない任意の真部分集合（$S(S\neq\phi, S\neq V(G)$ で $S\subseteq V(G)$）に対して、次式が成立する。

$k(G-S)\leqq|S|\cdots$①　」

［証明］

すべてのハミルトングラフは閉路を含んでいるので、閉路について考える。

まず、閉路から点を１つ取り去った場合道が残る。道からさらに１個取り去った場合成分数が最大２個になる。このように、閉路から点を n 個のぞいた場合、成分数は n 以下になる。ハミルトングラフは閉路を含むので、式①は成立する。

（証明終）

しかし、この定理には多くの反例が存在する。例えば、ペテルセングラフ（図１参照）はハミルトングラフではないが、図の点 b, e を取り除いた場合、式①の（左辺）=1、(右辺) =2 となり、式が成立してしまうので、この式①ではペテルセングラフがハミルトングラフであるかどうか判別できない。そこで、私たちはこの定理を利用・改善し、より反例の少ない判別方法を探求した。

3．実験結果

3．１　平面分解による判別

グラフの中でも、辺が交わらないように表現できるグラフを特に平面的グラフという。ハミルトングラフは、平面的な部分グラフであるハミルトン閉路をもつ

ため、あるハミルトングラフ G の全域部分グラフから最小限の辺を除いたグラフ G_1 にはハミルトングラフ閉路が含まれる。このことから、私たちは次の定理を導いた。

「グラフ G がハミルトングラフならば、あるグラフ G から最小限の辺のみを取り除き、平面的グラフ G_1 にしたとき、$V(G_1)$ の空ではない任意の真部分集合に対して次式が成立する。

$k(G_1-S)\leqq|S|$…②　　　　（定理２）

このときペテルセングラフの判別をすると、辺 gi、hj を取り除き、図２のグラフＧ１からb, eを取り除くと、（左辺）=2,（右辺）=2 となり、この式②でもペテルセングラフがハミルトングラフであるかどうかの判別はできない。

３．２　判別方法の改善

３．１の方法では、ペテルセングラフの判別はできず、反例の解消には至らなかったため、私たちは次のように定理を改良した。

「グラフ G から最小限の辺のみを除き、平面的グラフ G_1 とする。さらに次数２の点二つ(v_1,v_2) に隣接する頂点に接続する辺を除いたグラフを G_1' とする。

$V(G_1')$ の空ではない真部分集合に対して次式が成立する。（ただし v_1,v_2 に接続する辺は除かない。）

$k(G_1'-S)\leqq|S|$…③　」

以下にペテルセングラフの判別を示す。

［証明］

まずペテルセングラフ（図１G）を平面分解し、G_1'（図２）を作ることで、ハミルトン閉路に含まれない辺を取り除く。次に次数２の頂点２つ（h、i）と接している点 f に注目し、G がハミルトングラフである場合 $chfid$ の道が確定するため、ハミルトン閉路において１つの点に３つの辺が接続することがないことから、から辺 af を除いて判定することが可能であると分かる。この状態で式を用いて判定を行うと、ペテルセングラフはハミルトングラフではないことが証明できる。

（証明終）

４．考察

私たちが式③に至った経緯はまず、ハミルトン閉路は平面的グラフなので、非平面的グラフは平面的グラフになるまで辺を取り除くことができると考え、辺を取り除いた。さらに、それだけでは限定するに不十分であったため定性的に取り除ける辺を探った結果、上記の判別方法が導き出された。新たな判別方法により、元の判別方法では判別できなかった非ハミルトングラフであるペテルセングラフをハミルトングラフではないと判別することができた。さらに「あるグラフ G から最小限の辺のみを取り除き、平面的グラフ G_1 とする」作業によってグラフのハミルトン閉路を保ったまま辺を取り除くことができ、視覚的にも判別が容易になった。さらに次数に着目して必要のない辺を取り除いた。これらの一連の作業によってグラフのつながりを弱くし、元の判別方法で判別できるような構造に変化させたのだ。多少手順が煩雑ではあるが、グラフを多角的に見て操作をしたという点で意義があるだろう。

今後の展望としては、タフネスを調べることや、3-正則グラフの利用などで追加条件の発見を容易にすること、また今後、ハミルトングラフの判別についての反例をすべて解消することができれば、グラフの各辺に重みをつけることによって、人の移動量に対して最適なルートやダイヤを決定するなどの実用的な用途に利用することなどが考えられる。

５．まとめ

判別方法の改善でペテルセングラフをハミルトングラフではないと判別することに成功したが、依然完璧ではない。反例にタットグラフなどがあり、手順も完璧ではなく適応しづらい。なので、今後は反例を減らすとともにまた違った角度からのアプローチでより完璧に近く、明確な判別方法としていきたい。

参考文献

1） 安藤清/土屋守正/松井泰子(2013)例題で学ぶグラフ理論

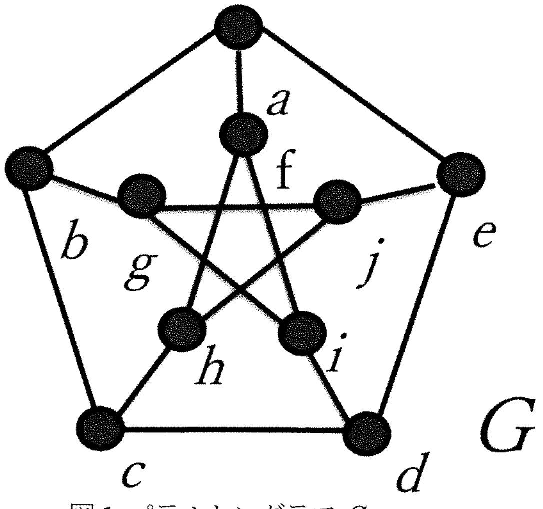


図１ ペテルセングラフ G

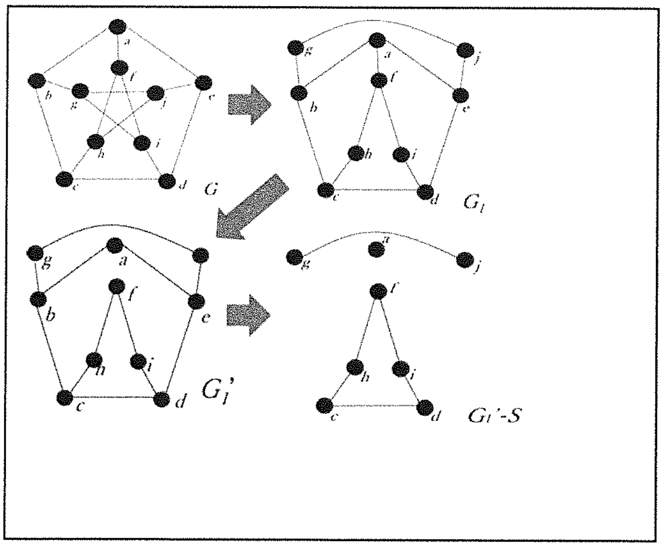


図２ ペテルセングラフの分解

フラッタリングを用いた空調の最適化

新潟県立新潟南高等学校
戸松　泰輝　　圓山　峻平　　矢野　透梧

概要

私たちは、エアコン用可動式ルーバーを作成して、風洞内部で風の拡散に関する実験を行った。自作の可動式ルーバーを自作の風洞の中へ入れ、サーキュレーターで風を発生させ、スモークマシンで白煙を出し、風の動きを可視化したうえで真横から iPad カメラで中の様子を撮影した。さらに、より正確に実験するために大学の本格的な風洞を貸していただき、同様の条件下、ハイスピードカメラで撮影した。その結果、風洞内のルーバーの後端が周期的に揺らぎのある振動運動をしているのが分かった。それは「8の字運動」と呼ばれる特有の運動であった。その運動のおかげで風を均一に送り出すことが可能になると考えた。

1．はじめに

新潟南高校の各教室には他校と同様にクーラーが設置されている。しかし、当然のことながらクーラー周辺は極端に冷却され、教室中央では暑い箇所が生じてしまうといったアンバランスな状態になってしまう。そこで、教室全体が均等に冷却されるためにはどうすればよいか熟考し、エアコン用可動式ルーバーを作成して風の運動を観察して研究すれば、解決策が見出せるのではないかという考えに至った。

2．実験方法

<実験１>

自作風洞（図１）に A5 の普通コピー用紙を二枚重ねたもの（以下、実験体）を設置し、風速３．０m/ｓのサーキュレーターの風とスモークマシンの白煙を流した。その様子を風洞の横側から iPad で撮影し、動画から実験体の上下への拡散角度を求めた。具体的には、サーキュレーターの風が実験体に当たるまでに通るラインを基準線とし、実験体に当たった後に風が進む方向への角度を拡散角度とした（図２）。そこで出た数値から標準偏差と平均値を求め、グラフにした。この実験で我々は「自作の可動式ルーバーは一定の風により、一定の周期で運動をする」という仮説を立てた。

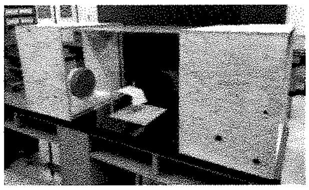


図１　左　自作風洞（アクリル板+ベニヤ板）　右　可動式ルーバー

<実験２>

長岡技大の風洞（図４，５）に実験体を設置し、風速約３．０m/ｓのサーキュレーターの風とスモークマシンの白煙を流した。ここで実験１と同じ方法で模型と実験体のオモテ、ウラ（図６）の風の拡散角度の標準偏差と平均値を求めた。この実験で我々は「瞬間的な実験体の形状を模倣した動かない模型でも風の拡散は起きる。実験体を裏向きにした場合にオモテの実験体と拡散の仕方に差が出る」という仮説を立てた。

<実験３>

実験２と同じ条件で実験し、ハイスピードカメラでスローモーションの映像を撮った。また、実験体の後端部分にモーションキャプチャをつけた。この実験では「片側固定端の場合、もう一方の片側は自由端反射することによって両端の運動に大きな差が生じるのではないか」という仮説を立てた。

3．実験結果

＜実験１＞

上下ともに平均的な拡散が見られた。上下の拡散角度の標準偏差はそれぞれ約１３であった（図3）。

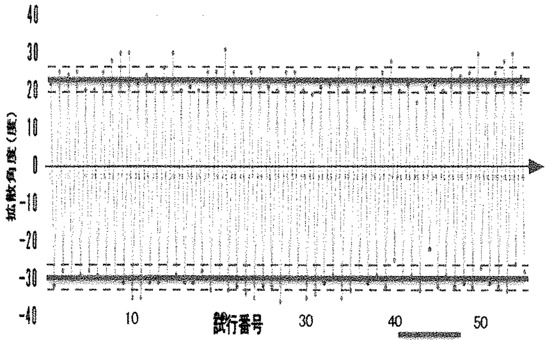


図3　オモテの拡散角度の分布

＜実験２＞

模型の場合、主にその模型の後端の形に沿って流れる風と、変化が生じずそのまま真っすぐ流れていく風が生じた（図7）。上への拡散角度の平均値、標準偏差はともに実験体と比べ極小であった。下への拡散角度の標準偏差も約１．８と小さかった。実験体（ウラ）の場合、拡散角度の標準偏差と平均値はオモテの場合と近かったが、特に上に強い拡散が見られた。実験体（オモテ）は、実験１と同様上下に平均的な拡散が見られた（図8）。

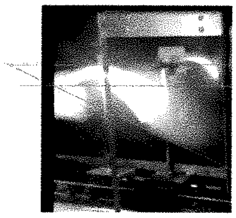


図7　模型の拡散角度

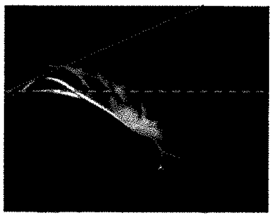


図8　実験体の拡散角度

＜実験３＞

実験体の表面に風が通るとき、そこで滞留するような渦が見られた（図9）。また、モーションキャプチャの映像からは実験体の後端が１周期中に８の字を描くことが分かった（図10）。長岡技大の教授の話から、この運動はよく見られることが分かった。

図9　表面の風の運動

図10　実験体（ウラ）の後端の運動

4．考察

＜実験１＞

上下に平均的な大きい拡散が見られたことから、一定の風であれば、一定に風が拡散できると考えた。また、実験体の形状をしたものであれば、動いていなくても、風の拡散が可能になるのではないかと考えた。さらにこの実験体を裏向きにした場合、拡散角度に差が出るのではないかと考えた。上端・下端ともに一定の周期のように見えるが、数値に揺らぎがあった。この揺らぎができるができる仕組みを明らかにするためにハイスピードカメラが必要だと考えた。

＜実験２＞

動かない模型の風の拡散の標準偏差が極小であったことから、風の拡散は実験体の特有の動きによるものだと考えた。また、実験体（ウラ）について、上への強い拡散が見られたのは、実験体（ウラ）のの後端が上に振れるとき表面が平らになるため、風が滞留することなく流れるからだと考えた。このことから風の拡散は実験体の後端の動きが重要であると考えた。

＜実験３＞

実験体の表面に渦が発生したことから、実験体の形状の変形によって、流れ場が変わり、表面を上に持ち上げようとする力が作用すると考えた。さらに、あるところから後端が下側に向かって移動しはじめ、下向きの力がどんどん強くなっていくと考えた。また、実験体の後端が８の字運動をするのは、前端が固定されているため後端が自由端反射になっているからであると考えた。

5．まとめ

この運動を解析する中で、模型表面に渦が発生していることが観察できた。この渦は固定した模型では観察することができなかった。このことから、模型が運動していることが重要であると考えられる。また、この渦が下方向に進む場合と上方向に進む場合がある。これは、渦が進行していく際に模型の山になっている部分が渦の近くにできるかできないかによって変わると考えられる。また、今後は実際にエアコンにつけて教室が効率的に冷却できているのか実験をしていく。この物体の運動を用いることで、模型の表面上を動く渦が後方に飛んでいくことから教室内の空気循環を促進することができるのではないかと考えられる。部屋の中の空気を循環させることができれば窓を閉めた状態でも空気が滞りなく循環するため、今日問題になっている新型コロナウイルス対策に対しても有効な対策になるのではないかと考える。

参考文献

1) 藤田 勝久ら (2013)「平行流中を移動する柔軟平板の動的安定性解析」
https://www.jstage.jst.go.jp/article/kikaic/79/801/79_1336/_pdf/-char/ja
2) 廣明 慶一ら (2018)「矩形シートに発生するフラッタの励振メカニズムの考察」

白板自動走行文字消去装置

新潟県立新潟南高等学校
小杉 昂　玉井 千尋　中島 正太郎　堀田 智寛

概要

自動でホワイトボードを消す装置を製作するためにレゴマインドストームとネオジム磁石を用いてホワイトボードクリーナーロボットを製作し、ホワイトボード上で垂直に走行させるという実験を行った。ホワイトボード上に取り付けたロボットは走行途中で滑り、ボード上から落下してしまった。この現象を解決するためにロボットの改良、重心の位置の変更などを行い、ロボットをホワイトボード上で垂直に走行させることに成功した。

1．はじめに

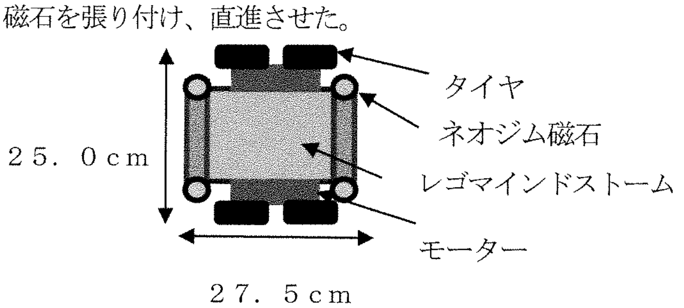
現代の社会では例えば、お掃除ロボットや車の自動運転など様々なものが自動化している。自分たちの身の周りに何か自動化できるものがあるかを考えたとき、日直の仕事である黒板消しが大変で、自動で行うロボットがあれば楽になるのではないかと思い、作ることにした。

2．実験方法・実験結果

ロボットの製作にはレゴブロックとレゴマインドストームを用いた。
今回はより摩擦の少ないホワイトボードで実験し、その後黒板に応用していくことにする。

実験１

機体（ロボット）の裏に図〔機体１〕のようにネオジム磁石を張り付け、直進させた。



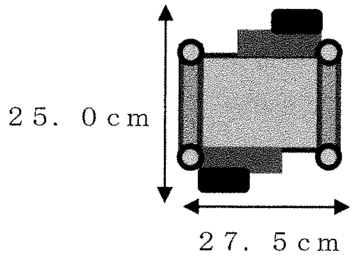
〔機体1〕　　質量５８２ｇ

結果１

機体はホワイトボードに張り付きながら走行することができたが途中で下向きにずれてしまい、最終的に滑り落ちてしまった。

実験２

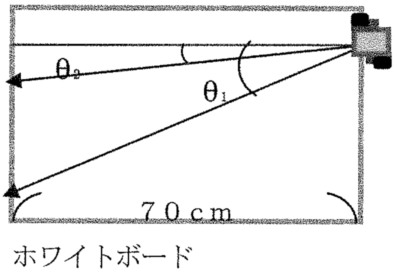
機体の進行方向がずれるのを防ぐためにタイヤの数を４個から２個に変え、機体を軽くし、また機体の重心が中心になるようにモーターの位置を変えて直進させた〔機体２〕。



〔機体２〕　質量５５０ｇ

結果２

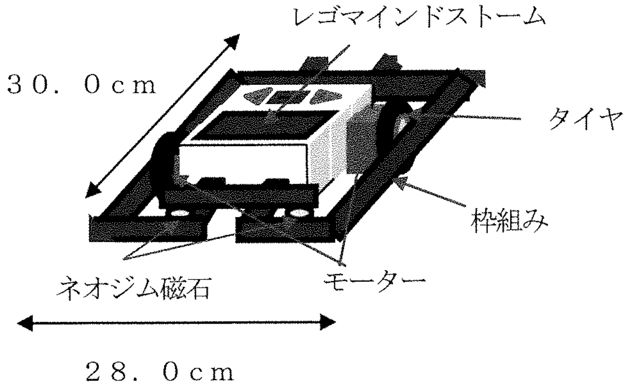
重心の位置を考慮したことにより機体が下向きにずれる角度は大幅に小さくなった。



モーターの位置を変える前の角度 θ_1＝３０°
モーターの位置を変えた後の角度 θ_2＝８°
(両方とも３回測定し、平均をとった)

実験３

機体が下向きにずれるのを防ぐため、タイヤと機体部分をつなぐ枠組みを取り付け、タイヤと機体を固定して直進させた〔機体３〕。



〔機体３〕　質量６１０ｇ

４．考察

実験１で機体がホワイトボード状を下向きにずれながら滑り落ちたのは、磁石の磁力に対する機体の質量が大きく機体を安定して支えられなかったからであると考えられる。

実験２で機体が下向きにずれる角度が大幅に軽減できたのは、実験１では機体に片側に偏っていた機体の重心がモーターの位置をかえたことにより機体の中心へと移動し、さらに機体の重量が軽くなりより安定して走行できるようになったからであると考えた。

実験３で走行時の機体のずれがなくなり、地面に対して平行に走行できるようになったのは、取り付けた枠によって機体本体とモーターとの接合部分が強化され、車輪の回転に伴う車体の振動が軽減されたからであると考えた。また、機体の重量が実験１、実験２より重くなっているのにもかかわらず滑り落ちることなく安定して走行できていることから機体がホワイトボードから滑り落ちる現象は機体の重さよりも機体の車輪の回転に伴う振動によって生じるホワイトボードとのすき間がより大きな要因であると考えられる。

５．まとめ

実験を通して、ホワイトボード上に張りついて、地面との平行を保ちながら走行することができるロボットの製作に成功した。しかしまだ、ホワイトボード上の文字を消すという段階には至っていない。文字を消すにあたっては、ロボットにクリーナーとなる布などを取り付けて走行させることを考えている。文字を消す際には消し残りを出さないためにクリーナー部分へ圧力をかけるなどの工夫が必要であると思われる。また、ホワイトボード上すべての文字を消すために、ロボットはホワイトボード上を隙間なく移動することが必要であり、そのためのプログラミングを行う必要もある。

参考文献

１）https://ja.wikipedia.org/wiki/レゴ

２）https://ja.wikipedia.org/wiki/MINDSTORMS

津波波高の軽減

新潟県立新潟南高等学校

大河内　詩歩，遠藤　花恋，小林　聖依，澁倉　陶子

概要

私たちは、障害物を用いて津波の陸への被害を軽減しようと試みた。人工湧昇流のメカニズムを活用し、約300分の1に規模を縮小した津波を発生させ、楕円柱の障害物を設置し、津波の波高を記録した。障害物の形や大きさ、海洋プレートに見立てた板の大きさを変えながら実験を行った。1度目の実験では、大陸プレートに見立てた板の長さが不十分だったため、波長の短いパルス波ができ、津波を発生させることに失敗した。また、数値のばらつきが大きく、有意義な結果が出なかった。そこで、板の長さを長くし、回数を6回から20回に変えて2度目の実験を行った。実験の結果、楕円柱の障害物で津波の被害を軽減させることはできなかった。

1．はじめに

地震によって引き起こされる2次被害の中でも、津波は特に深刻な被害をもたらす。2011年に発生した東日本大震災による死者・行方不明者の約9割は、津波が原因だと言われている。地震大国である日本では、非常に深刻な問題である。そこで私たちは、津波被害軽減を目指し、「障害物が大きく、幅が広いほど、発生した波との接触部分が大きくなり、波高を削減できる。」という仮説を立てた。そして、文献1）人工湧昇流を参考に、流体が物体を回り込む現象に着目し、模型を作成して実験を行った。

