

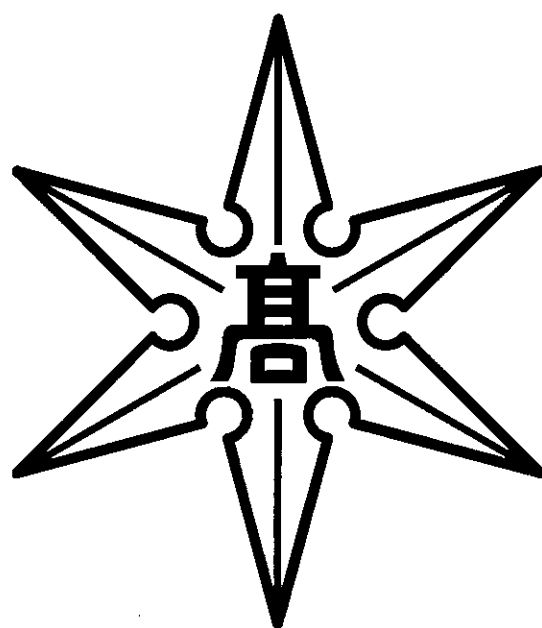
義一第

「未来に向けて
探究する高田」
平成30年度
文部科学省SSH
指定校(第2期)

令和4年度MC課題研究Ⅲ

理数科3年

課題研究論文集



新潟県立高田高等学校

課題研究論文集発刊に寄せて

新潟県立高田高等学校長 山田 喜昭

本校は平成 30 年度にスーパーサイエンスハイスクール（SSH）二期目の指定を受け、今年度末で一期目の指定から通算 10 年、二期目最終年が終了します。一期目における取組の成果を基礎として、また課題を克服すべく、二期目は、「探究する高田～科学的探究による深い思考力と国際交流による高い表現力の獲得、そして世界に向けた『第一義』の追求～」を研究テーマに様々な事業に取り組んで参りました。しかしながら、新型コロナウイルス感染症への懸念から、今年度もベトナム海外研修は中止と判断せざるを得ず、ベトナムの高校生とはオンライン交流のみとなってしまう、残念でなりません。

一方、課題研究については、現 3 年生は入学直後から約 2 か月の臨時休業があり、1 年時の MC 探究 I の内容を一部割愛しましたが、2 学年以降はほぼ例年どおりの内容で実施することができました。令和 3 年 12 月の課題研究中間発表会では、理数科 1 年生と普通科 2 年生理系の生徒たちが聴衆として参加、令和 4 年 4 月の課題研究発表会では、理数科 1・2 年生の他、普通科 3 年生全員が聴衆として参加し、活発な意見交換が行われました。また、運営指導委員の皆様をはじめ、外部評価者として多くの皆様から、生徒たちの発表についてご指導をいただくとともに、今後の本校 SSH 事業について多くのご助言、ご指導を賜りました。ありがとうございます。あわせて、オンラインで参加いただいた県外の運営指導員の皆様からも、貴重なご意見をいただき、感謝申し上げます。

本年度は、残念ながら、8 月に神戸市で開催された SSH 生徒研究発表会での入賞はなりません。しかし、第 66 回日本学生科学賞新潟県審査において、本校生徒の「マクロファージと棘皮動物の再生」が最優秀賞を獲得し、他に 3 テーマで奨励賞をいただきました。課題研究に取り組んできたすべての生徒たちの、努力の成果であり、素晴らしいことです。また、あとに続く 1, 2 年生には励みとなり、課題研究に取り組む意欲を高めてくれたのではないかと喜んでいきます。

さて、この冊子は、本校の SSH 事業で理数科の生徒たちが取り組んできた課題研究の論文集になります。テーマ設定から生徒の主体性に任せ、指導する教師は、できるだけ細かな指示をしないように心がけてきました。中には、実験回数が少なくデータ不足のものや、実験結果の分析が甘く仮説を十分に検証できていないものもあると思います。そうした点については、他の SSH 校の取組なども参考にしながら、引き続き改善に取り組んでいきたいと考えています。

最後に、課題研究を進めるにあたり、大学等の研究機関や地元企業の皆様、運営指導委員の皆様、そして科学技術振興機構様、新潟県教育委員会様など、大変多くの関係者の方々から、熱心なご指導と温かいご支援をいただきましたことに深く感謝申し上げます。課題研究論文集発行のご挨拶とさせていただきます。

目次

1	巻頭言	校長	山田 喜昭	1
2	目次			2
3	サイエンスコース生 研究論文			3
	① 竜巻の発生条件			4
	② 水面を走る液滴			8
	③ ウォーターベルと重力			14
	④ ポリ乳酸の再利用方法について			19
	⑤ クモ糸繊維の形成			22
	⑥ ポリ乳酸の分解と再生			26
	⑦ カーネーションのネムリ病の研究			30
	⑧ 植物の葉を用いたバイオエタノール 生産方法の模索			34
	⑨ 乾燥時間と油紙の耐水性			40
	⑩ 音楽と生物の学習曲線について			42
	⑪ ナミアゲハの幼虫の雌雄の判別方法			46
	⑫ 食用油の劣化を抑制する抗酸化物質			52
	⑬ マクロファージと棘皮動物の再生			54
	⑭ ゴキブリの糞に含まれるフェロモンについて			64
	⑮ ミドリゾウリムシの栄養状態と再共生			66
4	メディカルコース生 研究論文			71
	① 食と病			72
	② 遺伝子病への現代的アプローチと見解			74
	③ 生きづらさには理由があった ～アスペルガーという存在～			77
	④ アスリートの健康課題とFAT			81
	⑤ 無痛分娩の有意性と安全性			86
	⑥ 視力回復			92
	⑦ 食行動とストレスの関係			94
	⑧ 地域医療と総合診療			97
	⑨ 意外だが手軽にできる運動			100
	⑩ 雪国の視覚障がい者			102
5	編集後記			104

サイエンスコース生 研究論文

竜巻の発生条件

In recent years, research has been conducted to understand the mechanism of tornadoes, which cause life-threatening damage around the world. By using a device that can observe a phenomenon similar to a tornado, the minimum wind speed that can form a tornado and the wind flow occurring in the device was investigated. As a result, we are getting closer to understanding a tornado-like phenomenon that occurs in the device.

1. 要旨

近年では、世界中で生命を脅かす被害を引き起こす竜巻のメカニズムを理解するための研究を行いました。竜巻に似た現象を観測できる装置を用いて、装置内で竜巻を形成できる最小風速と、装置内で発生する風の流れを調べた。その結果、装置内で発生する竜巻のような現象の理解に近づいています。

2. 研究目的

近年世界中で竜巻が人命にかかわる被害を与えていることを知り竜巻のことをよく知ることによってこの状況を改善したいと考えました。そこで、私たちは竜巻の発生のメカニズムについて研究をしてきました。

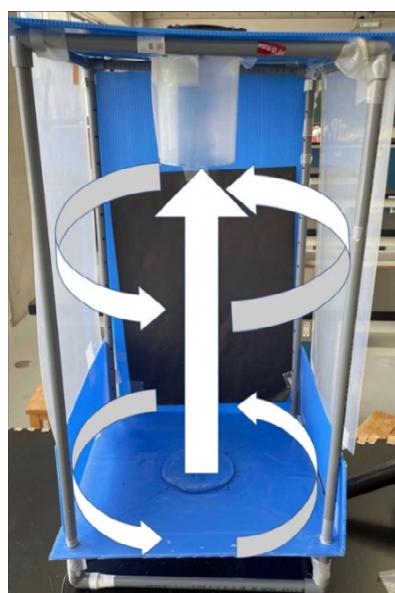
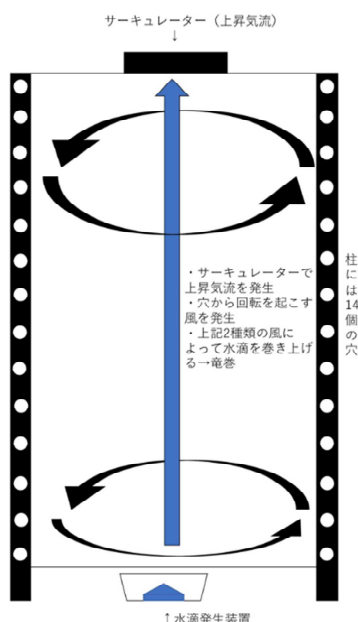
3. 研究方法

実験装置 研究には竜巻に似た現象を発生させる装置を用いた。

研究に際し竜巻は上昇しながら回転する流れと定義して実験を行った

図 1

写真 1



研究① 竜巻ができる最小の風速を調べる

手順1 変圧器を使いブローに流す電圧を変えることにより、風速を小さくしていき、竜巻ができる最小の風速を調べる

手順2 速度の分布を調べるため同じ事を計5か所で行う (図2)

研究② 竜巻の上部と下部の風の関係を知る実験

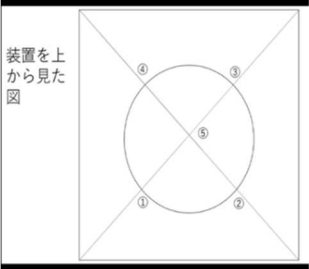
- 手順 1 装置上部の穴をふさぎ下部から出る風のみでの竜巻を観察する
(下部の穴 4 つ)
 - 手順 2 装置下部の穴をふさぎ上部の穴から出る風のみでの竜巻を観察する
(上部の穴 4 つ)
 - 手順 3 装置上部の穴と下部の穴から出る風のみでできる風の様子を観察する
(上部下部 2 つずつ)
- 研究③ 線香を使った実験

- 手順 1 水平方向の風のみの流れを観察する
- 手順 2 上昇気流と限定した水平方向の風で形成される竜巻を観察した
(塞ぐ穴を変える)