海底に障害物を設置することで、津波の進行方向を変え、陸への津波による被害を軽減しようと試みた。

2．実験方法

実験は文献 2) で紹介されている津波発生装置を用いて行った。

(1)材料

透明収納ケース×3 箱，合板 1×3 枚（790mm×290mm×10mm，合板2（425 mm×290 mm×10 mm），合板3（117 mm×290mm×10mm），結束バンド，透明ビニールシート（家庭菜園用ビニール0.1mm×135cm×5m），7連フック（上部固定用），ワイヤーフック（底板固定用），輪ゴム(オーバンド310番)，発泡スチロール1(14.5cm×9.5cm×8.0cm)，発泡スチロール 2(9.5cm×14cm×7.5cm)，発泡スチロール3(13cm×14.5cm×9.5cm)，発泡スチロール 4(15.5cm×14cm×9.5cm)，角材，食紅（緑），クランプ×2，ガムテープ，ビニールテープ

(2) 製作

1.透明収納ケースの小さい面を、強度を保つために上部は残し、ホットカッターで切り抜いた。

2.合板に穴を開け、結束バンドで連結させた。

3.3 つのケースを連結させ、傾斜を生むために発泡スチロールを底に並べ(図1)、合板を敷いた(図2)。

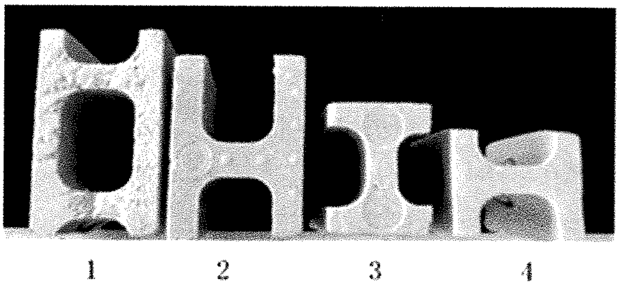


図 1　実験装置における海底の傾斜をつけるために用いた発泡スチロール

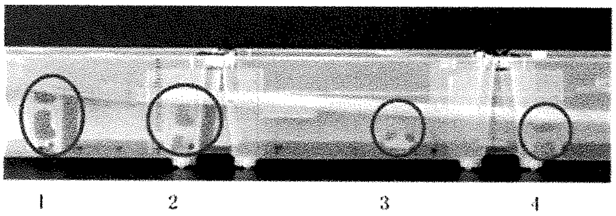


図2　実験装置(図1の発泡スチロールに対応)

4.跳ね上げ式津波発生部分を作成した。

4-1.透明収納ケースの上部に角材に沿うようにして 7 連フックをクランプで固定した(図3)。

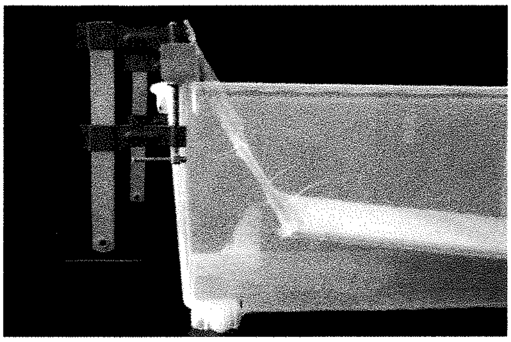


図 3　跳ね上げ部分

4-2. 合板に 4 つの穴を開け、結束バンドを通し、輪ゴムを繋いだ。
4-3. 輪ゴムをフックにかけた (図 4)。

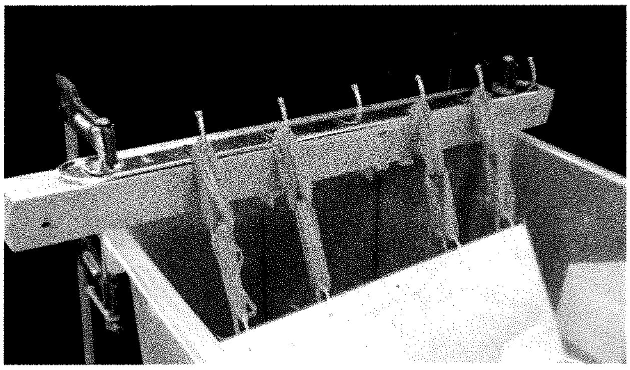


図 4　跳ね上げ部分上部

5. 水圧に耐えるため、ケースから切り取った部分をケースとケースのつなぎ目に入れた。
6. 透明ビニールシートを透明収納ケースに通した。
7. 実験装置に水を張り、津波の高さを計測しやすくするために、食紅を用いて着色した (図 5)。

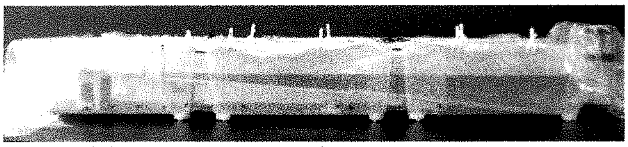


図 5　着色した水を張った実験装置

(3) 実験 1

津波発生地点から 80cm の位置に障害物を置き、大陸プレートに見立てた合板をゴムの力で跳ね上がらせた。障害物の形や大きさを変えて (図 6) 実験し、津波発生地点から 100 cmにおける波高を記録した (図 7)。

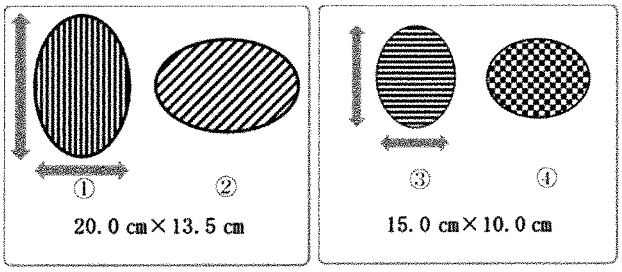


図 6　上から見た楕円柱状の障害物 (波は図の下部から上部の向きに伝わる)

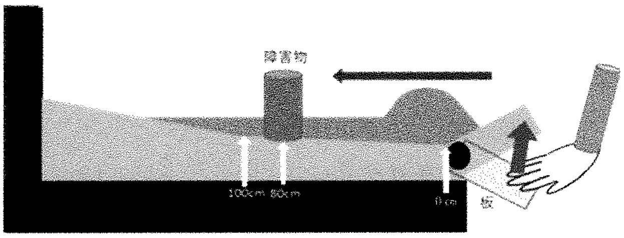


図 7　実験装置 1

(4) 実験 2

実験 1 で用いた装置の跳ね上がり部分の板を 117 mmから 425 mmに変えて実験を行った。また、障害物の位置を津波発生地点から 100 cmの位置に置いた。波が障害物と衝突する前後での波高の増加度合を調べるため、障害物の前後 20 cm地点における波高を記録した。波高の測定位置での波の動きを録画し、デジタルノギスを用いて、反射波との合成波を含めない最も高い波高を記録した (図 8)。

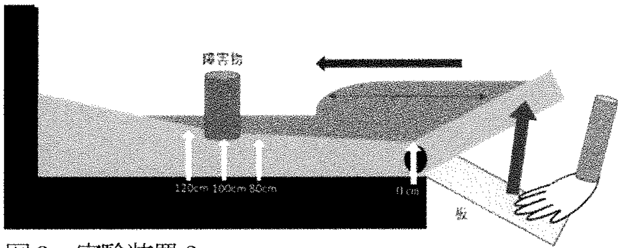


図 8　実験装置 2

3. 実験結果

(1) 実験 1

波高を小さくすることができた。最も波高を軽減したのは、大きな横長の楕円柱状、次いで小さな横長の楕円柱状、小さな縦長の楕円柱状、大きな縦長の楕円柱状の障害物だった (図 9)。

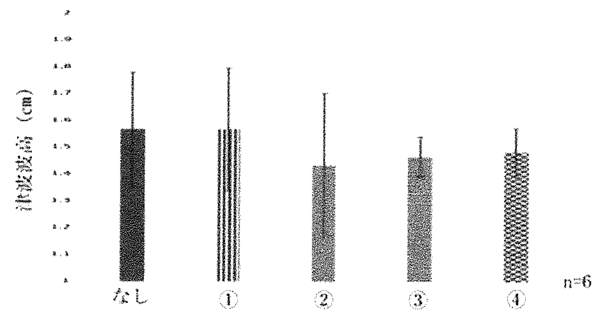


図９　実験１における波高の計測結果

(2) 実験２

実験装置の跳ね上がり部分の板を長くしたところ、波長の長い津波を発生させることができた。障害物を設置しない場合と比較して最も津波波高を軽減したのは、大きな横型の楕円柱状、次いで大きな縦型の楕円柱状、小さな横型の楕円柱状、小さな縦型の楕円柱状の障害物だった。また、障害物の前後で津波波高を比較すると、大きな障害物を設置したときのみ津波波高が減少した（図10）。

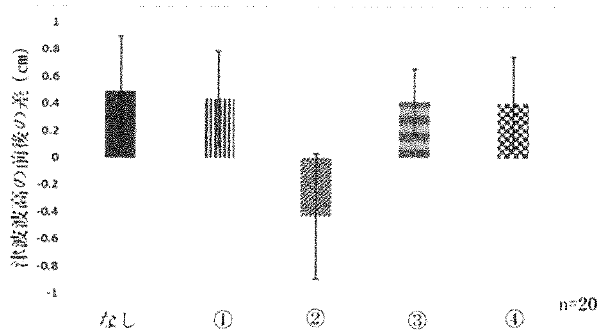


図10　実験２における津波波高の障害物前後の差

４．考察

(1) 実験１

仮説とは異なり、単純に障害物の大きさや幅によって波高の減少度合が決まるわけではなかった。しかし、津波に比べて波長が短いパルス波が発生し、標準偏差が大きかったため、各障害物における有意義な差は見られなかったと考えられる。

(2) 実験２

実験１とは異なり、津波を発生させることはでき、仮説の通り、障害物の大きさや幅に伴って波高が減少した。しかし、実験回数を増やしたものの、標準偏差が大きかったため有意義な差が見られなかった。これは、津波発生装置の側面に反射した波の影響が大きかったためだと考えられる。

５．まとめ

津波による被害を軽減するために、波高の軽減を目指して始めた実験だったが、被害軽減につながるための十分な結果は得られなかった。実験２で、発生した波が実験装置から影響を受けて減少したことから、障害物を並べて配置すると、波高の減少が期待できるのではないかと考えられる。

今後は、発生させた波が異なる、実験１と実験２の両方で、障害物①と②における波高の計測結果には大きな差が見られたが、障害物③と④における波高の計測結果にはあまり差が見られなかった理由を特定していきたい。

参考文献

1) 大型漁礁ブロックを用いたマウンド型湧昇流漁場整備　本田耕一
https://www.jstage.jst.go.jp/article/coj/51/7/51_578/_pdf/-char/ja

2) 中学校理科における跳ね上げ式津波教材の開発　佐藤宏紀
https://www.akitac.ed.jp/~ckyk/kyoukakenkyu/rika/rika%20jugyou%20hint/h23tunami/tunamikyouzainokaihatu.pdf

3) 気象庁ホームページ

セイタカアワダチソウから着想を得た除草剤の作成

新潟県立新潟南高等学校
安彦　和哉，　齋田　優輝，　清水　幹生，　渡辺　雅晴

概要

メタノールとソルビン酸を用いて、ソルビン酸メチルの合成を行った。その後、核磁気共鳴(NMR,以下この略称を用いる)分析、赤外分光(IR,以下この略称を用いる)分析によってソルビン酸メチルの同定を行った。その結果、私たちが合成した物質とソルビン酸メチルのデータが一致した。合成したソルビン酸メチルとセイタカアワダチソウのアレロパシー物質であるシスデヒドロマトリカリアエステル（cis-DME,以下この略称を用いる）を用いて、カイワレダイコンの発芽を抑制する効果を比較する実験を行った。ソルビン酸メチルを滴下したカイワレダイコンは、水のみのカイワレダイコンよりも発芽した種子が少なかった。このことから、ソルビン酸メチルは発芽を抑制する効果があると考えられる。

1．はじめに

セイタカアワダチソウは北アメリカ原産の植物で、日本では北海道の一部から沖縄まで広範囲に分布している。セイタカアワダチソウは繁殖力が強く、アレロパシー物質であるcis-DME（図1）を放出し、他の植物の成長を抑制する。[1] そのため、新潟市の潟や田では、セイタカアワダチソウが大繁殖している。放置すれば生態系に悪影響を及ぼす可能性が高いとして、福島潟では対策が行われている。このことを知り、セイタカアワダチソウについて調べたところ、セイタカアワダチソウの繁殖力が強さにはcis-DMEの発芽抑制作用が関わっていることを知り、注目した。創薬の分野では、生薬と似た分子構造を持つ化合物は、同様の薬理作用を示すことが知られているため、似た化学構造のソルビン酸メチル（図2）を合成し、環境にやさしい農薬として利用できるか否かを調べることにした。

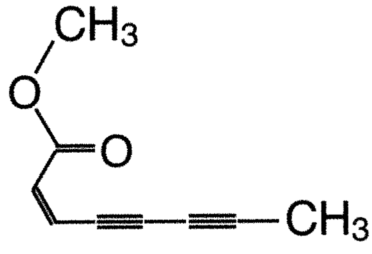


図1　cis-DME

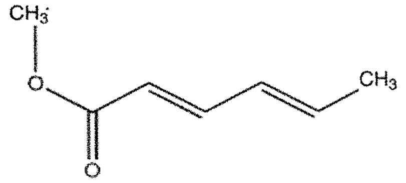


図2　ソルビン酸メチル

2．実験方法

実験1:ソルビン酸メチルの合成と分液

(1)　ソルビン酸3.70gをメタノール20mlに溶かし、濃硫酸を数滴加えた。[2]

(2)　試験管を60℃の水に浸け、反応が進むのを待った。

(3)　平衡状態の達したことを確認後、炭酸水素ナトリウム飽和水溶液で濃硫酸を中和し、除いた。

(4)　(3)で中和した溶液をろ過し、未反応のソルビン酸を除去した。

(5)　(4)で用いたろ紙の上からジエチルエーテルを10ml加え、ろ液に純水を2ml加えた。

(6)　ろ液を分液漏斗で分液し、溶液中の水とメタノールを除去した。

(7)　溶液が入ったビーカーを60℃の水が入ったビーカーに入れて加熱し、ジエチルエーテルを蒸発させた。このとき、図3のようにしてジ

エチルエーテルの拡散を防止した。新潟薬科大学でジエチルエーテルを蒸発させた際はロータリーエバポレーターを使用した。

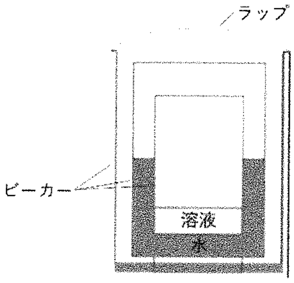


図3　ジエチルエーテルの拡散防止装置

実験2:ソルビン酸メチルの同定

(1)　実験1で分液した物質がソルビン酸メチルであるかをNMR装置、MS装置、IR装置を用いて分析した。[3] 上記の分析は新潟薬科大学で行った。

実験3:発芽実験

(1)　水で湿らせた脱脂綿、水で湿らせて刻んだセイタカアワダチソウの根を置いた脱脂綿、水とソルビン酸メチルで湿らせた脱脂綿を準備した。[4]

(2)　それぞれの上にカイワレダイコンの種子を100個ずつ置き、7日間種子の観察を行い、発芽した種子の数を記録した。(図4〜6)

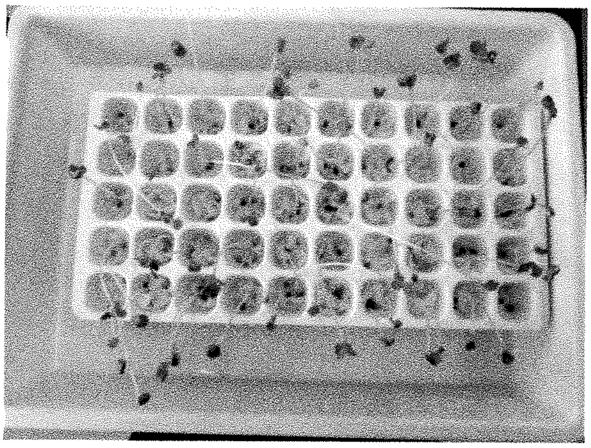


図4　水のみを入れたポッド

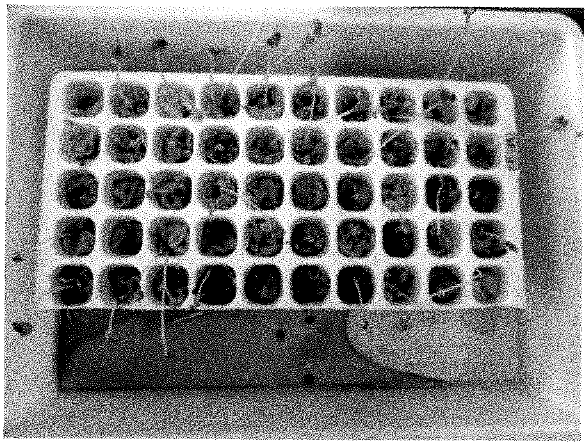


図5　水とセイタカアワダチソウの根を入れたポッド

図6　水とソルビン酸メチルを入れたポッド

3．実験結果

<実験1及び2の結果>

図7は私たちが作成した化合物の、図8はソルビン酸メチルのNMR分析の結果であり、それぞれ水素の配置を表している。2つのグラフはピークの位置はほぼ同じであった。同様に図9は私たちが作成した化合物の、図10はソルビン酸メチルのNMR分析の結果であり、こちらはそれぞれ炭素の配置を表している。こちらも2つのグラフはピークの位置はほぼ同じであった。また、図11は私たちが作成した化合物の、図12はソルビン酸メチルのIR分析の結果であり、それぞれにどのような官能基が含まれているかを表していて、2つのグラフはピークの位置が同じであった。

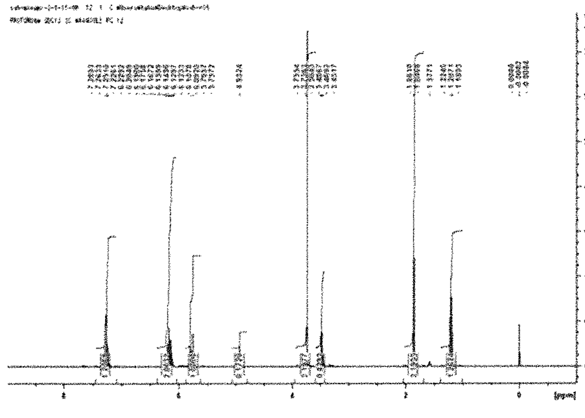


図7　実験1で作成した化合物の水素のNMR分析の結果

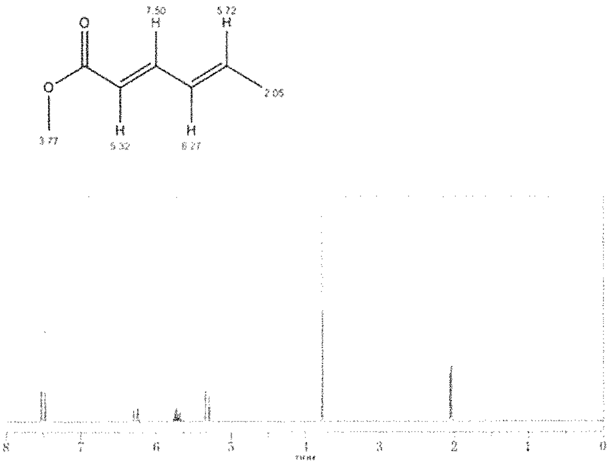


図8　ソルビン酸メチルの水素のNMR分析の結果

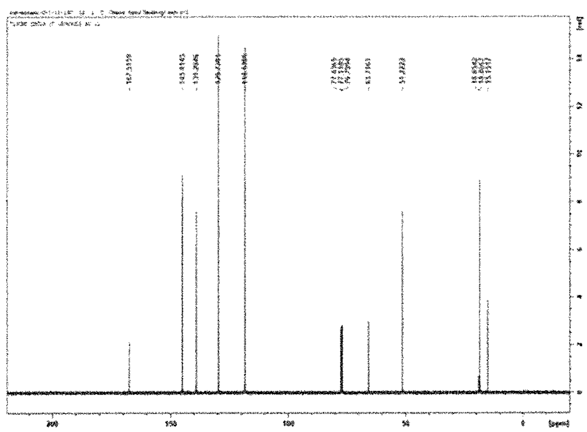


図9　実験1で作成した化合物の炭素のNMR分析の結果

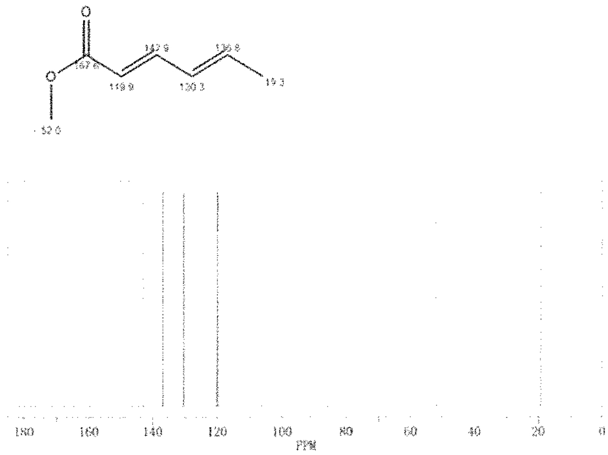


図10　ソルビン酸メチルの炭素のNMR分析の結果

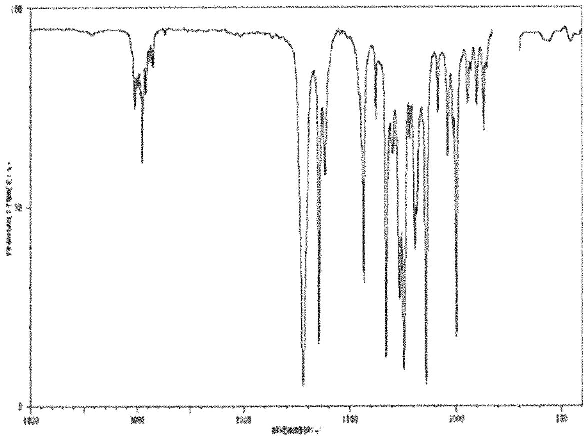


図11　実験1で作成した化合物のIR装置の結果

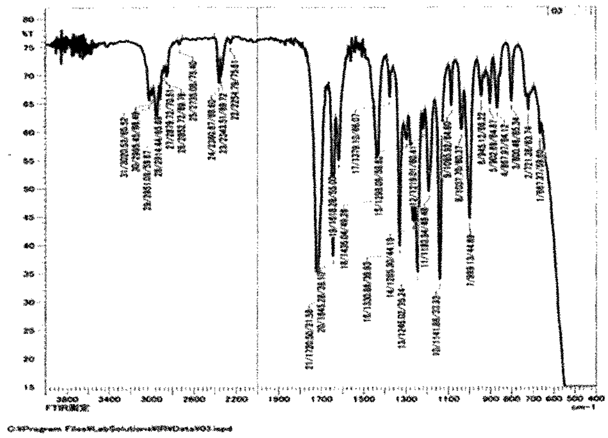


図12　ソルビン酸メチルのIR装置の結果

＜実験３の結果＞

発芽実験において、水のみの時は、ほぼ同じ量で発芽量が増え、7 日目に 87 個のカイワレ大根が発芽した。セイタカアワダチソウの根を入れたポットでは、水のみの時と同様に増加したが 5 日目あたりで増加量が減少し、7 日目に 55 個のカイワレ大根が発芽した。ソルビン酸メチルを染み込ませたものは、少しずつ発芽量が増え、7 日目に 14 個のカイワレ大根が発芽した。7 日間の発芽した種子の数の変化を図 13 に示す。