4. 結果

研究 1

下の表のように 22V までは、竜巻が形成されることが判明した。図 2

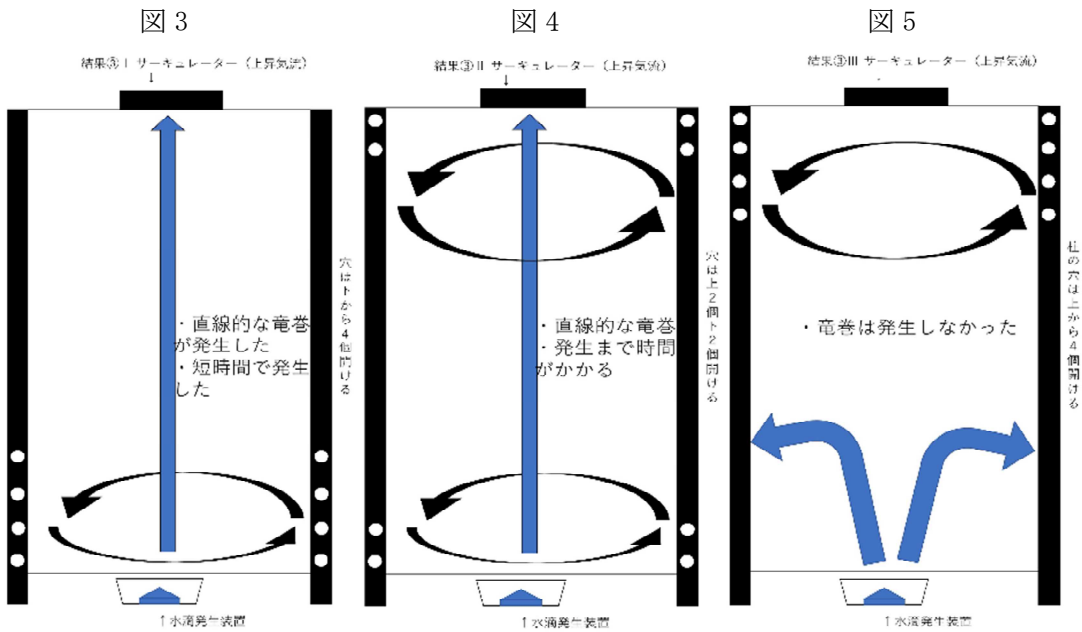


①		②	
27.5 v	0.58	27.5 v	0.56
25 v	0.43	25 v	0.45
22.5 v	0.27	22.5 v	0.33
22 v	0.22	22 v	0.26
21 v	0.14	21 v	0.09

③		④		⑤		竜巻の発生	
27.5 v	0.49	27.5 v	0.66	27.5 v	0.59	27.5 v	途切れない竜巻
25 v	0.40	25 v	0.44	25 v	0.64	25 v	途切れない竜巻
22.5 v	0.35	22.5 v	0.32	22.5 v	0.30	22.5 v	途切れ途切れの竜巻
22 v	0.12	22 v	0.10	22 v	0.15	22 v	不完全な竜巻
21 v	0.11	21 v	0.06	21 v	0.10	21 v	できない

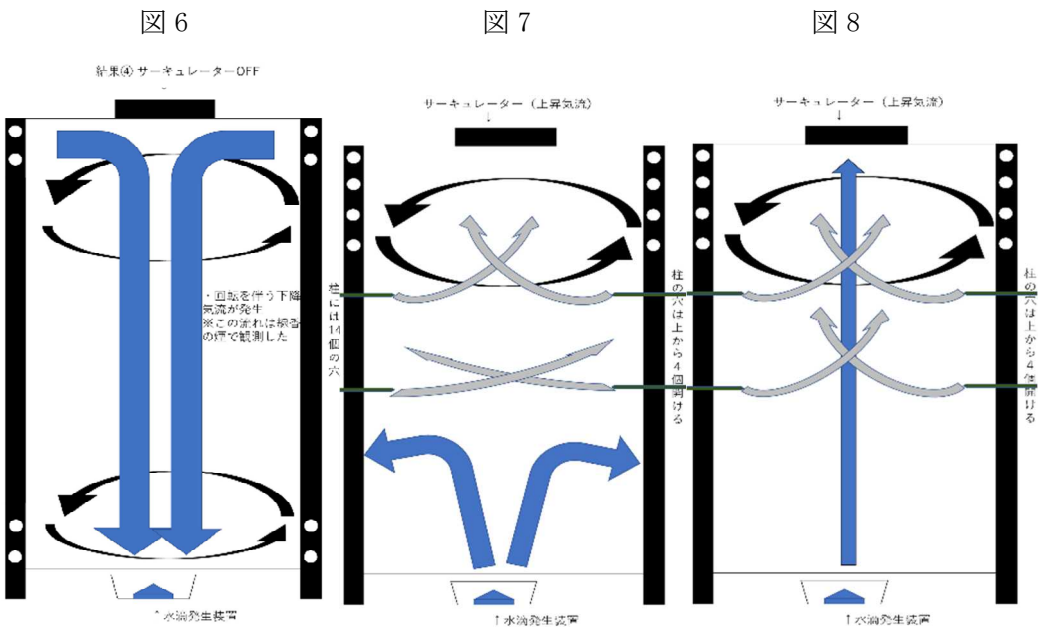
研究 2

- ・下部の風のみで形成された竜巻は安定して回転していた (図 3)
- ・上部と下部で 2 個ずつ穴を開けた時は直線的な竜巻が発生したが、発生するまで時間がかかった (図 4)
- ・上部のみの風だと竜巻は形成されることはなかった (図 5)



研究3

- ・水平方向の風のみになると下降気流が観察された（図6）
- ・竜巻の回転に付随して周辺の風も動き最終的に竜巻に加わる（図7から図8の状態になった）
- ・竜巻と下降気流は同時には観察されなかった



5. 考察

研究1の考察

水平方向の風と竜巻の生成には正の相関の関係があると考えた。
 また竜巻の太さが変化していたことから安定した竜巻ができる値があると考えた。

研究2の考察

図2のようになったのは装置下部の回転方向の風が装置中央でぶつかり、上方向に発散したことで水滴が上昇気流と結びつくのが早まったと考える。また、図3では装置上部の回転方向の風が中央でぶつかり、下方向に発散することで水滴が上昇気流と結びつくのが遅くなったと考えた。→竜巻発生には下部の回転方向の風が重要なのではないか

研究3の考察

上部の穴をあけていったときに7つ目をあけてようやく上昇するのは流れている空気（自然の竜巻では積乱雲付近）と流れていない空気（自然の竜巻では地表から雲底まで）の気圧差により下部にある風が引き込まれるからであると考えた。また、空気の粘性とも関係があると考えた。

自然との竜巻との比較：このような仕組みがあると仮定すると爆発的な低気圧である竜巻の流れに相対的に高気圧の周辺の空気が引き込まれ気温と気圧差から雲を生じ空気の粘性が原因となって下降していくのではないかと考える。

6. 結論

竜巻の発生には上空と地上付近の気圧差と、空気の粘性が関わっているのではないかと考える。

7. 参考文献

竜巻 小林文明著

竜巻の不思議 森田正光、森さやか著

水面を走る液滴

In order to find out how droplets, called "drops running on the surface of the water," run on the surface of the water, the influence factor was investigated. From previous studies and hypotheses, experiments were conducted by varying the height from the tip of the syringe to the surface of the water, temperature, and presence or absence of surfactants. As a result, it was found that the incidence of the phenomenon varies greatly depending on the conditions as various influencing factors are interrelated. Height, surface tension, and thermal motion are presumed to be strong influential factors.

1. 要旨

「水面を走る液滴」と呼ばれる液滴が水面上を走る現象が起きる仕組みを明らかにするため、影響因子を調べた。先行研究や仮説から、注射器の先端から水面までの高さ、温度、界面活性剤の有無を変化させ、実験を行った。結果、現象の発生率は様々な影響因子が相互に関わり、発生率が条件により大きく変化すると分かった。また、高さ、表面張力、熱運動は大きな影響因子であると推察される。

2. はじめに

インターネットの動画で「水面を走る液滴」を見て、興味を持った。調べるうちに、コーヒーのドリップや雨の時の水たまりでも起きる身近な現象でありながら、仕組みが解明されていないことが分かった。そこで、水面を走る液滴の発生要因を研究することにした。



写真 1：水面を走る液滴

3. 仮説

水面を走る液滴は影響因子によって発生率が変化する。

4. 予備実験

まず、ビュレットを用いて、現象が発生するかどうかを確認した。発生はしたものの、先行研究やインターネットの動画で見たように連続的な現象の発生率とはならなかった。原因として、ビュレットは手動で動かしているため、水滴を落とす速度が一定的ではないことと口径が大きいため、落ちる水滴が安定した球状になりにくいことが考えられる。そこで、注射器を用いて、実験を行なうと、ビュレットでの実験に比べ、格段に発生率が向上した。このことから、本実験の際に、安定して実験を起こすために、注射器を用いることとした。

次に、前提条件として、シャーレ・水滴の基本情報を調べた。1mL から得られる水滴の数は、滴下を 5 回行い平均を出した結果 135.6 個/mL であった。このデータをもとに、水滴 1 個分の体積、表面積、水滴の半径を求めた。結果、体積は $7.4 \times 10^{-3} \text{cm}^3$ 、表面積は 0.184cm^2 、球の半径は 0.121mm であった。

最後に、水滴を滴下することによる液面上昇を調べた。シャーレの円周が 268mm であったから、シャーレの半径は 42.7mm、底面積は 57.3cm^2 である。水滴 1 滴が $7.4 \times 10^{-3} \text{cm}^3$ であり、1 回の実験で 20 滴落とすと考えると、 $2.6 \times 10^{-3} \text{cm}$ となる。これは誤差の範囲と考え、本研究において、液面上昇については各データで考慮しないものとする。