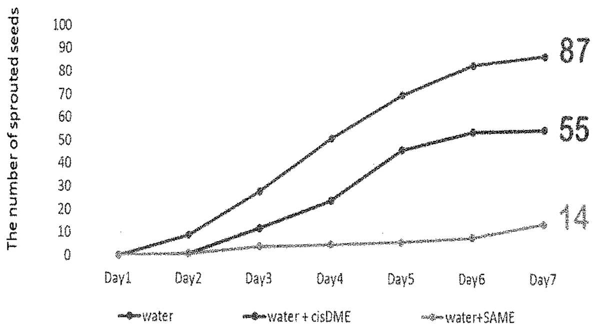


図 13　カイワレ大根の発芽した数

4．考察

〈実験 1 及び 2〉

図 7～12 より私たちが作成した化合物のデータのピークとソルビン酸メチルのデータベースのピークの位置が同じなので作成したものはソルビン酸メチルであると考えられる。

〈実験 3〉

図 13 よりカイワレ大根の発芽量が水のみの時より少ないので、ソルビン酸メチルは発芽を抑制する効果を持つと考えられる。また、cis-DME を入れた時とソルビン酸メチルを入れた時で結果に差が生じたのは、濃度を考慮せずに実験を行ったためと考えられる。

5．まとめ

身近なものに科学の観点から注目し、セイタカアワダチソウの発芽抑制効果を再現することができた。

仮説の証明として cis-DME とそれに似た化学構造を持つソルビン酸メチルは似た効果を持つといえた。実験 3 の結果から除草剤として利用することは可能だと考えるが、ソルビン酸自体にも静菌作用があり、そのはたらきが発芽の抑制にはたらいたか否かを調べるための、ソルビン酸のみでの発芽実験を行っておらず、カイワレ大根の発芽を抑制したのがソルビン酸によるものなのかソルビン酸メチルによるものなのか分からない。また、cis-DME もソルビン酸メチルも不飽和カルボン酸エステルである。私たちが用いた化合物以外の協約系の不飽和カルボン酸エステルを用いても同様の結果を得られるか否かも調べたい。さらに今回の研究では、環境に与える影響については詳しく検証できなかったため、他の植物の種を使用し、植物によって発芽抑制効果に違いがあるか、農薬として使用したときに動物やヒトに害は無いか調べたい。

謝辞

研究のご指導及びご協力をしていただいた新潟薬科大学の杉原多公通教授、本澤忍准教授に感謝申し上げます。

参考文献

1) https://ja.wikipedia.org/wiki/セイタカアワダチソウ
セイタカアワダチソウ-Wikipedia

2)https://netdekagaku.com/fisherester-synthesis/
フィッシャーエステル化 酸触媒を使ったカルボン酸のエステル化

3)http://www.scc.kyushu-u.ac.jp/Yuki/classes/past_materials_files/organal1.pdf
有機機器分析 －Spectroscopic Methods in Organic Chemistry－

4)http://www.miyazaki-c.ed.jp/gokase-h/forestopia/r_announcement/research_02.pdf
セイタカアワダチソウで自然農薬を作ろう！

塩を加えたことによるカリウムミョウバン結晶の変化

新潟県立新潟南高等学校
五十嵐　なお　川瀬　彩夏　浜田　果菜子　横田　椋

概要

カリウムミョウバン水溶液に塩を加えた溶液を用いてカリウムミョウバンの再結晶を行い、質量の増加を調べた。塩を加えなかった溶液と比較すると、塩を加えて再結晶した結晶のほうが質量の増加量が小さいという結果が出た。また、グルタミン酸ナトリウムと塩化ナトリウムを比較すると結晶の増加量に違いが出た。この結果を受けて、加える塩によって結晶の形成速度に違いが出ることが分かった。

1．はじめに

カリウムミョウバン溶液に不純物として塩化アルミニウムを混合し、イオンの不均一分布を作ることで、特異な結晶が析出することが報告された。(森永ら 2015)私たちは、その原因が結晶の形成速度の変化にあると仮定し、複数種類の塩を加えて、カリウムミョウバン結晶の形成速度の変化を調べた。

2．実験方法

実験 1

(1) 3 個の 100ml ビーカーを用意し、水 50ml とカリウムミョウバン十二水和物 28g(0.015mol)をそれぞれに加える。

(2) (1)を 70℃になるまで加熱し、溶かす。

(3) ワイヤーを割りばしに固定し、ワイヤーの先端を加熱する。先端に同じ大きさに揃えた種結晶を刺す。

(4) ビーカーの溶液の温度を 60℃に揃え、種結晶が溶液につくように割りばしにビーカーを固定する。

(5) 全てのビーカーを 25℃の水につける。

(6) 10 分後、15 分後、20 分後に種結晶をそれぞれ取り出し、1 日乾燥させる。

(7) 乾燥させた種結晶の重さを量る。

実験 2

(1) 3 個の 100ml ビーカーを用意し、水 50ml とカリウムミョウバン十二水和物 28g(0.015mol)をそれぞれに加える。

(2) (1)のビーカーの 1 個にグルタミン酸ナトリウム 2.5g(0.015mol)を加える。もう 1 個の異なるビーカーに塩化ナトリウム 0.88g(0.015mol)を加える。残りのビーカーには何も加えず、コントロールとする。

(3) 実験 1 と同じ手順で溶液を加熱し、割りばしを固定する。ビーカーを 25℃の水に入れ、実験 1 の結果を元に、20 分後に種結晶を取り出し、1 日乾燥させる。

(4) 重さを量り、コントロールと比較する。

3．実験結果

実験 1

カリウムミョウバン結晶の質量の増加は 20 分で結晶を取り出したときの 0.56g が最大だった。この結果より、実験 2 においての結晶を取り出すまでの時間を 20 分に設定した。

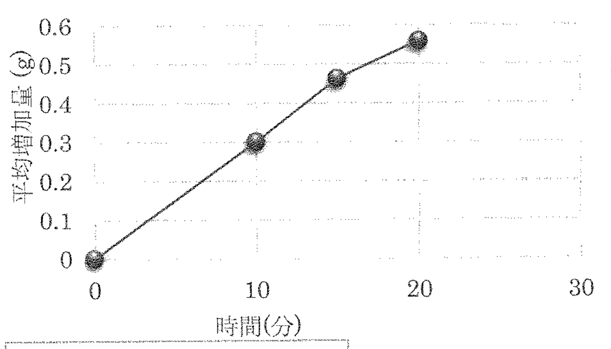


図 1.結晶の平均変化量

実験２

塩を加えた結晶より、コントロールの方が質量の増加量が大きかった。また、塩化ナトリウムを加えた結晶のほうが、グルタミン酸ナトリウムを加えた結晶より、増加量が大きかった。

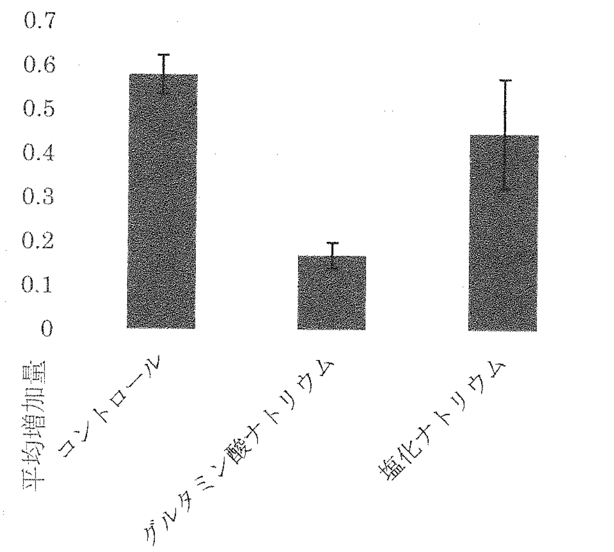


図2　増加したミョウバン結晶の量（g）

4．考察

結果２よりコントロールの結晶形成速度が一番速かったといえる。次に速かったのは塩化ナトリウムを加えたミョウバン結晶で、形成速度が一番遅かったのがグルタミン酸ナトリウムを加えたミョウバン結晶だったといえる。よって、カリウムミョウバンに塩を添加すると、ミョウバン結晶の形成速度が遅くなるといえる。

ここで、加える塩によって形成速度に違いがあると考えた。カリウムミョウバンは電離してカリウムイオンが生じる。塩化ナトリウムは電離するとナトリウムイオンと塩化物イオンが生じ、グルタミン酸ナトリウムはナトリウムイオンとグルタミン酸イオンが生じる。カリウムイオンとナトリウムイオンは同じ一価の陽イオンである。ナトリウムイオンを含まない塩ならば、さらに形成速度が遅くなると考えた。また、カリウムミョウバンは電離すると、硫酸イオンも生じる。この硫酸イオンが結晶構造に取り込まれて、結晶が形成する。グルタミン酸ナトリウムは電離すると、グルタミン酸イオンが生じ、塩化ナトリウムは、塩化物イオンが生じる。グルタミン酸イオンよりも、塩化物イオンのほうが硫酸イオンにイオン半径が近いため、塩化ナトリウムを加えたミョウバン結晶のほうが形成速度が速くなったと考えた。

またグルタミン酸ナトリウムは分子量が大きいため粒子の移動速度が遅くなる。そのため、ミョウバン結晶の形成速度が遅くなったと考えた。

これらのことより、価数やイオン半径が近い原子を含む塩を加える、または、分子量の小さい塩を加えると結晶の形成速度への影響が少なくなるのではないかと考察した。

5．まとめ

カリウムミョウバン水溶液に塩として塩化ナトリウムやグルタミン酸ナトリウムを加えることで、できる結晶の形成速度に変化があった。

6．展望

同じくアルカリ金属であり、ナトリウムの次にカリウムにイオン半径の近いリチウムを含む塩についても同様に実験してイオン半径、価数が結晶形成速度に関係があるのか詳しく調べたい。

参考文献

1）ミョウバンの再結晶における不純物の効果　日本物理学会　(2019.12.22)

2）埼玉大学　埼玉大学　(2020. 1. 24)

3）ゆきえ　ちょっとした工夫で豊かな生活を　(2020. 1. 24)

機能性塗料の開発

新潟県立新潟南高等学校

小林　滉弥　　天竺桂　悠太　　稲月　征亜　　犬飼　和希

要旨

本研究は模型玩具(プラモデル)への塗装を念頭に置いた環境負荷の小さいオリジナルの水溶性塗料を作成することを目的としている。この研究を通して顔料、樹脂、分散剤の組み合わせの相性や、試料の十分かつ丁寧な攪拌、分散剤の重合度の違いが塗料の出来に影響を及ぼすことがわかった。また本研究の塗料作成技術を応用し磁石のつく「磁性塗料」を作成することができた。

1．はじめに

今日、塗料は着色以外にも様々な機能を備え、幅広い分野で使用されている。しかし市販塗料の多くは有機溶剤を使用し、環境への負荷が高いため海外ではそうした塗料を禁止しているところもある。そこで、我々は身近で需要の高い模型玩具（プラモデル）への使用を念頭に、環境負荷の小さい水溶性塗料の作成を第一のテーマとした。さらに、着色以外の機能を付与した機能性塗料の作成を試み、その機能として汎用性の高い磁性の付与を第二のテーマとした。

塗料は、主に顔料、樹脂、溶剤、分散剤の４つの要素で構成されている[1)]。顔料は着色する働きを果たしている。しかし、顔料だけでは塗布する対象が紙など表面が粗い対象ならよいが、プラスチックのような表面が滑らかな対象だと、顔料は対象の表面に留まることができない。よって、樹脂を使い顔料を塗布する対象の表面に留まらせる。しかし、樹脂は基本的に固体で、顔料を樹脂に混ぜることも、筆を使って塗ることもできない。そこで、樹脂を溶剤に溶かし、そこに顔料を混ぜ入れる。これだけでも十分に塗料と言えるが、実際に作ってみると表面は粗く、色もまばらで見栄えも悪く、耐久性もないので実用に至らない。このようになってしまう原因は、顔料が樹脂の溶液中でダマになってしまっているからである。そこで、分散剤を用いる。分散剤とは界面活性剤の一種である。界面活性剤とは、水と油のように本来ならば混じりあわないものを混じらせる性質をもった物質のことで、身近な例をあげると、マヨネーズや洗剤にも界面活性剤が使われている。つまり、分散剤とは細かい微粒子を液体の中に均一に分散させる役割をはたす物質のことである。塗料はこれらの材料を混ぜ合わせて作成する。顔料、樹脂、溶剤、分散剤の種類は多く、組み合わせには相性が存在し、それを考慮しなければならない。本研究では水溶性塗料の作成を目指しており溶剤はすべて「水」を使用している。

2．黒色の水溶性塗料の作成

市販の墨汁は炭素粉末が水にすでに分散された状態のものである。はじめにこの墨汁に樹脂を加え水溶性塗料を作成した。次いで炭素粉末を分散剤を用いて水に分散させ黒色の水溶性塗料を作成した。

実験１　墨汁を使用した水性塗料の作成

顔料：市販の墨汁

樹脂：ポリ酢酸ビニル樹脂

　　　アクリル樹脂

樹脂 10ｇを容器に入れ、市販の墨汁を徐々に足していき着色し、割りばしで攪拌し塗料を作成。この方法で容易にプラモデルへの使用に耐えうる黒色塗料が作成できた。この実験においてポリ酢酸ビニル樹脂とアクリル樹脂ではポリ酢酸ビニル樹脂の方がムラのない良好な塗料ができた。以降の実験においてもポリ酢酸ビニル樹脂が良好な結果をだしており、樹脂はポリ酢酸ビニル樹脂を中心として使用することとした。

実験２ 炭素粉末を使用した水性塗料の作成

顔料：炭素粉末

分散剤：ポリビニルアルコール(PVA)

　　　　膠(にかわ)

樹脂：ポリ酢酸ビニル樹脂

黒色顔料として炭素粉末を使用。炭素粉末を水に分散させるために分散剤としてPVAと膠を使用した。PVAは20ｇを水80ｇに溶かし20%水溶液を作成しそれを使用。膠は日本画に使用されている水溶液状態の市販品をそのまま使用した。炭素粉末5gに水溶液となっている分散剤20ｇ、樹脂10ｇを加えマグネチックスターラーで攪拌した。PVA、膠どちらの分散剤でも良好な黒色塗料を作成することができた。

３．白色の水溶性塗料の作成

炭素粉末を用いた黒色水溶性塗料の作成方法を基本として白色の水溶性塗料の作成を試みた。顔料として酸化チタン(Ⅳ)を使用した。この実験では分散剤としてPVAと膠に差が生じた。また機械的攪拌の時間が作成された塗料の出来におおきな影響を及ぼすことがわかった。

実験３ 酸化チタンを使用した水性塗料の作成

顔料：酸化チタン(Ⅳ)TiO_2

分散剤　：ポリビニルアルコール(PVA) 20%水溶液

　　　　膠（水溶液状態の市販品）

樹脂：ポリ酢酸ビニル樹脂

水溶液状態の分散剤に酸化チタン(Ⅳ)5ｇ、樹脂 10ｇを入れ、マグネチックスターラーを用いて攪拌した。結果は右図の通りとなった。

顔料の分散がうまくいくと塗膜の表面は滑らかになる。この実験においては分散剤としてPVAを使用した方が膠を使用したものよりもうまく分散した。また攪拌時間は5分のものと60分のものでは大きな差が生じた。顔料の分散には十分な機械的攪拌が必要であるという結果となった。

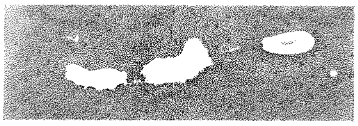


図１　分散剤：にかわ 攪拌時間：５分

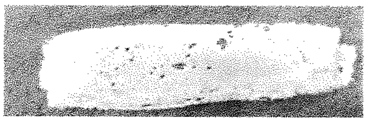


図２　分散剤：にかわ 攪拌時間：60分

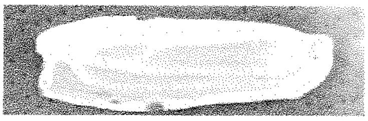


図３　分散剤：PVA　攪拌時間：５分

図４　分散剤：PVA　攪拌時間：60分

４．色の三原色の水溶性塗料の作成

顔料には鉛など環境負荷の大きな金属を用いたものが多い。そこで顔料として環境負荷の比較的小さな鉄の化合物を使用し、色の三原色「赤」「黄」「青」の水溶性塗料の作成を試みた。

実験４ 鉄顔料を使用した水性塗料の作成

顔料として使用した鉄の化合物は次の通り

赤色顔料：　酸化鉄(Ⅲ) Fe_2O_3

黄色顔料：　黄色三二酸化鉄

青色顔料：　プルシアンブルー

赤色顔料と黄色顔料は市販品を使用。プルシアンブルーはヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウムと硫酸鉄(Ⅱ)の反応から自作したものを使用した[2]。塗料の作成方法は実験３を基本とし、機械的攪拌は十分に行った

分散剤　：ポリビニルアルコール(PVA) 20%水溶液

樹脂：ポリ酢酸ビニル樹脂

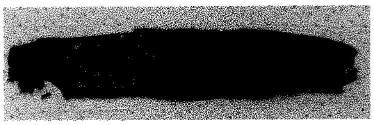


図５　酸化鉄(III)使用の赤色塗料

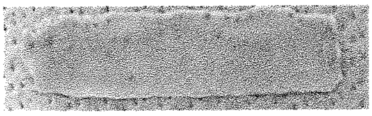


図６　黄色三二酸化鉄の使用黄色塗料

図５、図６の通り、赤色塗料、黄色塗料は実験３を基本とした作成方法でプラモデル塗料として使用に耐えうるものを作成することができた。しかし、プルシアンブルーを使用した青色顔料は分散がうまくいかず滑らかな塗膜をつくることができなかった。そこで使用している PVA の重合度に着目した。ここまでの実験で使用してきた PVA の重合度は約 2000 のものだった。重合度 500 のものを用意し違いを比較した。結果は次の図７、図８の通りで重合度 500 の PVA を使用した方が滑らかな塗膜ができ、プラモデル塗料として使用に耐えうるものができた。顔料の分散には使用する分散剤の重合度が影響することがわかった。このため今後の実験では重合度 500 の PVA を中心として使用することとした。

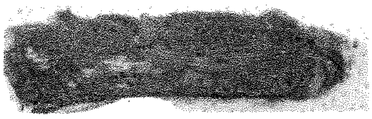


図７　プルシアンブルー使用の青色塗料
(PVA の重合度 2000)

図８　プルシアンブルー使用の青色塗料
(PVA の重合度 500)

５．磁性塗料の作成

ここまでの研究で各種のオリジナル水溶性塗料を作成することができた。この作成方法を用いて磁石がつくことができる機能をもった磁性塗料を作成することを試みた。顔料には磁性を持った四酸化三鉄 Fe_3O_4 を使用した。

実験５　四酸化三鉄を使用した磁性塗料の作成

顔料：　四酸化三鉄 Fe_3O_4
分散剤　：ポリビニルアルコール(PVA)　20%水溶液
重合度 500
樹脂：ポリ酢酸ビニル樹脂

実験方法は実験３の方法を基本とした。PVA はプルシアンブルー以外の顔料でも重合度 500 のものが良好な結果となったため、この実験では重合度 500 のものを使用した。四酸化三鉄はマグネチックスターラーについてしまうため、手による攪拌となった。結果は図９のようになった。塗料としてはプラモデルに使用できるものであるが磁性は弱く６回重ね塗りをしてようやくネオジム磁石がつく程度であり、一般の磁石はうまくつけることができなかった。

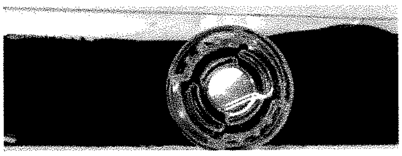


図９　四酸化三鉄 5g 使用の磁性塗料
(重ね塗り６回)