5. 高さの実験

仮説：水面を走る液滴において、水面から水滴を滴下する位置までの高さは、現象の発生率に影響する。ある高さ時点において、現象が最も発生しやすくなる。

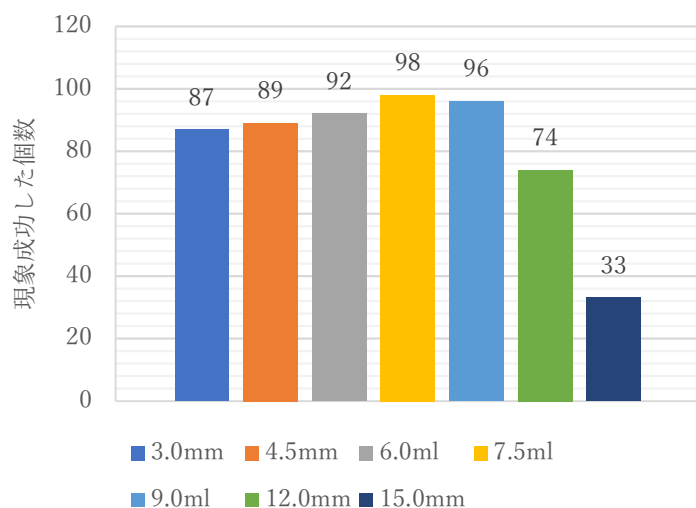
【実験 1】

実験準備：水 25mL（シャーレ用）、水 2mL（注射器用）、メスシリンダー、注射器（口径 0.5mm）、シャーレ、ビュレット台、1 円玉 14 枚、iPad（スローモーション撮影用）

※水 25mL をシャーレに入れると、シャーレを置いている机上から水面までの高さは 6mm である。

実験方法：

1. メスシリンダーを用いて水を測り、シャーレに水 25mL、注射器に水 2mL をそれぞれ入れる。
2. ビュレット台に注射器をセットし、注射器の針の先端とビュレット台を置いている机上との間の高さを 1 円玉硬貨を用いてセットする。（1 円玉硬貨 1 枚は 1.5mm の高さである。）
3. 注射器のピストンに分銅を用いて一定の圧力をかける。
4. 水滴が滴下する様子を、iPad のスロー動画機能で撮影した。（120fps）
5. 水滴が安定する 30 滴目から 40 滴目を動画で観察。液滴が水面上にできているか、観察する。
6. 1～5 を 1 つの高さで 10 セット行う。
7. 高さを 3.0mm ・ 4.5mm ・ 6.0mm ・ 7.5mm ・ 9.0mm ・ 12.0mm ・ 15.0mm と変化させて実験する。



グラフ 1：【実験 1】 結果



写真 2：高さの実験の様子

結果：7.5mm の時に最も現象が発生しやすい。3.0mm～7.5mm にかけて発生率が上がり 7.5mm～15.0mm にかけて発生率は減少した。特に 12.0mm 以降は発生率が 8 割を下回り、なかなかできなくなった。

現象の発生率のグラフは山なりで、12mm を超えると急激にできないことから、水の量や温度によって、適切な高さがある。動画の様子から、液滴の出来やすさは時間と共に変化し、ある時点から安定してできるようになっていた。よって、液滴が連続的に落ちると液面に波紋などのなんらかの変化がもたらされることで液滴が安定して液面を進むようになる。また、液滴が小さいと、液面を早く進み、移動距離が長くなる様子が見られた。

6. 温度変化による実験（I）異温度

仮説：対流が発生する温度差がある状態では、現象が発生しやすい。

先行研究に、『液滴と液面間に熱キャピラリー対流が発生し、それによって間に空気の層が発生している。液滴と液面の温度差を設けることによって、成功確率が上がる』という仮説があったため、本当に対流による変化があるのかを調べることにした。

シャーレと注射器の水の温度が異なる場合、流体の動き（対流）の影響があると考え、水の温度を変化させた。シャーレと注射器に入れる水の温度をそれぞれ変え、【実験 1】と同様に実験する。

実験準備：水 25mL（シャーレ用）、水 2mL（注射器用）、メスシリンダー、注射器（口径 0.5mm）、シャーレ、ビュレット台、1 円玉 9 枚（机上から水面までの高さ 6mm＋水面から注射器の先端までの高さ 7.5mm）、iPad（スローモーション撮影用）

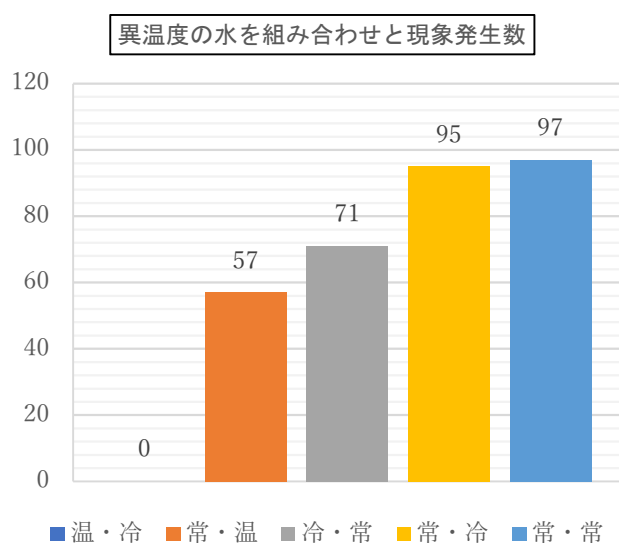
※高さの実験で最も発生率の高かった 7.5mm で実験する。

実験方法：

1. メスシリンダーを用いて水を測り、シャーレに水 25mL、注射器に水 2mL をそれぞれ入れる。
2. ビュレット台に注射器をセットし、注射器の針の先端とビュレット台を置いている机上との間の高さを 1 円玉硬貨を用いて水面から注射器の先端までの高さを 7.5mm にセットする。（1 円玉硬貨 1 枚は 1.5mm の高さである。）
3. 注射器のピストンに分銅を用いて一定の圧力をかける。
4. 水滴が滴下する様子を、iPad のスロー動画機能で撮影した。（120fps）
5. 水滴が比較的安定してくる 20 滴目から 40 滴目を動画で観察。
6. 1～5 を 1 つの温度の組み合わせで 5 セット行う。
7. 温度の組み合わせを変化させて実験する。

〔温度の組み合わせ〕

- ① シャーレ：温 注射器：冷 ② シャーレ：常温 注射器：温
 ③ シャーレ：常温 注射器：冷 ④ シャーレ：常温 注射器：常



グラフ 2：【実験 2】結果 ※シャーレ・注射器の順に表記

写真 3：①の実験の様子

結果：温度差があると、温度差がない時に比べて、現象が起きにくくなった。特に温度差が大きい、シャーレに温水（85℃以上）、注射器に冷水（5℃以下）をそれぞれ入れた時は 1 回も現象は見られない。よって、対流の発生しやすい温度差がある状態では現象は発生しにくい。

動画から、液滴を滴下した後、水面の波紋の様子を観察すると、写真 2 に比べ、写真 3 では波の高さが低く、水面に波及していないことがわかる。特に、①のシャーレに温水、注射器に冷水のときに、違いが見られた。

7. 温度変化による実験（Ⅱ）同温度

仮説：水面を走る液滴は水の表面張力によって変化し、水の温度を上げることで表面張力が小さくなり発生率が上昇する。

【実験 3】

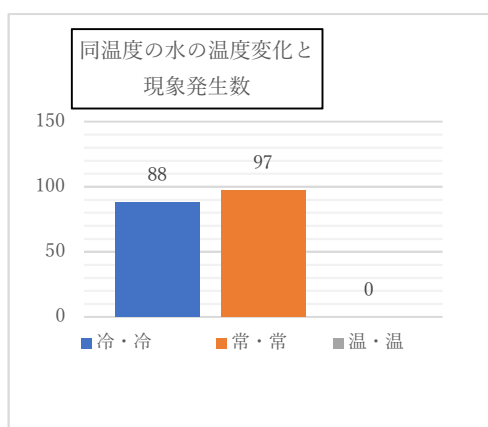
実験準備：約 5°Cの水 25mL+2mL、常温の水(約 20°C)25mL+2mL、約 85°Cの水 25mL+2mL、メスシリンダー、注射器(口径 0.5mm)、シャーレ、ビュレット台、1 円玉 9 枚、iPad

実験方法：

1. メスシリンダーを用いて水を測り、シャーレに水 25mL、注射器に水 2mL をそれぞれ入れる。
2. ビュレット台に注射器をセットし、注射器の針の先端とビュレット台を置いている机上との間の高さを 1 円玉硬貨を用いて水面から注射器の先端までの高さを 7.5mm にセットする。(1 円玉硬貨 1 枚は 1.5mm の高さである。)
3. 注射器のピストンに分銅を用いて一定の圧力をかける。
4. 水滴が滴下する様子を、iPad のスロー動画機能で撮影した。(120fps)
5. 水滴が比較的安定してくる 20 滴目から 40 滴目を動画で観察。
6. 1~5 を 1 つの温度の組み合わせで 5 セット行う。
7. 温度の組み合わせを変化させて実験する。

[温度の組み合わせ]

- ① シャーレ：冷 注射器：冷 ②シャーレ：常温 注射器：常温 ③シャーレ：温 注射器：温



グラフ 3：【実験 3】 結果

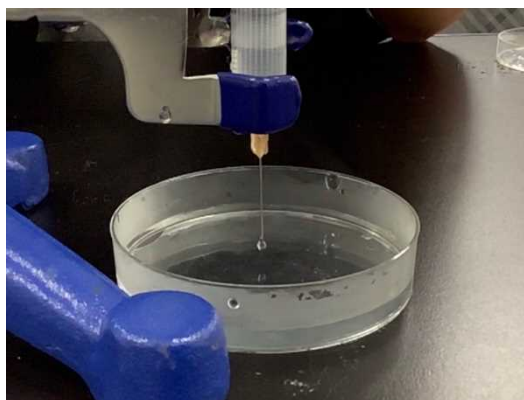


写真 4：③の実験の様子

結果：常温水同士の時の発生回数は 88/100 回、冷水同士の時の発生回数は 97/100 回、温水同士の時の発生回数は 100/100 回となり常温水同士の方が冷水同士よりも発生回数が多く、一方で仮説で最も発生率が上がると考えた温水同士では温水同士では一切現象が発生しなかった。