ここで磁性の弱さは顔料の不足であると考え、顔料の四酸化三鉄を５ｇから２倍の 10ｇに変更した。顔料を増量すると顔料が分散しにくく、ダマになりやすくなる。四酸化三鉄を使用しているためマグネチックスターラーは使用できない。よい塗料をつくるには攪拌を十分に行わなければならない。そこで乳鉢と乳棒を用いて丁寧にダマをすり潰す作業を時間をかけて行った。この方法で作成した磁性塗料が図 10 である。

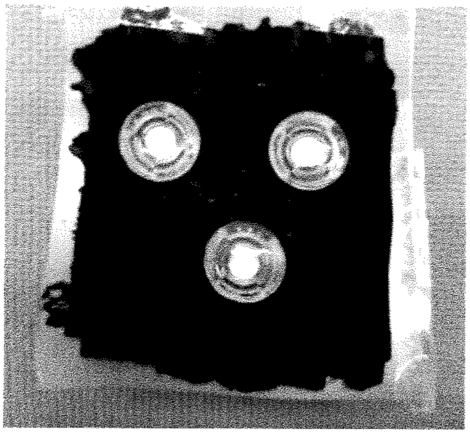


図１０　四酸化三鉄 10 g 使用の磁性塗料
（重ね塗り２回）

1, 2 回程度の重ね塗りでネオジム磁石が接着できる塗料となった。またネオジム磁石ではない一般の磁石も容易につくことができるようになった。

６．結果のまとめ

(1) プラモデルに使用できるオリジナルの水溶性塗料をつくることができた
(2) 鉄の化合物を用いて「色の三原色」の水溶性塗料をつくることができた。
(3) 四酸化三鉄を顔料に使用し磁性塗料を作成することができた。
(4) 顔料と分散剤の組み合わせは重要で本研究においては分散剤としてはPVAが高い汎用性をみせた。
(5) 分散剤としてPVAを使用する場合、その重合度が顔料を分散させるうえで影響を及ぼすことがわかった。
(6) 顔料を分散させるためには攪拌がとても重要であり、機械的攪拌で十分な時間をかけることが必要である。マグネチックスターラーが使えない場合でも乳鉢等を使用し丁寧に時間をかけて攪拌する必要がある。

７．今後の展望

(1) 本研究で使用したオリジナルの水溶性塗料をつくる手法を用いて様々な機能性塗料を作っていきたい。遮熱塗料、蛍光塗料、光触媒塗料など塗料には様々な可能性がある。
(2) 塗膜強度や顔料の分散率、磁性塗料の磁性の強さなど作成した塗料を数値で評価する方法を追求したい。

８．謝辞

本研究において指導していただいた新潟南高校化学科の先生方、ご助言、ご協力をいただいたすべての方々に感謝申し上げます。

９．参考文献及び参考 web

1) 「トコトンやさしい塗料の本」
(B&Tブックス―今日からモノ知りシリーズ)
中道 敏彦，坪田 実
2) 「プルシアンブルーのつくり方」
http:/blog.livedoor.jp/tak_tak0/archives/51845987.html

2　LAコース

2．1　研修概要

（1）　実施目的

新潟県立新潟南高等学校では、平成30年度より第4期SSHの指定を受け、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」の深化と、新潟市の中心校として「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」に取り組んでおり、第3期4年目以降、取組を全校生徒へ発展的に拡充している。平成29年度より理数コース以外の普通科（以下普通コースと記す）にも課題研究を導入、平成30年度からは1年次の総合的な学習（探究）の時間を用いた取組「江風探究ユニット」を開始し、これまで以上に深い探究を目指し、全生徒を対象として実施している。平成29年度からは海外研修の実施時期を2年次末とし、自身の課題研究の研究成果を発表するとともに、現地教育機関・研究機関などと事前に共同研究を行い、その内容についてディスカッションを行うなど、課題研究のより一層の充実を図ることを目的としている。

本研修は「語学研修」や、「文化交流研修」とは違い、真の思考力、行動力、伝達力、創造力を育成し、次世代のリーダーを育成することを主題にしたものである。それを達成するための具体的な目標は、以下の3点である。

①オレンジグレンハイスクールの生徒や南カリフォルニア大学の大学生と、今年度取り組んでいる課題研究について、現地で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、課題研究を深める。

②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。

③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。

本研修及び事前・事後学習の実施により、「TACCプロジェクト」に基づく思考力・行動力・伝達力・創造力の育成と、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。

（2）実施期間

令和2年2月23日（日）～令和2年2月29日（土）（5泊7日）

（3）参加人数　42名

①引率者

新潟県立新潟南高等学校教員　2名（氏名：土田　拓太・高橋　美和）

②参加生徒

新潟県立新潟南高等学校　普通科理数コース2年生徒27名
普通科普通コース2年生徒13名

（４）研修先及び研修内容

①カリフォルニア大学ロサンゼルス校（UCLA）

UCLA においてキャンパスツアーを行い、その歴史について学んだ。

②カリフォルニア・サイエンスセンター

最先端の科学技術について、施設内見学と館内スタッフとの質疑応答を通じて学習した。スペースシャトル『エンデバー』を見ることができた。

③南カリフォルニア大学（USC）

同大学の学生から、学ぶことについての講義を受けた。また、課題研究を行い、研究に関する知見を得ると共に研究手法について指導・助言を受けた。

④オレンジグレンハイスクール（OGHS）

課題研究の取り組みについて英語を用いて周囲に伝達し、その内容について意見交換を行う技術を身につける。また、科学テーマをはじめ、文化や政治、環境問題などについて、外国の同世代の生徒の考え方を知り、自らの考えとの共通点や差異について考えを深めた。

⑤サンディエゴ動物保護センター

オレンジグレンハイスクールの生徒とバディを組み、アルマジロの生態について講義を受けた。また、施設内の見学を通してアメリカにおける生物の生態を学んだ。

２．２　事前研修

事前研修１

日時　令和元年８月 16 日～19 日
講師　新潟大学教育学部カルメン・ハンナ准教授、新潟県内 ALT６名、本校英語科教員　他
内容　「Presentation and Discussion Skills Intensive Training Seminar」
プレゼンテーション・ディスカッション力養成集中講座
学習内容：英語による日常会話、フォーマルディスカッション／ディベート用の英語表現の学習、プレゼンテーション用の英語表現の学習、Q&A セッションにおける議論の深め方

事前研修２

日時　令和２年１月 26 日
講師　新潟大学教育学部カルメン・ハンナ准教授、新潟県内 ALT・留学生　複数名　他
内容　「Presentation Practice」
アメリカで行うプレゼンテーションと Q&A セッション最終指導

事前研修３

（年間を通じて）

課題研究の実施

①普通科理数コースは週３時間、普通コースは週１時間、授業で課題研究を実施する。

②令和元年８月・９月に中間報告を行い、研究の途中経過を確認する。

③令和元年 12 月に課題研究中間発表会を行い、プレゼンテーション能力を高める。

２．３　行程表（期間：2020 年２月 23 日（日）～２月 29 日（土）７日間）

	月日 (曜)	訪問先等 （発着）	現地時刻	実施内容	宿泊地
1	2/23 （日）	新潟南高等学校発 羽田空港着 羽田空港発 ロサンゼルス空港着 ホテル着	08:00 14:30 16:25 09:25 11:30 15:00	国内貸切バスで移動、羽田空港へ 空路ロサンゼルスへ （日付変更線通過） 入国手続き 空港発、現地貸切バスで移動 UCLA 着 キャンパスツアー AJU（寮）着	ロサンゼルス
2	2/24 （月）	ホテル発 カリフォルニア・サイエンスセンター着 USC 発 ホテル着	09:00 09:00 17:30 21:30	ホテル発、現地貸切バスで移動 見学 USC へ移動（徒歩） 昼食 課題研究発表 指導・助言 現地貸切バスで移動、ホテルへ（道中夕食） AJU（寮）着	ロサンゼルス
3	2/25 （火）	ホテル発 オレンジグレンハイスクール着 オレンジグレンハイスクール発 ホテル着	08:00 11:30 16:30 17:00 18:00	ホテル発、現地貸切バスで移動 OGHS 着、昼食 オープニングセレモニー バディプログラム、見学 ホテル着 夕食	エスコンディード
4	2/26 （水）	ホテル発 オレンジグレンハイスクール着 オレンジグレンハイスクール発	07:00 07:45 16:30	ホテル発、スクールバスで移動 バディプログラム、見学 課題研究発表 学内にて昼食 バディプログラムにより授業参加	

		ホテル着	17:00 18:00	ホテル到着 各自夕食・買い物	エスコンディード
5	2/27 （木）	ホテル発 サンディエゴ動物園着 サンディエゴ動物園発 ホテル着 ホテル発 ホテル着	08:00 09:00 16:00 17:00 18:00 21:30	スクールバスにて 動物園見学・聴講 昼食 バディプログラム 夕食 ロサンゼルスへ移動 ホテル到着	ロサンゼルス
5	2/28 （金）	ホテル発 サンフランシスコ空港発	07:10 10:30	現地貸切バスで移動、空港へ 空路、帰国の途に （日付変更線通過）	機中泊
7	2/29 （土）	羽田空港着 羽田空港発 新潟駅着 新潟南高等学校着	15:20 17:00 22:15 22:30	入国手続き 貸し切りバスにて新潟へ 学校到着	

２．４　事後学習内容

事後学習１

日時　令和２年３月

内容　アメリカ研修後、研修先ごとにレポートを作成し、報告書を作成する。参加生徒を対象としたアンケートを実施する。

事後学習２

日時　令和２年４月

内容　校内で 50 分～60 分程度の報告会を行う。
レポートをもとに、アメリカ合衆国海外研修の内容報告を行い、学習内容の全校生徒への拡充・周知を図る。発表および資料の作成にはプレゼンテーションソフトを利用する。また、発表は英語にて行う。

事後学習３

日時　令和２年３月～７月

内容　現地での課題研究プレゼンテーションに関するディスカッションや指導・助言をもとに、課題研究を進める。

事後学習４

日時　令和２年度中に随時

内容　学校 HP などに報告書を掲載し、広く成果の周知を図る。

２．５　振り返り

カリフォルニア大学ロサンゼルス校、カリフォルニア・サイエンスセンター、南カリフォルニア大学における研修では、施設見学および現地スタッフによる講義を体験した。日本では味わうことの出来ないスケール感に生徒は圧倒されつつも楽しんでおり、学習に対する意欲は大いに高まった。

メインであったオレンジグレンハイスクール（以下 OGHS）における研修では、課題研究の発表を各グループ４回ずつ行った。はじめは台本通りに発表していた生徒も、回を追う毎に相手の様子をよく見て、アドリブを交えながら発表できるようになっていた。一方で課題研究の内容自体に不備があることも否めず、課題研究の質を向上させることが重要であると感じた。

サンディエゴ動物園の訪問では、OGHS のバディと共に一日を過ごした。交流による語学力の向上、他国の文化についての知識の深化などの成果を上げることができた。その中で、アメリカ独自の生態についての理解も深まり、学問についての意欲も向上した。

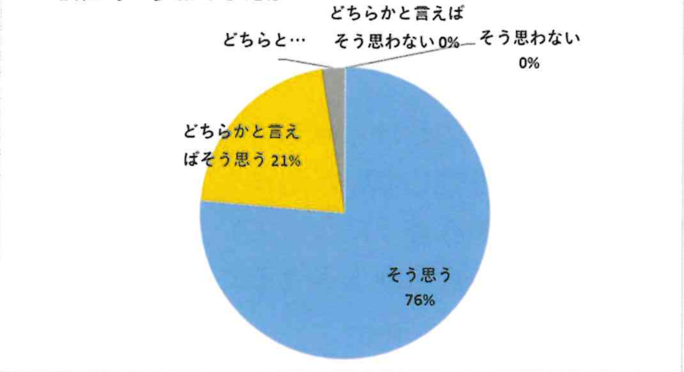
アンケート結果を見ると、生徒達は特に OGHS の生徒との交流が印象に残っているようだった。OGHS で大変お世話になったジェイミー先生からは、ウェルカムセレモニーなど多くの心温まる催し物を企画していただき、はじめは恥ずかしがっていた生徒（または教員）も最後には積極的に英語を用いたコミュニケーションをとることが出来るようになった。