8. 界面活性剤を用いた実験

仮説：現象の発生率は表面張力が影響しており、界面活性剤含む食器用洗剤を水に加える事で表面張力が小さくなり発生率が上昇する。

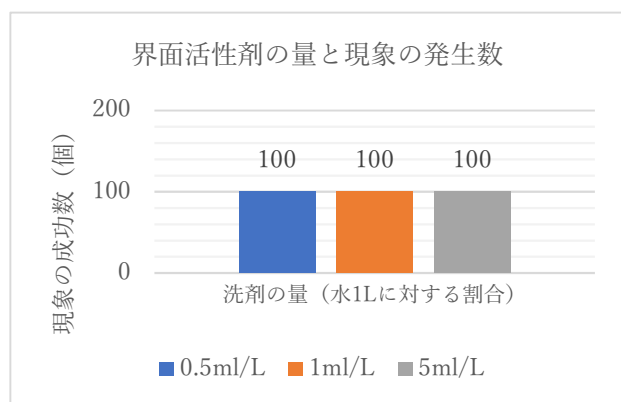
【実験 4】

実験準備：①水と洗剤を 100:5 の割合で混合した水溶液を 25mL+2mL、②水と洗剤を 100:1 の割合で混合した水溶液を 25mL+2mL、③水と洗剤を 100:0.1 の割合で混合した水溶液を 25mL+2mL、メスシリンダー、注射器(口径 0.5mm)、シャーレ、ビュレット台、1 円玉 9 枚、iPad

実験方法：

1. メスシリンダーを用いて水を測り、シャーレと注射器に一定の割合の水溶液 25mL と 2mL ずつそれぞれ入れる。
2. ビュレット台に注射器をセットし、注射器の針の先端とビュレット台を置いている机上との間の高さを 1 円玉硬貨を用いて水面から注射器の先端までの高さを 7.5mm にセットする。(1 円玉硬貨 1 枚は 1.5mm の高さである。)

3. 注射器のピストンに分銅を用いて一定の圧力をかける。
4. 水滴が滴下する様子を、iPadのスロー動画機能で撮影した。(120fps)
5. 水滴が比較的安定してくる20滴目から40滴目を動画で観察。
6. 1~5を1つの水溶液で5セット行う。
7. 水溶液の水と洗剤の割合を変化させて実験する。



グラフ1:【実験3】 結果

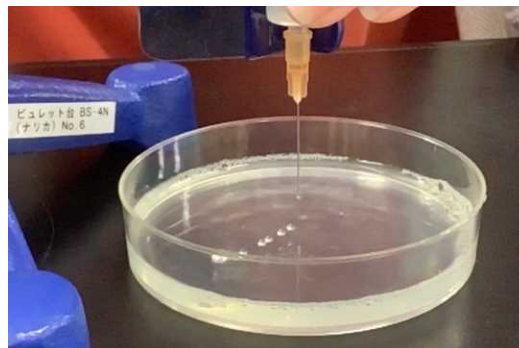


写真4:③の実験の様子

結果:①②③の全てにおいて発生回数は100/100回となり、【実験3】における常温水同士の時よりも発生率が上昇した。また、一つ一つの液滴が水面上に存在している時間が大きく延びた。さらに、2つ以上の液滴が合体し、大きな液滴となったものもあり、大きな液滴となったまま一定時間水面にとどまり続けた。

9. 考察

以上の4つの実験の結果から次のように考察する。

① 現象と表面張力の関係

温度変化による実験Ⅱにおける冷水同士と常温水同士での発生率の比較や、界面活性剤を用いた実験の結果から表面張力はこの現象の発生に影響しており、表面張力が小さいほど発生率は高くなると考える。(表1)

② 現象と熱運動の関係

温度変化による実験Ⅱでの温水同士の結果や、温度変化による実験Ⅰでの温水と冷水、温水と常温水での実験結果から熱運動もこの現象の発生に影響しており、温水を用いることで使用する水の水分子が激しく熱運動し、液滴と液面が冷水や常温水を用いた時よりも不安定な状態となるため液滴と液面が一体化しやすく、発生率が下がったと考える。(表1)

③ 現象と界面活性剤の関係

界面活性剤には液面で疎水基を外側に向ける性質があり、界面活性剤を用いた実験において、現象の発生率の上昇や、液滴が水面上にとどまっている時間も大きく延びたことから、表面張力が下がっただけでなく、液滴と液面間で界面活性剤の疎水基が互いに向き合うことで、より安定してこの現象が発生しやすくなったのではないかと考える。(図1)

	高温	常温	低温
発生率	×	◎	△
熱運動	大	中	小
表面張力	小	中	大

表 1：各要因による発生率への影響
* 【実験 3】の結果を使用

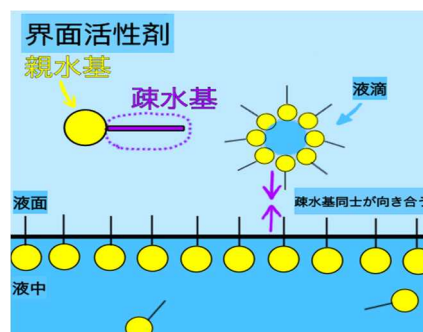


図 1：界面活性剤の液面での様子

10. 結論と今後の展望

結論：

1. 水面から注射器の先端までの高さが 7.5mm の時、水面を走る液滴の発生率が最も高くなる。
2. 水面を走る液滴は液面と液滴の表面張力、水分子の熱運動、界面活性剤の疎水基同士が互いに向き合うことが発生率を変化させる要因として考えられる。