研修全体を通して、生徒達は自由な雰囲気の中、能動的に諸活動に取り組んでいた。この姿勢を忘れず、今後の学びの指針にして欲しい。

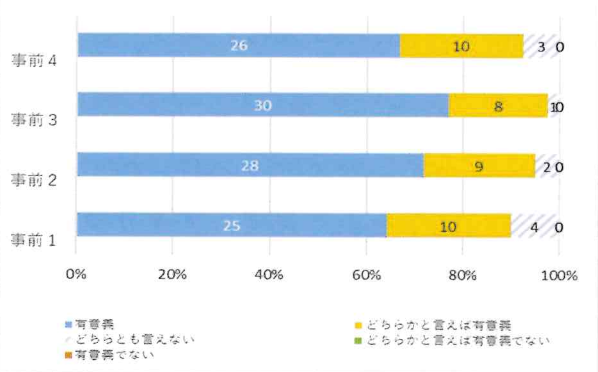
2．６　アンケート集計結果

2．6．1　生徒アンケート

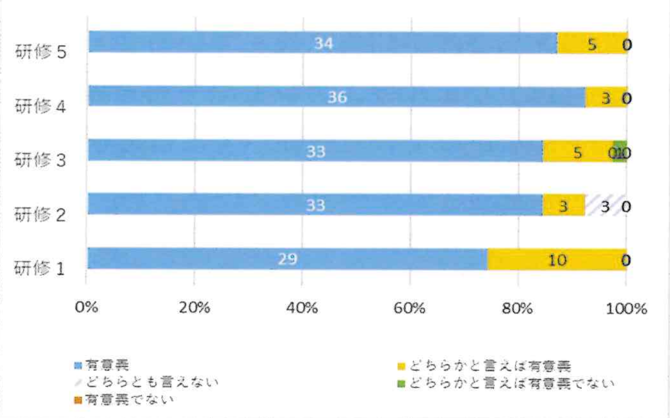
1　積極的に参加できたか



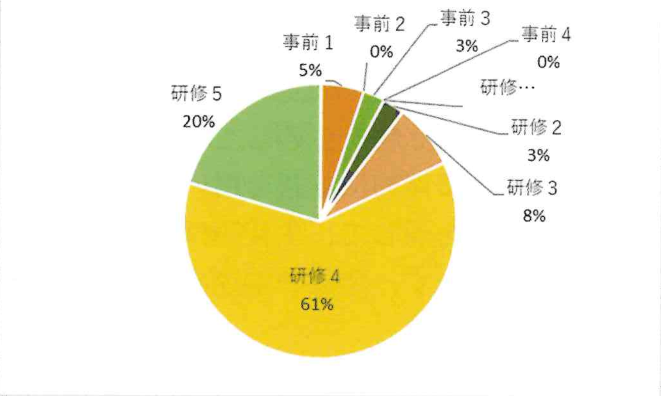
2－1　事前研修は有意義であったか



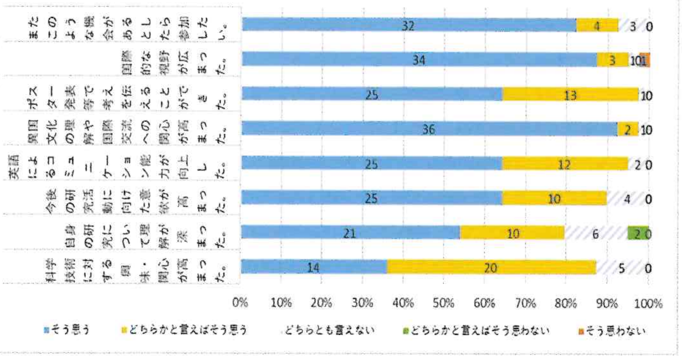
2－2　研修は有意義であったか



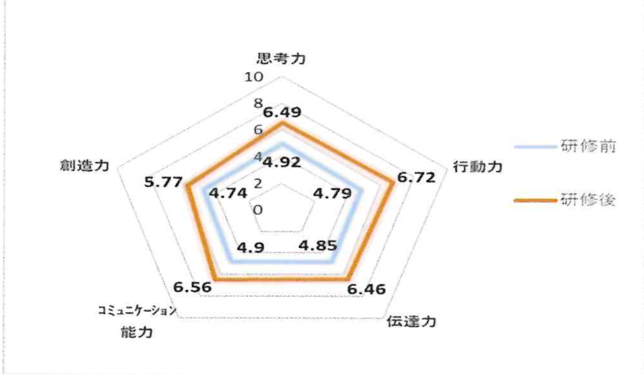
3　最も印象に残っている研修



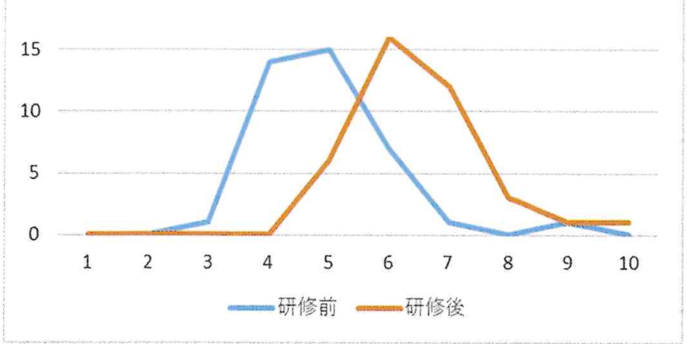
4　興味・関心、資質・能力の変化



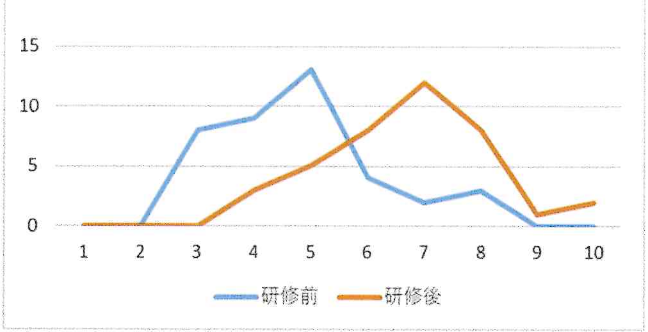
5　能力別の変化



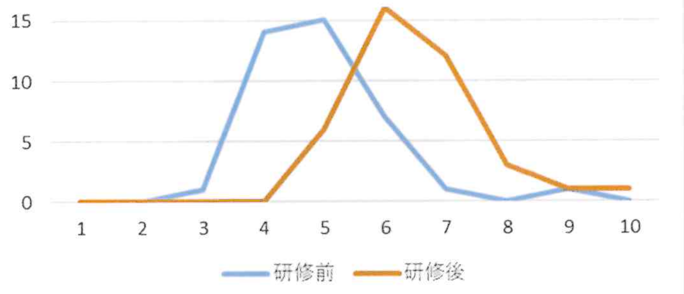
5－1　物事を多面的に深く考察する思考力



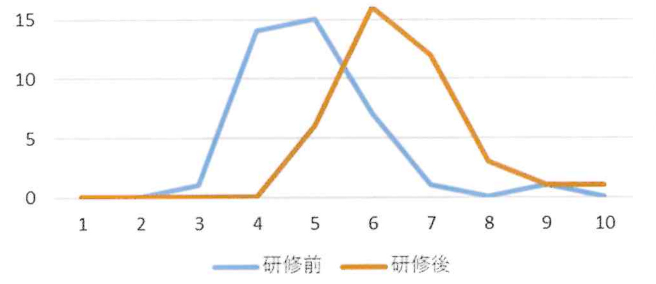
5－2　主体的に活動に参加する行動力



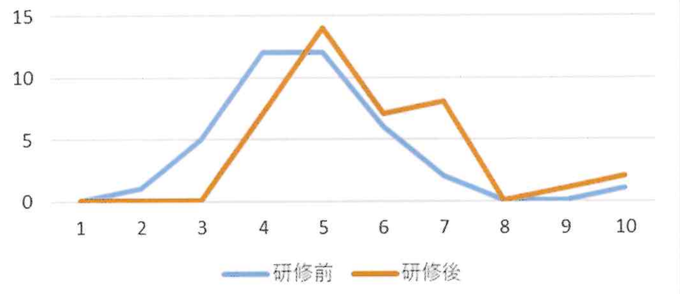
５－３　自身の活動を適切に他者に伝える伝達力



５－４　対話を通じ建設的な意見交換を行う
コミュニケーション能力

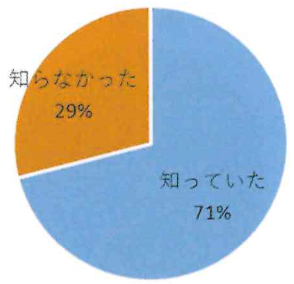


５－５　独創的な発想を生み出す創造力

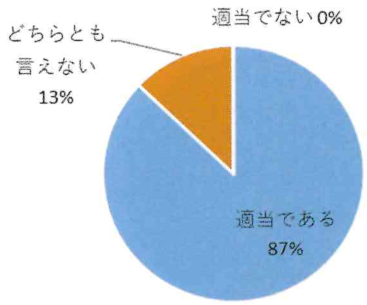


２．６．２ 保護者アンケート

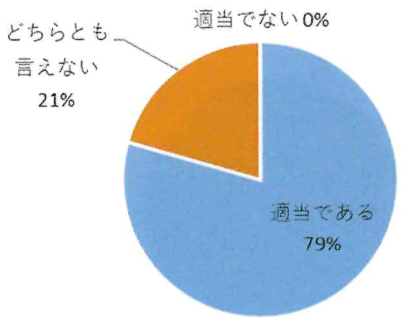
１ 入学前から海外研修を知っていたか



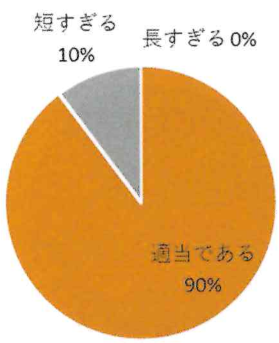
２　アメリカは研修先として



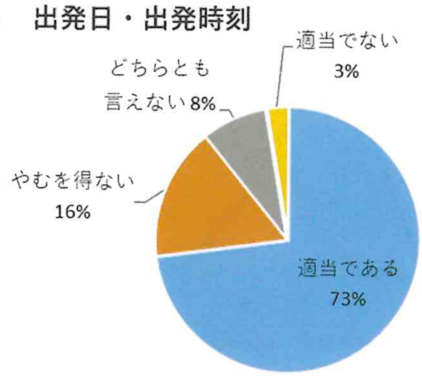
３　研修の目的からみて研修先として



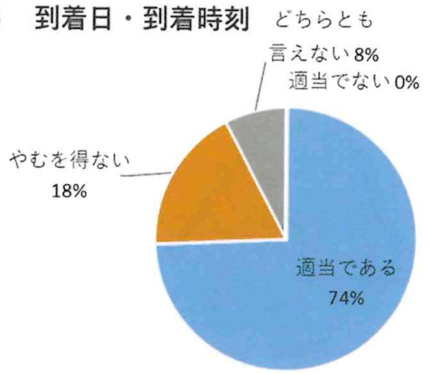
４　研修期間



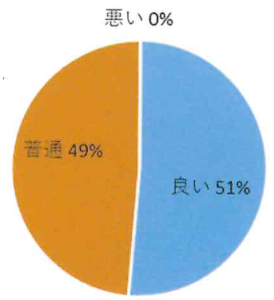
5　出発日・出発時刻



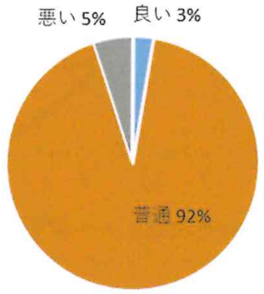
6　到着日・到着時刻



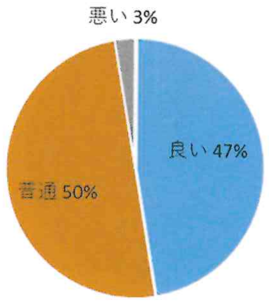
7（1）説明会の日時



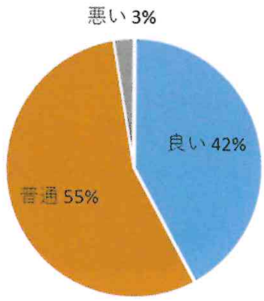
7（2）説明会の回数



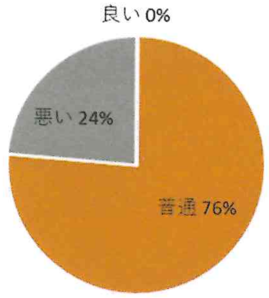
7（3）説明内容



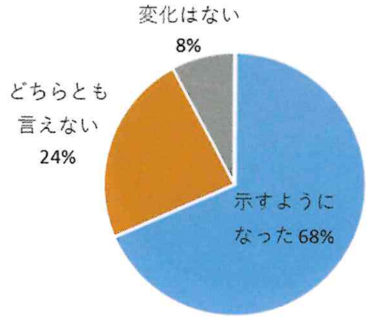
8　業者の研修の企画、運営等



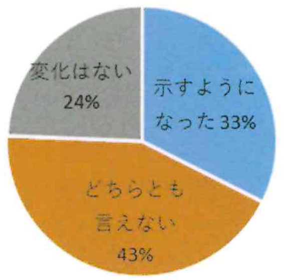
9　研修費用



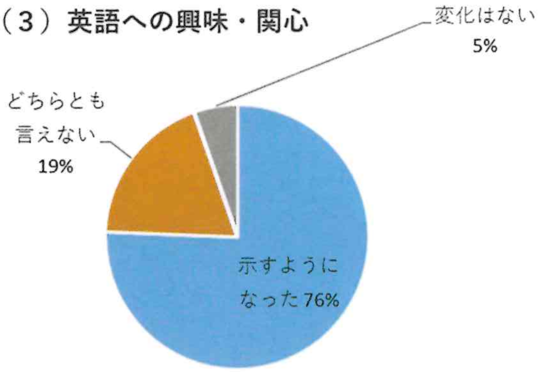
１０（1）海外への興味・関心



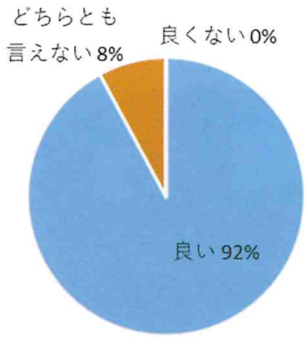
１０（２）科学や科学技術への興味・関心



１０（３）英語への興味・関心



１１　アメリカ研修による生徒への影響



【２月２３日】羽田空港にて
これからの研修にわくわくしています

ロサンゼルス空港に到着！

カリフォルニア大学ロサンゼルス校（ＵＣＬＡ）から研修スタート！

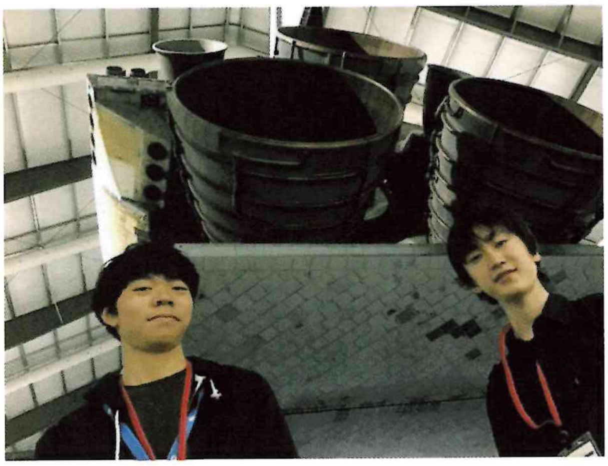
広大なキャンパスを案内してもらいました

UCLA のシンボル（熊）

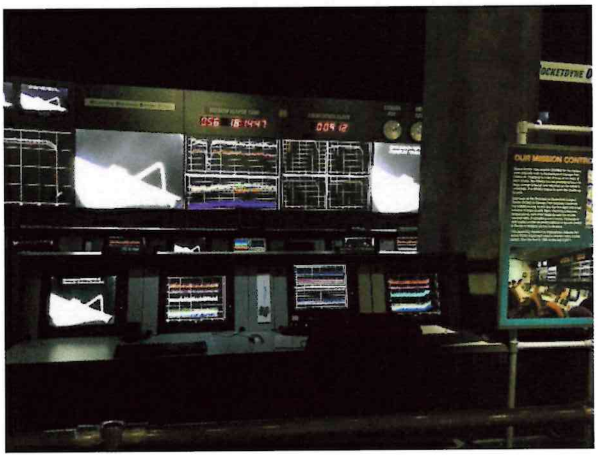
いっしょに記念撮影

【2月24日】カリフォルニアサイエンスセンターにて

スペースシャトル・エンデバーに圧倒されました



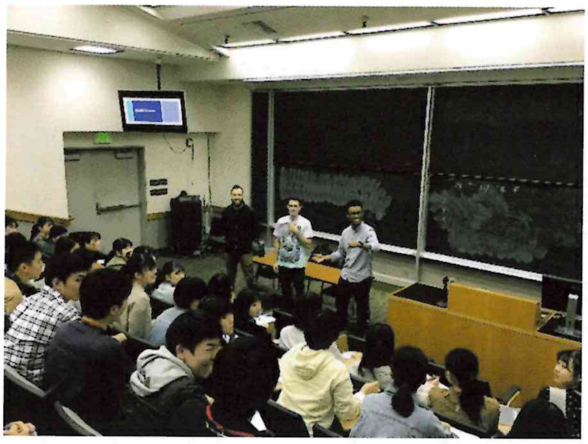
科学がますます好きになりました



アメリカの科学力の高さに驚きました

南カリフォルニア大学（USC）に到着

USC メディカルスクールで、プライベートレクチャーを受講



プライベートレクチャーの講師の皆様

課題研究についてのプレゼンテーションで、たくさんの助言をいただきました

全員がはじめてのプレゼンテーションを終え、ほっとしています

キャンパスを発つのを名残惜しく感じます

【２月２５日】オレンジグレン高校（OGHS）に到着

OGHS の生徒はとても積極的で、すぐに友達になれました

ウェルカムパーティーで、英語の歌と踊りを披露

OGHS でのバディプログラムを通して、友情を深めました

徐々に笑顔で話せるようになってきました

【2月27日】サンディエゴ動物園での研修

OGHS の生徒と共に様々な生物や自然保護について学びました。

アルマジロの生態について英語で講義を受け、実物を触っています

Researching the differences between everegreen barrenwort (Epimedium sempervirens) in Niigata city and Sado island

Niigata Minami High School Kota Toyama Hiromu Tanaka Hinata Ito Yui Morita

<Hypothesis>

If there are significant differences in the flower form between ***E. sempervirens*** from **Sado** and **Niigata**, then they are different species.

<*Epimedium sempervirens*>

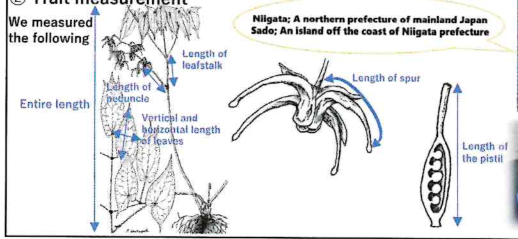
Evergreen Barrenwort (*Epimedium sempervirens*) is a barberry perennial and is located in hills and valleys with heavy snow. Their flowers, which looks like an anchor, are 3 to 4 cm in diameter. Anthesis is April to May. nectar is stored in the spur. The pollinator of this species is **the Bee**.

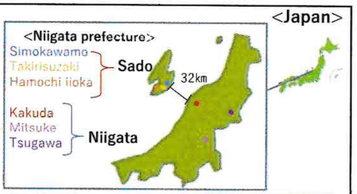
<Background>

Last year, previous research made by our school indicated that ***E.sempervirens*** on **Sado island** and **Niigata** are different species. So, we collected more samples and processed the data to find more evidence. Previous research indicated that the **pollinator** is different. So, we focused on the differences of **the flower**.

<Measurement>

①Field work
We collected and measured *E.sempervirens* on Sado and in Niigata.
We collected approximately 10 samples from various places.
② Trait measurement
We measured the following

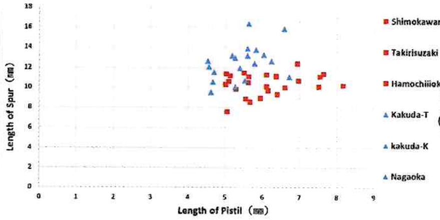




<Results and Observation>

· **Length of Spur**
➡The length of **spur** of *E.senpervirens* from **Sado** is **shorter** than that of **Niigata**. (Fig.1)
· **Length of Pistil**
➡The length of **pistil** of *E.senpervirens* from **Sado** is **longer** than that of **Niigata**. (Fig.1)
· **Average**
➡The difference in data of **R** value, Length of **Spur**(inch) Length of **Pistil**(inch) and Number of **Leaf margin serration** are statistically significant as shown by our P-values. (Table1)
· **Phylogenetic tree**
➡You can find obvious differences and distance in the tree.(Fig.2)

Length of **Pollinator`s proboscis**, which is the part of the body that is like a straw, and length of **spur** is correlated. Therefore, we infer that **the pollinator** in **Sado** and **Niigata** are **different**. And this means ***E.sempervirens*** in **Sado** and **Niigata cannot** be cross pollinated even when they are close together. This supported our hypothesis,
It is highly possible that *E.sempervirens* in Sado is Different species from one in Niigata.



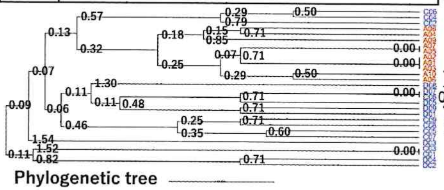
Graph of Pistil and Spur ▲…Niigata ■…Sado

Fig. 1

Average and result of T.test

	R	Length of Spur(mm)	Length of Pistil (mm)	Leaf margin serration
Sado	3.85	12.8	5.98	16.9
Niigata	5.55	17.1	5.43	53.2
P - value	1.9×10^{-2} ＊	1.8×10^{-18} ＊＊	2.1×10^{-4} ＊＊	3.1×10^{-11} ＊＊
	P<0.05 * P<0.001 **			

Table 1



Phylogenetic tree

Fig. 2

<Future plans>

We will take pictures of pollen of each samples by using electronic microscope to inspect difference between *E.sempervirens* in **Sado** and ones in **Niigata**. We will bring samples from **Sado** to **Niigata** and do pollination experiment. Additionally, we will compare each ***E.sempervirens*** with *Epimedium* and *E.koreanum*, which are related species.

How comfortable is a wasp`s nest?

Niigata Minami High School Takuma Koshiba Yuho Komori Kotomi Yamagiwa Reina Yoshiara

Research background and Purpose

Vespa's nest has a structure in which the nurseries are covered with an outer envelope. On the other hand, paper wasp (*Polistes*)'s nest has a structure in which the nurseries are exposed. We think that *Vespa*'s nest need more ventilation than paper wasp's nest for temperature control and to allow larva to breathe easily. Therefore ,our hypothesis is that " *Vespa*'s nurseries have higher ventilation than paper wasp's nurseries".

Experimental method

(1)We collected nests and cut out each part of them into thin segments.

Figure 1 Japanese *Vespa* (in Niigata University)

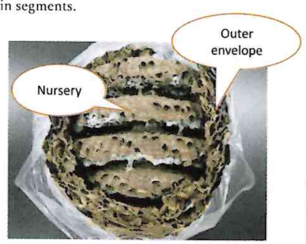


Figure 2 a Nest after nesting (2019.5.21Gathering)

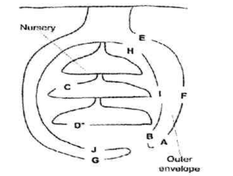


Figure 2 b Measurement points (＊Nursery)

Measurement points
[A]Outside entrance
[B]Inside entrance
[C]Upper nursery
[D]Nursery wall
[E]Outside of the upper part of the outer envelope
[F]Outside of the middle part of the outer envelope
[G]Outside of the lower part of the outer envelope
[H]Inside the upper part of the outer envelope
[I]Inside the middle part of the outer envelope
[J]Inside the lower part of the outer envelope

(2)We researched the speed(cm/s) at which air passes through the chips by using a handmade experimental device (figure 3 and 4),and calculated the ventilation(ml/cm^2・s).
(3)We removed protein from the segments with KOH(0.5mol/L)and calculated the ventilation in the same way as (2).
*We measured the ventilation of each of 10 segments 40 times. We averaged each segment ,then found the median of the average of all 10 segments.

Figure 3 Experimental device

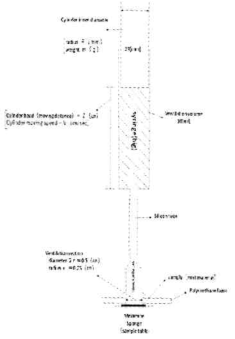


Figure 4 Experimental device

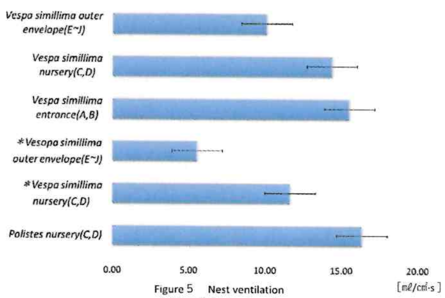


Figure 5 Nest ventilation
＊After KOH treatment.

Result

・In the *Vespa's* nests, the nursery had higher ventilation than the outer envelope, which was statistically significant.(P<0.05)
・No significant difference in ventilation was observed between paper wasp's nest(nursery)and *Vespa*'s nest(nursery).(P>0.05)
・The outer envelope after KOH treatment had lower ventilation than outer envelope before treatment, which was statistically significant.(P<0.05)

Discussion

In the *Vespa*'s nest ,the nursery ,which is used continuously ,had high ventilation allowing larva to breath easily and the temperature to be regulated. The ventilation of the outer envelope is changed according to the season. The third experiment showed that oral secretions may increase the ventilation of the nest. We plan to research the relationship between the content of the oral secretions and ventilation.

Apple Peel's Potential!

～Antibacterial Property and Biodegradable Plastics～

Niigata Minami High School : Mana Ishimoto Erika Sano Shunto Nabata

Purpose

In Japan, we throw away the fruit peels without any thought. We want to reduce the waste of fruit peels. So, we researched about their antibacterial properties and how to make biodegradable plastics out of them.

【Research 1】 biodegradable plastics

Experiment①

【Synthesizing plastics from fruit peels】

	extract	glycerol	vinegar	water
①apple	30ml	5.0ml	5.0ml	100ml
②mandarin	50ml	10ml	5.0ml	100ml
③persimmon	70ml	5.0ml	5.0ml	100ml

Mix

Heat for 5-10 minutes to remove the moisture.

Cool for one week

Result①

We created sheets of plastic from apple peels and persimmons.

We could not make plastic from mandarins as the mandarin compound never fully dried.

Apple plastic

Experiment② 【Biodegradability】

We cut synthesized plastic sheets from the apple peel compound into 2cm squares. We then buried these in the ground.

Result②

The sheets of plastic from apple peels decomposed by 23% after 2 weeks.

Post decomposition

【Research 2】 antibacterial property

Experiment①

【Fruit peel's antibacterial property】

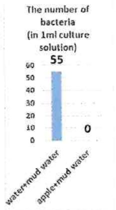
①apple
②mandarin
③persimmon

peel + Phosphate buffer + supernatant (dirt + water)

24 hours

Bacterial levels increased

Tested bacterial levels

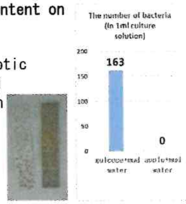


Result①

Apple peel's extract had antibacterial reducing properties.

Experiment② 【Effect of sugar content on bacterial cultures】

High sugar content can have antibacterial properties due to osmotic pressure. We compared the apple peel extract with a glucose solution with the same amount of sugar (3.9%).

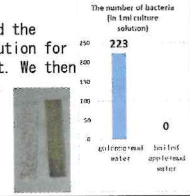


Result②

Sugar content did not negatively impact bacterial growth.

Experiment③ 【Effect of heat on bacterial cultures】

Heat may denature the antibacterial properties of apple peels. We boiled the glucose solution and apple peel solution for 3minutes. Then added the supernatant. We then measured with suncoli testing paper.



Result③

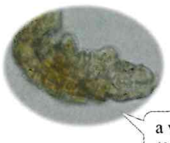
Heat did not effect the antibacterial properties of the apple peel.

Conclusion

1. We succeeded in creating a sheet of biodegradable plastic from the apple peel compound.
2. Sugar content did not negatively impact bacterial growth. So, we found that apple peels have antibacterial properties. Apple peels' antibacterial properties were not effected by heat. We think apple peels' antibacterial properties can help to improve soap's antibacterial properties.
3. In the next experiment, we will create soap with apple peels and without to compare the antibacterial properties.

Reviving Cells Of Water Bears !?

Niigata Minami High School Kato Kotaro Tanaka Yumi Hatano Wakako Horikawa Hinata



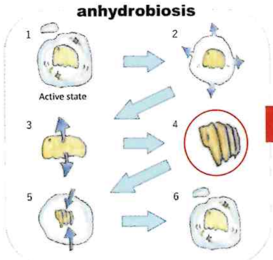
a water bear (*Macrobiotus sp.*)

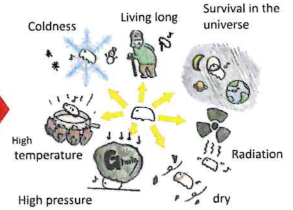
Abstract

we experimented to see if the different kind of **water bears** (***Macrobiotus sp.***) from previous research can go into anhydrobiosis with only their cells.

・A water bear (Tardigrade) is an organism that can survive many harsh environments.

・**anhydrobiosis** is the process to get over severe situation with water bear.



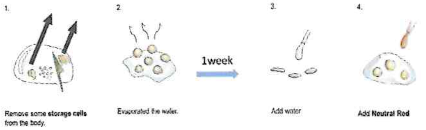


Tolerance of a water bear

Experiment & Result

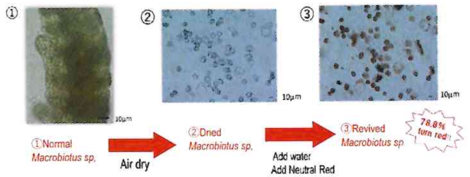
come back to life with no brain

Purpose



・**Storage cells** are the biggest cells.

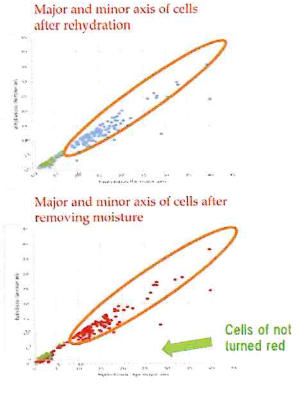
Result



・counted the number of the storage cells at ② and ③ situation.

→about 80 percentage was living.

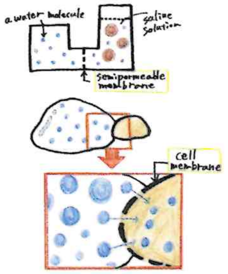
・measured axis of cells and compared



→There was almost no difference in cell size after anhydrobiosis and adding water

Discussion

Macrobiotus sp. that were bigger than 10 μm came back to life those smaller than 10 μm did not ,so success rate of anhydrobiosis small cells was low. We believe these cells had already died or were not water bear cells.



Conclusion

Storage cells of macrobiotus could undergo perform anhydrobiosis .

Future perspective

We will make saline solution instead of water (used in procedure 3) in order to study under a preferred environment for *Macrobiotus sp.* If we do so, saline will avoid storage cells from changing the shapes by osmotic pressure.

Bibliography

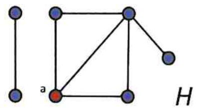
・Daiki Horikawa (2017) 「クマムシ博士のクマムシへんてこ最強伝説」(Dr. water bear's strange and strongest legend)
・Takahiro Kikawada (2014) 「ネムリユスリカの不思議な世界」(*Polypedilum vanderplanki's* mysterious world)
・Takahashi (2018) 「最強生物になるしくみとは！？」(The Strongest Creature Alive; Water Bears!?)
・Watanabe,M.,Kikawada,T.,Minagawa,N.,Yukuhiro,F.&Okuda,T.Mechanism allowing an insect to survive complete dehydration and extreme temperatures.J.Exp. Biol.205,2799-2802(2002)

Determination of Hamiltonian Graph

Niigata Minami HS
Hiroto Kumakura
Shunsuke Onuma
Ryo Moriyama
Kaisei Mesaki

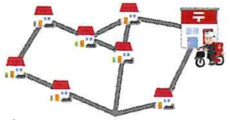
〈What Is a Graph〉
It is a set composed of vertices and edges, which models phenomena and relationships. It is utilized in society in many ways (e.g. car navigation system).

〈Hamiltonian Graph〉
Graphs that include a cycle, which travels each vertex of the graph exactly once.

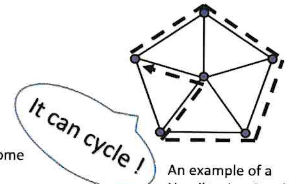


V(H)=7, E(H)=7, k(H)=2, $d_H(a)=3$

〈Usage of Hamiltonian Graph〉



Hamiltonian graphs can make our daily lives more effective. When you want to visit every house of your neighborhood and return home, you can find a more efficient way by adapting the concept of Hamiltonian graphs.



An example of a Hamiltonian Graph

〈Background And Purpose〉
We found that the converse of the original theorem has a defect in proving that some graphs are not Hamiltonian graphs. So, we decided to create a system that better determines what is a Hamiltonian graph, and what is not.

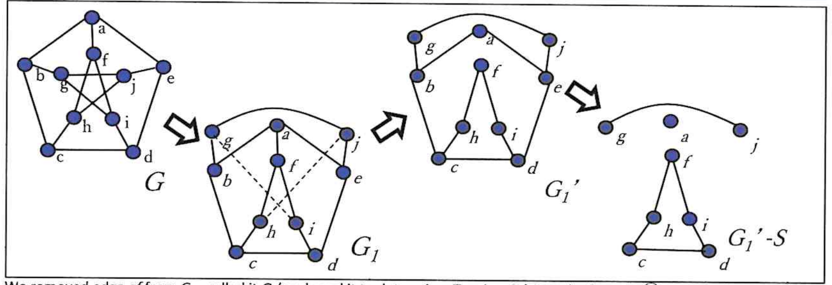
Original Theorem :
If a graph is a Hamiltonian graph, the following inequality is proved. ($S \neq \phi, S \neq V(G), S \subseteq V(G)$)

$$k(G\text{-}S) \leqq |S| \cdots ①$$

We assume both Hamiltonian graph includes Hamiltonian cycle and a Hamiltonian graph is a planar graph.
Then, we guide the new method by using ①.

Remove minimum number of edges from graph G, to make the planar graph G_1. Remove the edges connecting vertices that are adjacent to just two other vertices, whose degree is 2 (v_1, v_2), to make the graph G_1' (do not remove the two edges connecting v_1 and v_2).
Then determine if Hamiltonian with the graph G_1'. If a graph is a Hamiltonian graph, the following inequality is proved. ($S \neq \phi, S \neq V(G_1'), S \subseteq V(G_1')$)

$$k(G_1'\text{-}S) \leqq |S| \cdots ②$$



We removed edge *af* from G_1, called it G_1' and used it to determine. Turning G_1' into the formula ②. As a result, when we set $S=\{b,e\}$, $|S|=2$ and $k(G_1'\text{-}S)=3$, it doesn't meet the inequality. So we succeeded in proving that the graph G is not a Hamiltonian graph.

〈Future Perspective〉
We were able to find a more accurate method to determine if Hamiltonian, but this method is not correct in every circumstance, so we want to determine if Hamiltonian by perfecting a method to eliminate all error.

The Effect of Wind Speed on Fluttering and How it Effects Air Distribution

Niigata Minami High School Shunpei Maruyama Togo Yano Taiki Tomatsu

1 Context and Goal

Two air conditioners are put in the front and back of each classroom at Niigata Minami High School. There is a problem that the room can't be completely cooled down . So we want to make the classroom comfortable by taking advantage of the "Fluttering" phenomenon.

2 Method

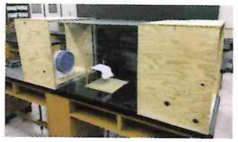


Photo1 The wind tunnel we made

1, Put the flag in the wind tunnel(Photo1), and blow the wind on the model by using a circulator.
2, Calculate the angle of wind distribution(Photo2 and Chart1) by creating two intersecting lines based on the highest point and lowest point of the flag, then finding the angle.
3, Record object fluttering in the wind tunnel at university(Photo3 and Photo4).
4, Analyze of object fluttering by using motion capture(Photo5).

3 Result

Line①:Level to the ground
Line②:Tangent to a curve
Photo2 How to calculate angle of air distribution

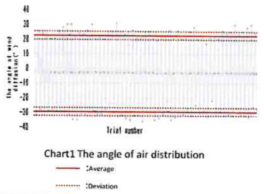


Chart1 The angle of air distribution

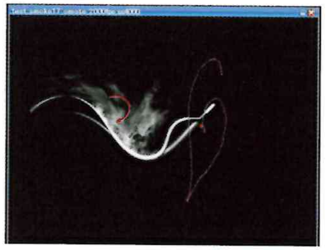


Photo3 How the wind flows on the surface of the flag

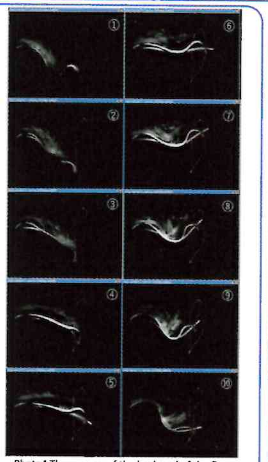


Photo4 The process of the back end of the flag

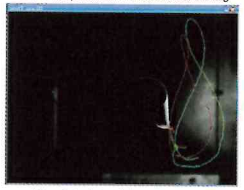


Photo5 Analysis of object fluttering by using motion capture

4 Observation

From Photo2
・There is a diffusion effect of wind both negatively and positively.

From Chart1
・The airflow was consistent.
・There was moderate amount of diffusion.
・Wind diffuses equally.

From Photo 3
・The wind blew , making a vortex.
・We guess the vortex made the surface up.

From Photo4
・We cut one cycle of object into ten moments.

From Photo5
・The back end took trace of figure of 8.

5 Conclusion

We tested only one type of wind and flag, so we will conduct experiments with different variables next time. And we will analyze fluttering of the object by Fourier analysis to make the fomula.

Creating a Robot Which can Erase The Writing On a Whiteboard Automatically

Niigata Minami High School Ko Kosugi Chihiro Tamai Shotaro Nakajima Tomohiro Hotta

1. Background・Purpose

・ Today, various things are becoming automatic in the world, so we thought what we can automate, and came up with a automatic whiteboard cleaning robot.

・ We made a robot which can attach to a whiteboard parallel with a whiteboard .

【LEGO MINDSTORM and LEGOBLOCK】

2. The way of research and result

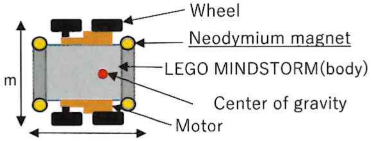
We used LEGO MINDSTORM and LEGOBLOCK.

【Experiment1】

We attached neodymium magnet to the robot (see Picture 1)and made the robot move on the whiteboard.

【Result 1】

The robot could move on the whiteboard, but could not stay attached to it.



【Picture 1(from below)】 Weight of robot is 582 g .

【Experiment2】

To improve the robot's direction, we changed the number of wheels from 4 to 2. Also, we changed the position of motor in order to put the center of gravity in the center of the robot(see Picture 3).

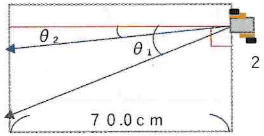
【Result 2】

The angle that the robot shifted decreased drastically.

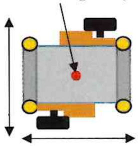
The angle before changing the position of motor $\theta_1 = 30°$

The angle after changing the position of motor $\theta_2 = 8°$

(Both of experiment ,we took the averages three times.)



【Picture 2 whiteboard】



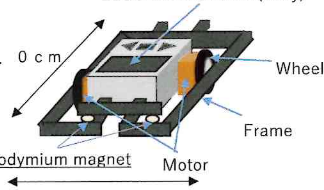
【Picture 3 (from below) 】
Weight of robot is 550 g .

【Experiment 3】

To prevent the robot from falling, we fixed the wheels strongly by attaching a frame to the body(see Picture 4).

【Result 3】

The robot could go straight parallel with floor.



【Picture 4】
Weight of robot is 610 g .

3. Discussion

We thought the connection between the body and motor was enhanced by attaching frame. The vibration of the robot created by the rotation of the wheels was reduced by attaching the frame to the body.

4. Future perspective

We will attach cleaner to the robot in order to erase the writing on the whiteboard.

The Effect of Different Sized Ellipse Obstacles on The Size of A Tsunami!

Niigata Minami High School Okochi Shiho・Endo Karen・Kobayashi Hiyori・Shibukura Toko

〈Introduction〉

Tsunamis are a disaster which causes great damage to our lives and property. Especially in Japan, where tsunamis are frequent, the damage is a serious issue. Therefore, we tried to reduce a tsunamis' damage by using nature of fluid going around an object, which is mechanism of the artificial upwelling.

〈Hypothesis〉

If the size and width of ellipse obstacle increases, then the area of contact with wave increases, and the wave height decreases.

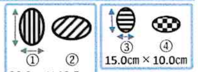


Fig.1 obstacle

1st Experiment

〈Methods〉

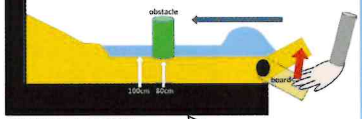


Fig.2 tsunami generator

〈Result〉

The wavelength was too short → Pulse wave

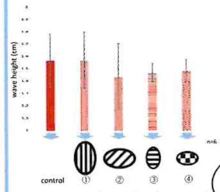


Fig.3 Average of wave height around the obstacle

No significant difference

〈Discussion〉

There was no significant difference. In the 1st experiment, the wavelength of the generated wave was too short to be called a tsunami.

2nd Experiment

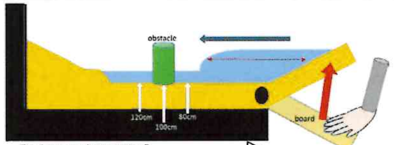


Fig.4 tsunami generator2

The wavelength was long enough → Tsunami

②, the wave height after obstacle was lower than the wave height before obstacle.

①③④ was not significantly different from the control.

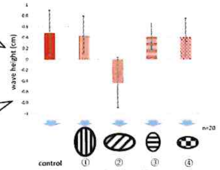


Fig.5 Average of the difference in wave height before and after colliding with obstacle

The large horizontal obstacle decreased the wave height because it was affected by the wave bouncing the side of the generator. Our date showed that ellipse obstacle have no effect on reducing the wave height.

〈Future Prospect〉

We will focus on the mechanism of the wave flowing the obstacles, and proceed with experiments to find which shapes/size/place obstacle can reduce the tsunami the most.

〈Reference〉

・Honda,K.(2012). Development of a mound-type upwelling fishing ground using large fishing reef blocks.2. https://www.jstage.jst.go.jp/article/coj/51/7/51_578/_pdf/-char/ja.01/23/2020

・Hiroki,S.(2011). Development of flip-up tsunami teaching material in junior high school science.1-4. https://www.akitac.ed.jp/~ckyk/kyoukakenkyu/rika/rika%20jugyou%20hint/h23tsunami/tunamikyouzainokaihatu.pdf.01/23/2020

To Create Eco-Friendly Herbicide from Sorbic Acid and Methanol, In Reference to Goldenrod's Natural Herbicide.

Niigata Minami High School　Kazuya Abiko　Yuki Saita　Mikio Shimizu　Masaharu Watanabe

Goldenrod plants（*Solidago altissima*）have a compound, cis-dehydromatricaria ester （cis-DME） which prevents other plants from growing. Our goal is to synthesize a compound similar to cis-DME and use it as an eco-friendly herbicide.

Figure 1　Goldenrod plants

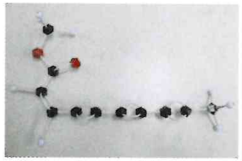


Figure 2　cis-DME

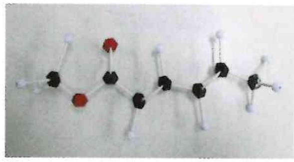
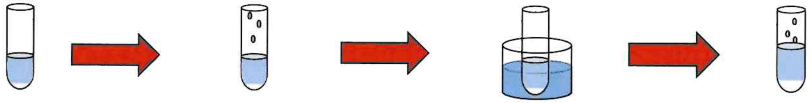


Figure 3　Sorbic Acid Methyl Ester (hereafter,SAME)

Method

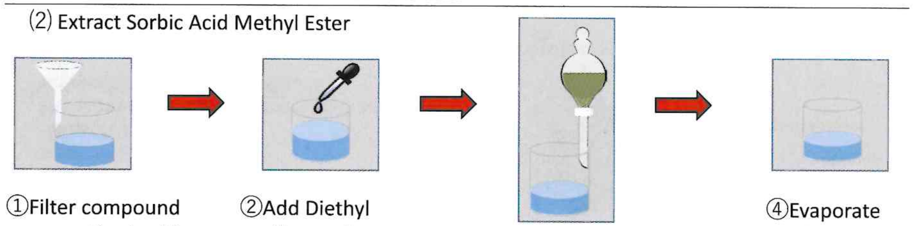
Experiment 1

(1) Synthesis of SAME



Dissolve Sorbic Acid In methanol → Add a few drops of concentrated sulfuric acid → Soak in 60℃(140℉) water → Neutralize

(2) Extract Sorbic Acid Methyl Ester

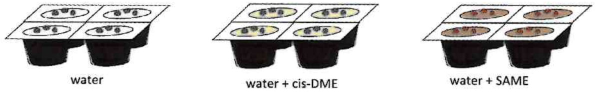


①Filter compound we synthesized in experiment 1(1). → ②Add Diethyl ether and water. → ③Separate SAME and Diethyl ether from ②. → ④Evaporate Diethyl ether from ③.

(3) Identification of SAME

We used three devices to analyze compounds we synthesized in experiment 1(1).
We conducted this experiment at Niigata pharmaceutical university.

Experiment 2 Germination Test



Put 100 Japanese Radish's seeds in each planter and observe for 7 days.

Result

Experiment 1

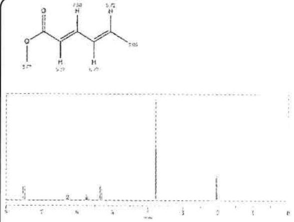


Figure 4 Model of hydorogen in SAME

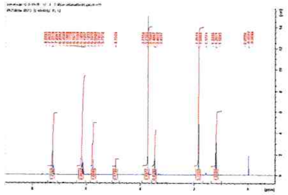


Figure 5
Model of hydorogen in synthesized compound

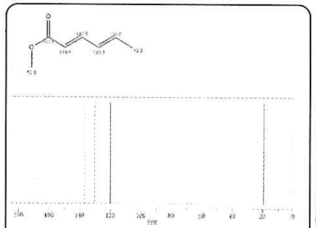


Figure 6 Model of carbon in SAME

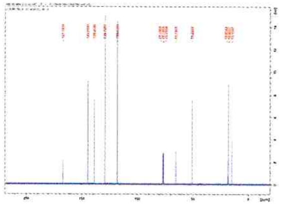


Figure 7
Model of carbon in synthesized compound

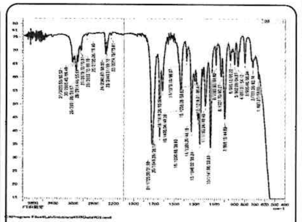


Figure 8 IR analysis of SAME(model)

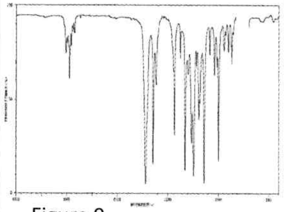


Figure 9
IR analysis of synthesized compound(result)

Experiment 2

Figure10　water

Figure 11　water + cis-DME

Figure 12　water + SAME

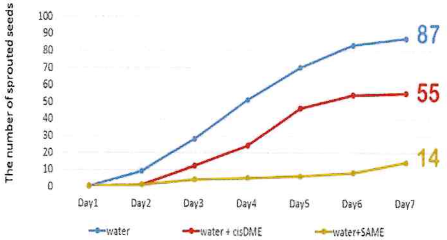


Figure 13　Recorded observations of Japanese radish

Conclusion

According to Experiment 1, it is certain that the compound we synthesized is Sorbic Acid Methyl Ester.
According to Experiment 2, Sorbic Acid Methyl Ester prevents plants from germinating like cis-DME.

Changes in Potassium Alum Crystals by Adding Sodium Glutamate.

Niigata Minami high school Nao Ikarashi Ayaka Kawase Kanako Hamada Muku Yokota

【Purpose】

We wondered what would happen if sodium glutamate was added to the formation of alum crystal. We especially focused on formation rate with sodium glutamate and observed the change.

Recrystallization

When the temperature of a saturated aqueous solution is gradually lowered from a high temperature, solids that were previously dissolved compered reappear. This phenomenon is called recrystallization. We used the solubility difference between 60℃and25 ℃.

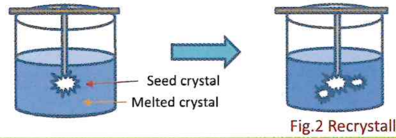


Fig.2 Recrystallization

【Experiment1】

(1)We prepared three beakers, and added 50ml of water and 28g(0.015mol) of potassium alum dodecahydrate to each.

(2)We heated potassium alum dodecahydrate to 70 ℃ to melt it.

(3)A wire was fixed to a stick, and was heated. We pierced a seed crystal of approximately the same size.

(4)We adjusted the solutions to 60 ℃.

(5)We immersed the crystal in the beaker solution.

(6)These beakers were put into 25 ℃ water. A beaker was removed at 10 min, 15 min and 20 min intervals. The seed crystals were taken out and dried for 1 day.

(7)We weighed the dried crystals.

【Experiment 2】

(1)In a 50ml beaker, we added 50ml of water, 28g of potassium alum dodecahydrate and 2.5g of sodium glutamate.

(2)We performed the same operation as steps (2) to (5) in experiment 1.

(3)These were left in 25℃ water. After 20 minutes, these were removed, we dried the crystal for 1 day.

(4)We compared weight with the control.

【Results1】

The weight of alum crystals increased by 0.56g in 20 minutes.

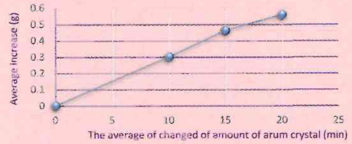


fig.1 The average of changed amount of alum crystal.

We set the time to 20 minutes in Experiment 2 because a grater amount of crystal was formed.

【Results2】

Control were heavier than those with sodium glutamate.

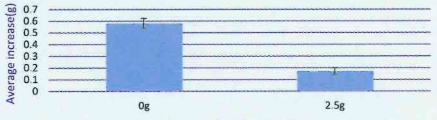


Fig.4 The change of average of weight of alum seed crystals.

Fig 3 Experiment 1 (2)

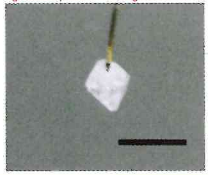


Fig 4 Alum crystal with sodium glutamate 10mm

【Conclusion】

It is shown that the formation rate was decreased by adding sodium glutamate.

【Future outlook】

We want to experiment with other substances similar to sodium glutamate and see its effect on alum crystal formation.

【References】ゆきえ ちょっとした工夫で豊かな生活を https://richlife100.com by yukie2020 (2020.1.24)
埼玉大学 埼玉大学http://www.saitama-u.ac.jp/ (2020.1.24)

The Development of an ECO-Friendly Magnetic Paint

Niigata Minami high school Hiroya Kobayashi Yuta Tenjikukatsura Seia Inazuki Kazuki Inukai

Key word : Hand-made Paint Eco-friendly Magnetism

Purpose

Today, paints are used widely around us, but they are NOT eco-friendly because they use organic solvent. So, we made original eco-friendly paints for use in plastic models. Moreover, in order to improve "function" as paints, we decided to magnetize them.

Ex1.How to make aqueous paint

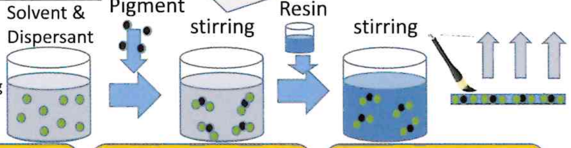
Pigment : Oxide titanium (TiO_2) 5g

Dispersant & Solvent

: 10% solution of Polyvinyl alcohol (PVA) in water 20g

: { Animal Glue (Protein like Collagen) 20g}

Resin : Polyvinyl Acetate 10g



Compatibility between Pigment and Dispersant and Time for stirring are IMPORTANT

Good Dispersion makes Smooth Surface

Ex2.Three primary colors with eco-friendly irons pigments

※Method of experiment based on Ex1 but we use PVA only

1.RED

Pigment : Iron(Ⅲ) oxide Fe_2O_3

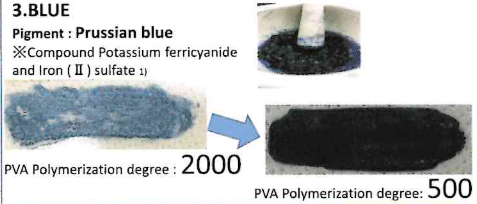
2.YELLOW

Pigment : Yellow iron sesquioxide

3.BLUE

Pigment : Prussian blue

※Compound Potassium ferricyanide and Iron (Ⅱ) sulfate 1)



PVA Polymerization degree is very important for Pigment Dispersion

Ex3.Magnetic Paint

Pigment : Triiron tetraoxide (Fe_3O_4)

Dispersant : PVA(Polymerization degree : 500)

Meticulous stirring makes good paint

Future plan

- To create graphs comparing time and pigments dispersion in solvents, and coating surface smoothness and pigments dispersion in solvents.
- Making new functional paints such as color changing , heat resistance and reflective paints.

References 1) http:/blog.livedoor.jp/tak_tak0/archives/51845987.html

江風グローバル研修
（アメリカ合衆国研修）
報告書

1　SFコース

1．1　研修概要

（1）　実施目的

新潟県立新潟南高等学校では、平成30年度より第4期SSHの指定を受け、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」の深化と、新潟市の中心校として「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」に取り組んでおり、第3期4年目以降、取組を全校生徒へ発展的に拡充している。平成29年度より理数コース以外の普通科（以下普通コースと記す）にも課題研究を導入、平成30年度からは1年次の総合的な学習（探究）の時間を用いた取組「江風探究ユニット」を開始し、これまで以上に深い探究を目指し、全生徒を対象として実施している。平成29年度からは海外研修の実施時期を2年次末とし、自身の課題研究の研究成果を発表するとともに、現地教育機関・研究機関などと事前に共同研究を行い、その内容についてディスカッションを行うなど、課題研究のより一層の充実を図ることを目的としている。

昨年度は、一昨年度のサンディエゴ方面から、より発展的な内容に一新するため、基礎研究からイノベーションの創出に至る具体的かつ優れた事例を数多く有するシリコンバレー等の、いわゆるアメリカ西海岸ベイエリア方面に研修先を変更した。

参加生徒に実施したアンケートより、自身の課題研究に対する指導・助言による今後の研究の深まりへの期待はもちろんのこと、科学技術に対する興味関心や研究活動への意欲の向上、国際的な視野の獲得や英語によるコミュニケーション力の向上など、様々な項目で高い満足度が得られていることが示された。「TACCプロジェクト」に基づく能力の伸長に関する自己診断においても、全ての項目で大きな向上が見られるなど、非常に有意義な研修となった。

一方で、初めての研修先ばかりであったために、事前研修などの相互の連携については改善の余地があったことが反省として残った。前回の訪問により得られた関係性を強化し、継続的な共同研究や交流を一層深め、調査内容に対して自分なりの仮説を設定し事後に検証を行うなど、事前・事後研修との連動性を高めた研修とする必要があると考えた。

加えて、世界の最先端技術を有する企業が多数集まる地域の事例から、現在行っている研究からイノベーション創出までの具体的な事例や手法など、新たな知見を獲得させることで、課題研究の深まりとともに、発信力・表現力の向上や、社会参画意識を高める必要があると考えている。

現地での課題研究の成果発表や発展学習を中心に、科学技術系の研究者を志す生徒を中心とした生徒の課題研究の深まりと、イノベーション創出への意欲喚起を目的として、また、帰国後の本校・地域への研修効果の波及を目指し、令和2年2月に『SSHアメリカ合衆国海外研修』を行う。

研修先は、アメリカ合衆国カリフォルニア州サンフランシスコ市郡・サンタクララ郡・アラメダ郡・スタンフォードとする。理由と目的は、以下の5点である。

①サンタクララ郡クパチーノ市の高校生やアラメダ郡バークレーの大学生と、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本校で、すでに生徒が行っている課題研究テーマや、興味のある研究分野について先進的な研究を行う機関がシリコンバレーを中心とするサンフランシスコ周辺に多数存在し、教授陣や大学生と事前に共同研究を行った上で現地機関を訪問し、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の意識をより高めることができる。

③シリコンバレー地区における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、「TACC プロジェクト」に基づく思考力・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。

（２）実施期間

令和２年２月 23 日（日）～令和２年２月 29 日（土）（５泊７日）

（３）参加人数　21 名

①引率者

新潟県立新潟南高等学校教員　２名（氏名：奈良　俊宏・佐藤　豪）

②参加生徒

新潟県立新潟南高等学校　普通科理数コース２年生徒 15 名
普通科普通コース２年生徒４名

（４）研修先及び研修内容（ア 研修内容、イ 手法、ウ 効果）

①エクスプロラトリアム

ア 研修内容

体験型の博物館として世界的な先駆けである同施設の展示から科学の原理について学ぶとともに、それらの学術的な理論をより効果的に発信・表現する方法を学習する。

イ 手法

本校生徒が同施設を訪問し学芸員からの講義を受ける。その後、①の内容に関して、高校で学んでいる学問との具体的な関連について事前に作成したレポートと設定した仮説をもとに、本校生徒と学芸員との間で質疑応答形式のディスカッションを英語で行う。また、その展示における工夫点や発信の手法について考察し、学芸員に疑問点を英語で質問し回答を得る。

ウ 効果

これまで授業で学んできた様々な自然科学の基礎理論の応用・発信の方法について、展示を通して実際に体験することで理解を深め、今後の課題研究や進路探究活動へのより主体的に取り組むことが期待できる。また、その展示の手法や発信の仕方を深く考察することで、自身の研究成果をより効果的に周囲に伝える伝達力と、発展的に活用するための提案力の向上が期待できる。

②カリフォルニア大学バークレー校

ア 研修内容

世界最先端の研究機関のひとつであり、著名な研究者を多く輩出する同大学で進められている自然科学系の研究内容や具体的な研究活動について学習する。また、自身の課題研究に関する最新の知見を得るとともに研究手法について指導・助言を受ける。

昨年度初めて訪問し、帰国後の課題研究の深まりという点で良い効果が得られた。一方で、同大学で進められている研究についての事前学習が不十分であり、ディスカッションを深めるに至らなかったという課題が残った。今年度は事前に研究内容に対する仮説を設定して訪問し、ディスカッションを一層深め、考察を行うことを追加目標として研修を実施する。

イ 手法

本校生徒が同大学を訪問し、学生・研究者(日本人大学院生を含む)に対し、学校で進めている課題研究の研究内容と成果についてポスター発表・質疑応答式のディスカッションを英語で行う。また、同大学で進められている研究内容に関して学生・研究者から講義を受けるとともに、それらの研究の内容と高校で学んでいる学問との具体的な関連について事前に作成したレポートをもとに、本校生徒と学生・研究者との間で質疑応答形式のディスカッションを英語で行う。活動は学校で課題研究を行っているグループごとに１～４名の班または個人で行う。

ウ 効果

学生・研究者から専門的な意見をもらい自身の課題研究に対する考察を深めることで、普段の学習・今後の課題研究の深まりが期待できる。また、事前に同大学の研究内容と現在の学びや社会問題との具体的な関連性を学習し、自分たちなりに立てた仮説と講義内容の比較・検証を行うことで、物事を多面的に考察する思考力の向上が期待できる。加えて、研究発表や質疑応答を通じて英語による伝達力・理解力・コミュニケーション能力の向上が期待できる。

③モンタビスタハイスクール

ア 研修内容

英語を用いて自身の課題研究の取組を周囲に伝達するとともに、他者の取組の発表を聴講し理解した内容について意見交換を行うなど、他言語圏におけるコミュニケーション力を身に付ける。また、科学テーマをはじめ、文化や政治、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との共通点や差異について考える。

昨年度初めて訪問し、課題研究の深まりや、世界的な視野の獲得という点で良い効果が得られた。一方で、共同研究についての連携が不十分であり、相互の発表で研究内容を深化させるには至らなかった。今年度は中間報告等の事前交流を密に行い、相互の研究内容を共有した上で仮説を設定し、ディスカッションを深めることを追加目標として研修を実施する。

イ 手法

本校生徒が同高校を訪問し、学校で進めている課題研究の研究内容と成果について、同校の日本語クラスや科学クラスなどで同高校の生徒が取り組む課題研究と合同の発表会を行い、それぞれの発表について質疑応答式のディスカッションを英語で行う。発表はスライドとポスターを用いる。また、共同研究を行うテーマについての調査結果の相互報告や、事前交流の内容に基づき共通のテーマについてのディスカッションを行い、諸問題について他者の意見と自身の意見を比較する。発表・質疑応答は学校で課題研究を行っているグループごとに１～４名の班または個人で行う。その後、本校生徒１～２人に対して１～２名の同校生徒に帯同してもらい、同校における様々な活動に参加する。

ウ 効果

研究発表や質疑応答を通じた英語によるコミュニケーション能力の向上に加え、研修実施前から交流活動を進め、仮説を設定して意見の比較・検討を行うことで、本研修における発表とディスカッションの内容が深化し、探究的思考力が向上することが期待できる。また、同世代の外国の生徒との意見交換を通じ、様々な課題に対してより広い視野をもって探究的・主体的に取り組む力が身につくことが期待できる。

④スタンフォード大学

ア 研修内容

同大学の研究者や同大学出身の企業経営者とのディスカッションを行い、イノベーションの創出とそれらを社会に送り出すための具体的な過程について理解を深める。また、同大学の学生等とディスカッション形式のワークショップを実施し、思考形成の具体的な手法を獲得する。

昨年度初めて訪問し、最新の事例と基礎研究のつながりを学ぶという点で良い効果が得られた。一方で、講義中心の取組となり、自身の研究活動と社会との接続まで至らなかった。今年度はワークショップ形式の取組を行い、社会参画意識の向上を追加目標として研修を実施する。

イ 手法

本校生徒が同大学を訪問し、学内での同大学の研究者や同大学出身の企業経営者から講義を受け、その後、ディスカッションを英語で行う。また、本校生徒と研究者・学生との間でイノベーション創出のための思考形成に関するワークショップを英語で実施する。ワークショップは３～４名の班で行う。

ウ 効果

基礎研究から様々なイノベーションが創出されるまでの経緯を理解することで、

普段の学習・今後の課題研究や進路探究活動へのより主体的な取組とともに、社会との接続や参画する意識の醸成が期待できる。また、ワークショップで初対面の方々の様々な意見を取り入れ自分の考えを形にしていく過程を学ぶことで、周囲と協働して一つのイノベーションを創出する過程を体得することが期待できる。

１．２　事前研修

事前研修１

日時　令和元年８月16日～19日

講師　新潟大学教育学部カルメン・ハンナ准教授、新潟県内ALT６名、本校英語科教員　他

内容　「Presentation and Discussion Skills Intensive Training Seminar」
プレゼンテーション・ディスカッション力養成集中講座
学習内容：英語による日常会話、フォーマルディスカッション／ディベート用の英語表現の学習、プレゼンテーション用の英語表現の学習、Q&A セッションにおける議論の深め方

事前研修２

日時　令和元年10月～令和２年２月

内容　項番５．（２）カリフォルニア大学バークレー校・（３）モンタビスタハイスクールとの連携調査・共同研究を開始する。
項番５．（３）モンタビスタハイスクールについては、主にScienceを主専攻する生徒たちとメールやオンライン会議を通じて課題研究の途中経過を報告し合い、比較・分析を進める。また、さまざまなテーマについて情報や意見の交換を行う。

事前研修３

日時　令和元年11月～12月

内容　項番５．（１）エクスプロラトリアムについての調査・研究・レポート作成を開始する。

事前研修４

日時　令和２年１月26日

講師　新潟大学教育学部カルメン・ハンナ准教授、新潟県内ALT・留学生　複数名　他

内容　「Presentation Practice」
アメリカで行うプレゼンテーションとQ&Aセッション最終指導

事前研修５

（年間を通じて）

課題研究の実施

①普通科理数コースは週３時間、普通コースは週１時間、授業で課題研究を実施する。

②令和元年８月・９月に中間報告を行い、研究の途中経過を確認する。

③令和元年12月に課題研究中間発表会を行い、プレゼンテーション能力を高める。

１．３　行程表（期間：2020 年２月 23 日（日）～２月 29 日（土）７日間）

	月日（曜）	訪問先等（発着）	現地時刻	実施内容	宿泊地
1	2/23（日）	新潟南高等学校発	12:30	国内貸切バスで移動、新潟空港へ	
		新潟空港着	13:00		
		新潟空港発	14:05	空路、成田空港へ	
		成田空港着	15:20		
		成田空港発	17:00	空路、サンフランシスコへ（日付変更線通過）	
		サンフランシスコ空港着	10:20	入国手続き	
		サンフランシスコ空港発	12:00	空港発、現地貸切バスで移動	
		エクスプロラトリアム着	15:00	エクスプロラトリアム訪問 学芸員からの講義・ディスカッション	
		エクスプロラトリアム発	17:00	現地貸切バスで移動、ホテルへ（道中夕食）	
		ホテル着	19:00	ホテル到着	サンフランシスコ市
2	2/24（月）	ホテル発	08:00	ホテル発、現地貸切バスで移動	
		カリフォルニア大学バークレー校着	09:00	カリフォルニア大学バークレー校訪問 課題研究ポスター発表 研究内容に関してのグループディスカッション 学内カフェテリアで昼食 研究室訪問	
		カリフォルニア大学バークレー校発	17:00	現地貸切バスで移動、ホテルへ（道中夕食）	
		ホテル着	19:00	ホテル到着	サンフランシスコ市
3	2/25（火）	ホテル発	07:30	ホテル発、現地貸切バスで移動	
		モンタビスタハイスクール着	09:00	モンタビスタハイスクール訪問 課題研究発表会 研究内容に関してのグループディスカッション 学内カフェテリアで昼食 バディプログラムによりキャンパス内散策	
		モンタビスタハイスクール発	17:00	現地貸切バスで移動、ホテルへ（道中夕食）	
		ホテル着	19:00	ホテル到着	サンフランシスコ市
4	2/26（水）	ホテル発	07:30	ホテル発、現地貸切バスで移動	
		モンタビスタハイスクール着	09:00	モンタビスタハイスクール訪問 課題研究発表会 研究内容に関してのグループディスカッション 学内カフェテリアで昼食 科学テーマに関してのグループディスカッション バディプログラムにより授業参加	
		モンタビスタハイスクール発	17:00	現地貸切バスで移動、ホテルへ（道中夕食）	
		ホテル着	19:00	ホテル到着	サンフランシスコ市

5	2/27 (木)	ホテル発 スタンフォード大学着 スタンフォード大学発 ホテル着	08:00 09:00 17:00 19:00	ホテル発、現地貸切バスで移動 スタンフォード大学訪問 卒業生・研究者からの講義・質疑応答 学内カフェテリアで昼食 研究者・学生とのワークショップ ラボツアー 現地貸切バスで移動、ホテルへ(道中夕食) ホテル到着	サンフランシスコ市
6	2/28 (金)	ホテル発 サンフランシスコ空港着 サンフランシスコ空港発	07:00 07:05 11:30	現地貸切バスで移動、サンフランシスコ空港へ 空路、帰国の途に (日付変更線通過)	機中泊
7	2/29 (土)	成田空港着 成田空港発 新潟空港着 新潟空港発 新潟南高等学校着	14:35 17:35 18:40 19:00 19:30	入国手続き 空路、新潟へ 国内貸切バスで移動、学校へ 学校到着	

1．４　事後学習内容

事後学習１

日時　令和２年３月

内容　アメリカ研修後、各研修先ごとにレポートを作成し、報告書を作成する。参加生徒を対象としたアンケートを実施する。

事後学習２

日時　令和２年４月

内容　校内で 50 分～60 分程度の報告会を行う。
レポートをもとに、アメリカ合衆国海外研修の内容報告を行い、学習内容の全校生徒・保護者・近隣の方々等への拡充・周知を図る。発表および資料の作成にはプレゼンテーションソフトを利用する。また、発表は英語にて行う。

事後学習３

日時　令和２年３月～７月

内容　現地での課題研究プレゼンテーションに関するディスカッションや指導・助言をもとに、課題研究を進める。

事後学習４

日時　令和２年度中に随時

内容　近隣中学校を対象に、アメリカ研修の研究報告を分かりやすく伝え、学習成果を拡充する。学校 HP などに報告書を掲載し、広く成果の周知を図る。

１．５　振り返り

令和元年度の江風グローバル研修は、６泊９日から５泊７日に短縮されたものの、昨年と同様にアメリカ合衆国サンフランシスコ市を訪れ、シリコンバレーとその近隣の高校と大学で研修を行った。昨年度との変更点は、初日にカリフォルニア・アカデミー・オブ・サイエンスではなく、エクスプロラトリアムを訪れたことと、最終日にナミックス・テクノロジーズ株式会社とコンピュータ歴史博物館を訪問しなかったことである。

初日の研修先であるエクスプロラトリアムでは、体験型の科学的な展示物を通じて学ぶだけではなく、たまたま居合わせたボランティアガイドの現地高校生から展示物の説明を受けたり、ディスカッションをする生徒たちもいた。生徒たちは、英語でのやりとりの難しさを早速実感したと同時に、研修の始まりを強く意識することとなった。

２日目のカリフォルニア大学バークレー校での研修は、研究室の見学と現地研究者から課題研究の指導･助言を受けるものであった。見学の案内をしてくれた日本人学生からは、自身の生い立ちから高校時代、そして海外留学から現在に至るまでの話を聴くことができ、生徒たちの中には留学について想いを抱く者もいた。また、実際にその大学で教鞭をとっている日本人の方からも、自身の生い立ちと専門に研究している「ゲーム理論」について講義を受けた。その後、在籍しているその他の日本人研究者も加わり、生徒たちは課題研究の発表を聴いてもらい、指導・助言をいただいた。

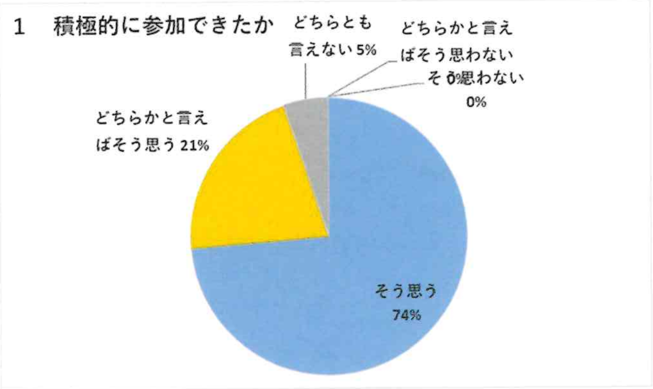
３日目と４日目に訪問したモンタビスタ高校は、近隣に世界的なＩＴ企業があり、海外出身の方も勤めていることから、生徒の３割程度がアジア圏出身の生徒であった。そのため、英語以外の授業も開講されており、本校生徒も日本語の授業に参加して交流した。生徒同士は事前に英語で互いの自己紹介や課題研究の内容についてメールで交流していたが、対面する際には緊張した面持ちで会話を始めていた。残念だった事は、コロナウイルスの影響で、現地生徒の中には交流することに対して親の許可がもらえずに参加できない者もいた。ソーシャルディスタンスを取りながら、またマスクを着用しながらの限定的な交流とはなったが、メインの課題研究のディスカッションでは、本校の生徒たちは自信を持って発表を行い、現地の生徒からの質問にもなんとか対応していた。

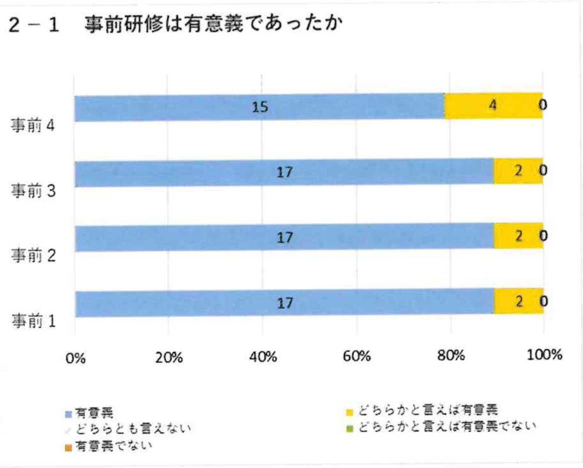
最終日のスタンフォード大学訪問では、現地で活動している日本人起業家によるイノベーションの創出についてのワークショップを実施後、別の日本人起業家の方から大学施設見学のガイドをしていただいた。その後は、スタンフォード大学でデザイン思考について教えている方から英語で講義を受けたが、ここでもイノベーションを起こすマインドを垣間見ることができたように思われる。そして最後に、現役の日本人スタンフォード大学院生から、ビデオ通話で留学した経緯や現況についてお話していただき、生徒からも活発に質問が出るなど、有意義な時間であった。

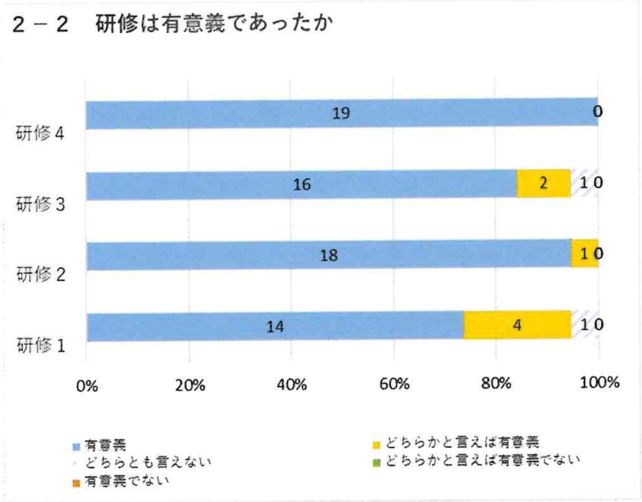
今回の海外研修を通して、現地の研究者の方々から数多くの指導・助言をいただいたことで、生徒は帰国後に追実験を行い、課題研究の研究手法や研究内容をより深めることができた。今後は、イノベーターを輩出し続けるシリコンバレーという土地を実際に訪れ、そこで活躍する起業家の方々の言葉に触れることができた彼らが、未来を担う科学技術系グローバル人材となれると期待したい。

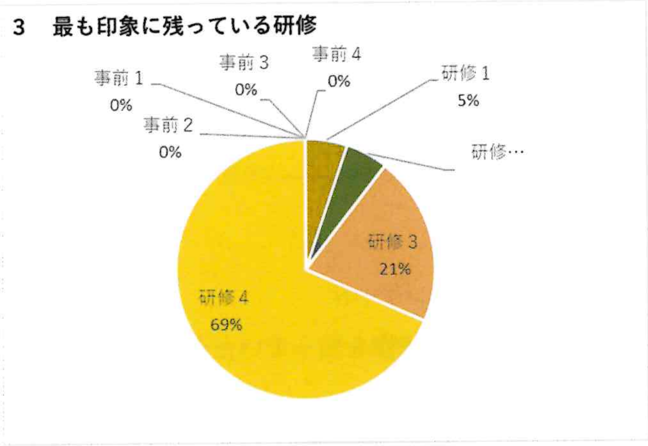
１．６　アンケート集計結果

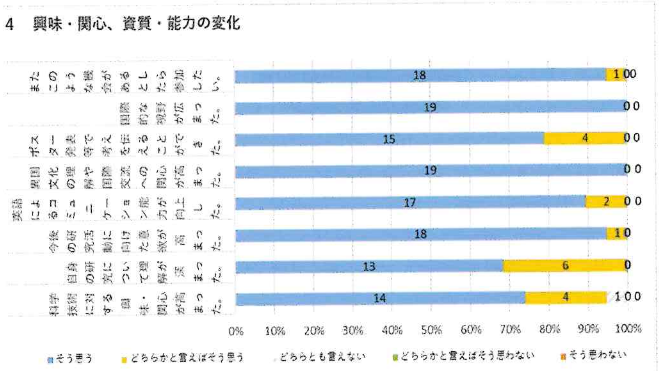
１．６．１ 生徒アンケート

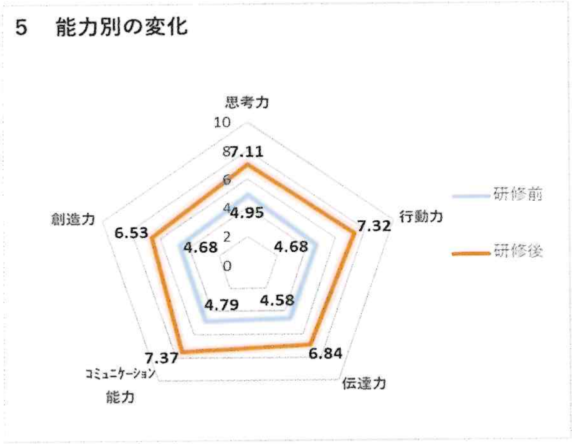


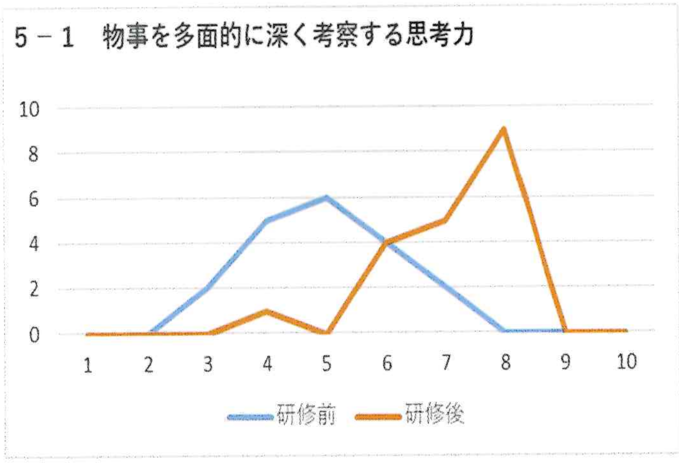


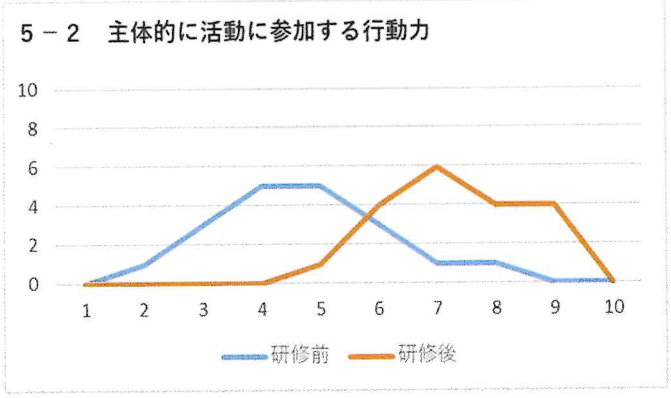




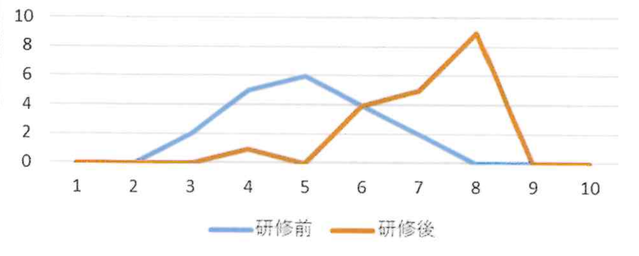




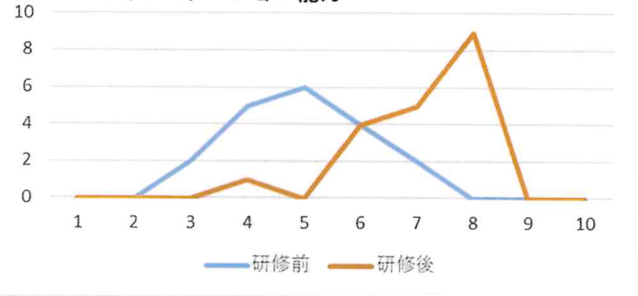




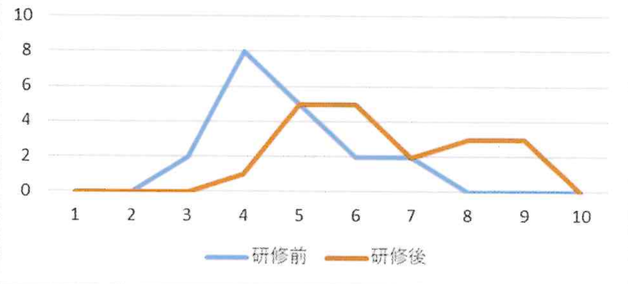
5－3　自身の活動を適切に他者に伝える伝達力



5－4　対話を通じ建設的な意見交換を行うコミュニケーション能力

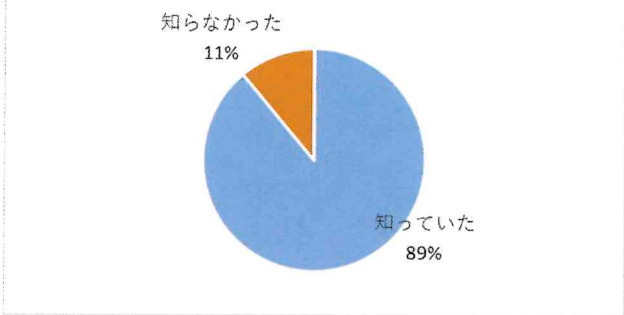


5－5　独創的な発想を生み出す創造力

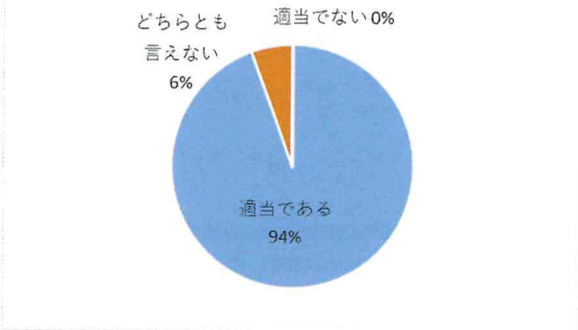


1．6．2　保護者アンケート

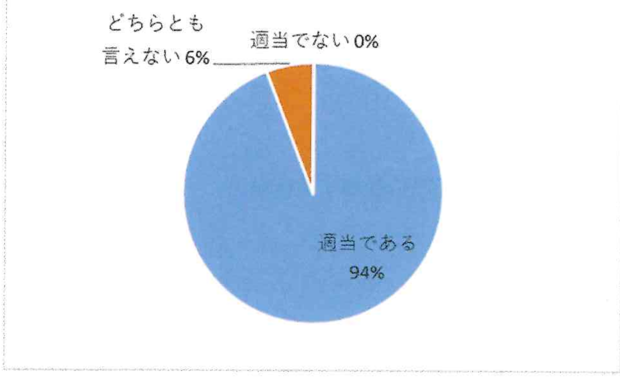
1 入学前から海外研修を知っていたか



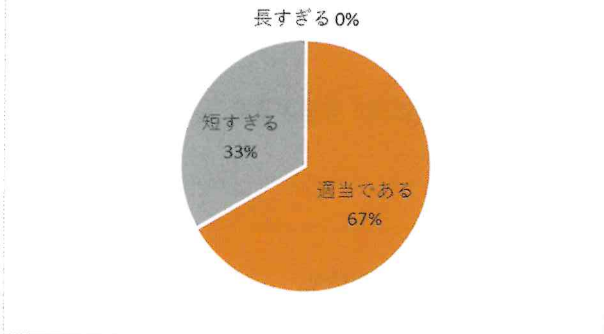
2　アメリカは研修先として



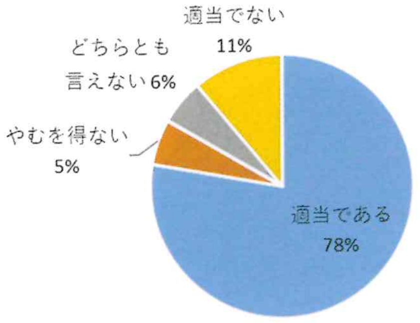
3　研修の目的からみて研修先として



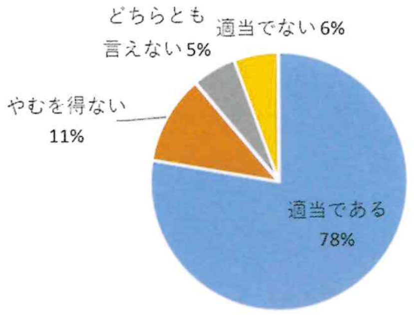
4　研修期間



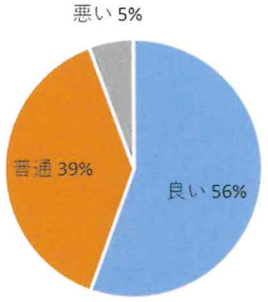
5　出発日・出発時刻



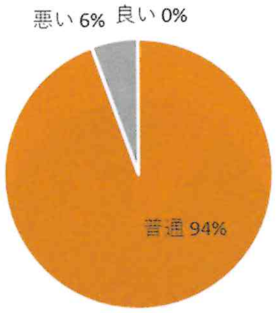
6　到着日・到着時刻



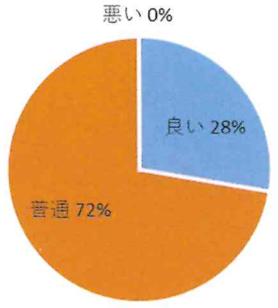
7（1）説明会の日時



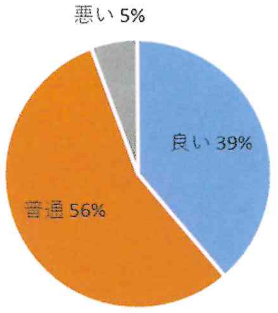
7（2）説明会の回数



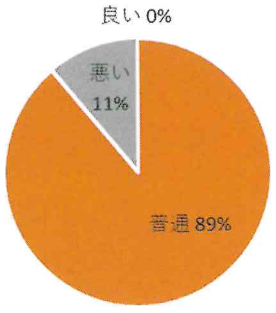
7（3）説明内容



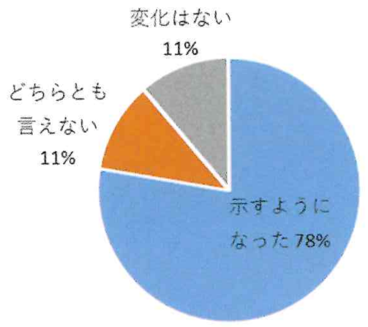
8　業者の研修の企画、運営等



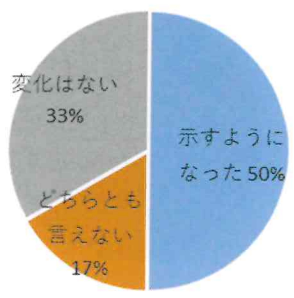
9　研修費用



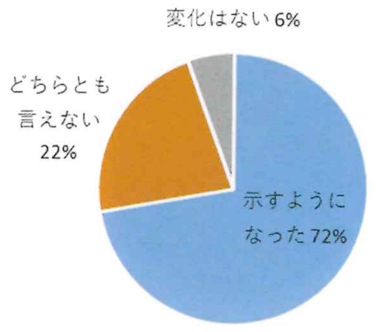
１０（１）海外への興味・関心



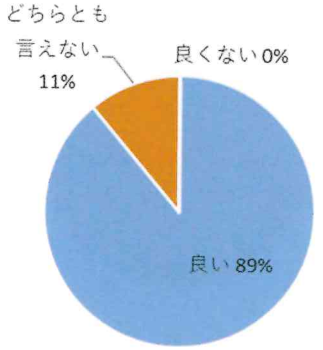
１０（２）科学や科学技術への興味・関心

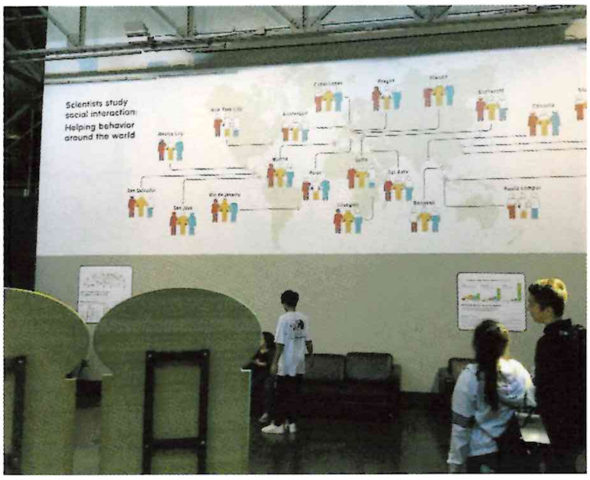


１０（３）英語への興味・関心



１１　アメリカ研修による生徒への影響





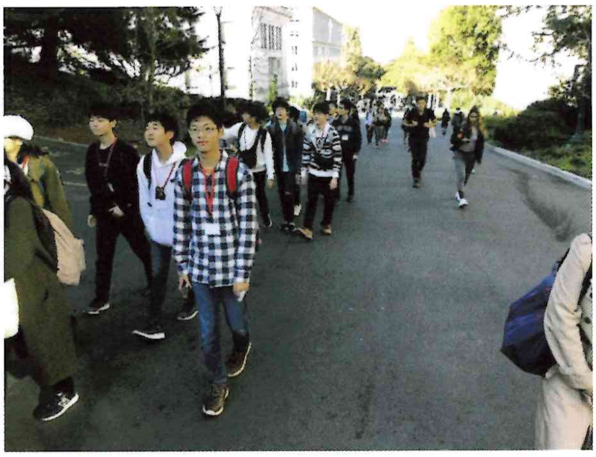
【2月23日】エクスプロラトリアムから研修スタート！

ボランティアスタッフとして居合わせた高校生と交流中

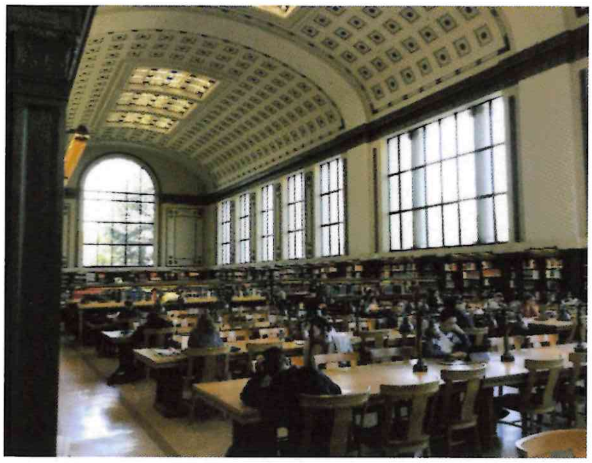
見よ、この学ぶ姿勢！

これも立派な作品です

【2月24日】 UCバークレーのシンボル



キャンパスツアー

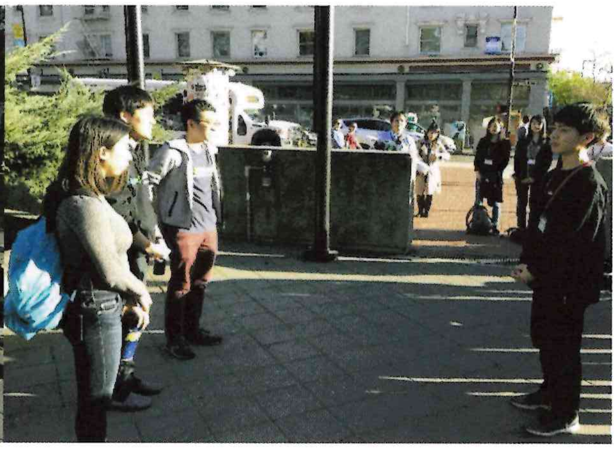


さすが、威厳のある図書館

教鞭を執られている方からの熱い講義！

インターナショナルハウスでの楽しいランチ

いよいよ研究室の見学！



LGBT Flag と記念の１枚

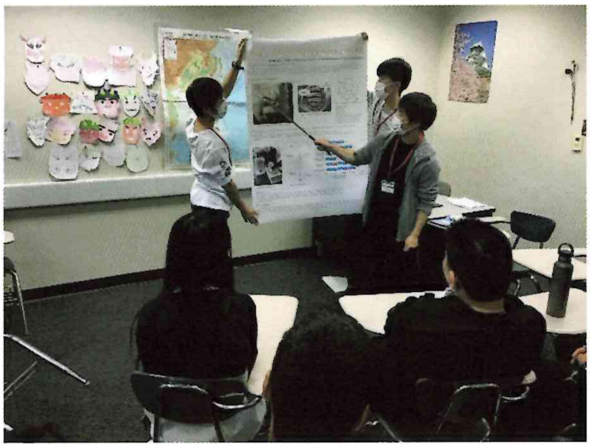
UC バークレーとのお別れ

【２月２５日】モンタビスタ HS 訪問

交流スタート！

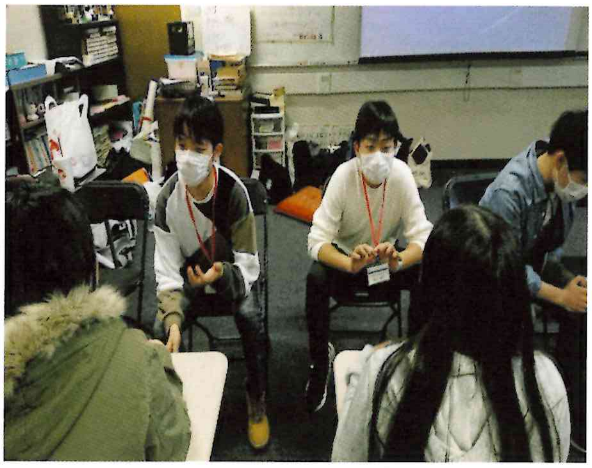
この日のランチは巨大ピザとサラダ

緊張のポスター発表

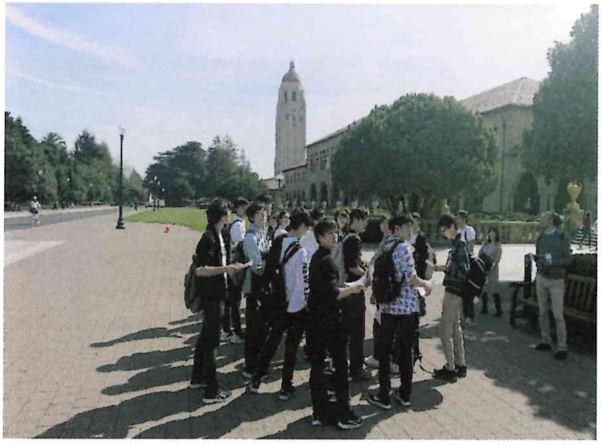


自信を持って発表しています

質問に対応中



【２月２６日】モンタビスタ訪問２日目　　　この日は対面でのトークも楽しみました



【２月２７日】起業家の方からのお話　　　スタンフォード大学訪問

デザインに関する講義　　　スカイプにて質疑応答

令和2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3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/