今後の展望：

1. 発生率と表面張力に関係がある場合、具体的にどのような関係が 2 つの間に成り立っているのかを調べていきたい。
2. 界面活性剤を用いた実験では今回は常温でしか実験できなかったため、これを冷却したり、加熱した時に発生率にどのような変化があるのかを調べていきたい。
3. 温度変化による実験 I と II を比較した時にシャーレに常温水、注射器に冷水を入れた時の発生率が冷水同士の時よりも高くなったため、この原因を調べていきたい。
4. 今回実験できなかった波と発生率の関係性についても今後調べていきたい。

11. 参考文献

- ・富山高校 自然科学部 液滴班 平成 11 年
「水面に浮かぶ液滴の仕組み」
<http://tnsc.sugoihp.com/eki/eki.html>
- ・富山高校 自然科学部 平成 12 年
水面を動く液滴 ～ 2 つの液体が一体化しないのはなぜか～
<http://tnsc.sugoihp.com/eki2000/eki2.html>

ウォーターベルと重力

When liquid shaped column collides with a disk vertically, it spreads horizontally and falls. Then, a water film which has an interesting shape appears. This film is called Water Bell, because it looks like a bell. According to previous studies, it was realized that this unique shape is caused by surface tension and the shape varies when the speed of liquid is changed. However, what gravity affects this phenomenon though water film falls has yet to be realized. So, we started this research to understand the relationship between gravity and the Water Bell. Eventually, we found that the internal energy of the water film may affect the shape of the Water Bell and so does gravity as energy.

1. 研究目的

鉛直方向に噴出させた円柱状の液体を地面に対し垂直に立てた円板へ当てると、液体が水平方向へ広がり液膜が形成される。この時の液膜の形がベルの形になることからウォーターベルと呼ばれる。ウォーターベルには図1の様に膜がしぼむもの (type1) と、図2の様に膜が飛散するもの (type2) とがある。先行研究より、流速を大きくするにつれて形が type1 から type2 へと変化すること、液膜の分裂は液膜の厚さに寄らないこと、液体に界面活性剤を加え表面張力を小さくすると流速が一定の条件でもベルの形が安定し大きくなることなどがわかっている。このようにウォーターベルの形状は衝突させる液体の速度と表面張力に影響を受けている。しかし、ウォーターベルは液膜が重力によって鉛直方向に落下することによって形成されるにもかかわらず、ウォーターベルを正面から見た時の形状の変化や重力の影響について言及している研究は見受けられなかった。そこで、諸条件を変えたときのウォーターベル高さの変化に注目し、重力とウォーターベルの形状の変化との関係について調べようと試みた。今回は、3つの実験を行った。実験1では、衝突する水の流速とウォーターベルの高さとの関係について調べた。ウォーターベルの形状が鉛直方向にどのように変化するかを明らかにするためである。実験2では、液体の温度とウォーターベルの高さの関係について調べた。実験3ではシミュレーションによるウォーターベルの解析を行う。これは、実験にてウォーターベルを作成すると条件によっては計測が難しいことが多いためであり、また、理論的に計算することでウォーターベルの形状についてさらに詳しく考察しようとしたためである。



図1 膜がしぼむタイプ (Type1)



図2 膜が飛散するタイプ (Type2)

2. 研究方法

1) ウォーターベルの高さ

研究を行うにあたりウォーターベルの高さを定めた。(図3) 円柱の上端と水膜が切れる所との高さの差をウォーターベルの高さとした。円柱の上端を基準としたのは、円柱には常に水が当たっているためウォーターベルに頂点がないためである。

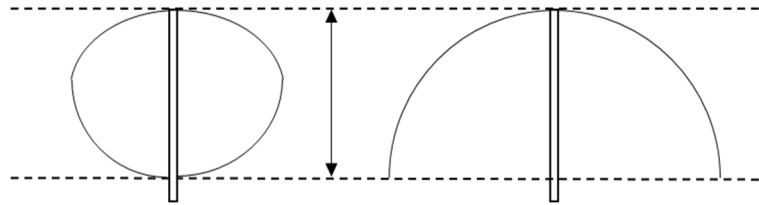


図3 ウォーターベルの高さ 両向き矢印の間をウォーターベルの高さとした

2) 実験1

実験装置の概略図を図4に、装置の全体像を図5に示す。円柱の棒を地面に対し垂直に立て、その上に円柱との間隔が1cmとなるようにノズルを設置する。実験に使用する水は水道から直接得た。衝突させる水の流速を変える際は、管の位置と長さを固定し流量計を基に流量のみを変えることで流速を変化させた。写真4に示すように、水道からつないだ管を途中で流量計に流れる管(A)と実験装置につなぐ管(B)とに分岐させた。実験を行う際はまず、Aに水を流して流量を調節し、その後、流れる方向を変えBへ流した。Bへ水を流すと棒に水が衝突しウォーターベルが形成される。形成されたウォーターベルは真横から20倍スローで撮影できるカメラで撮影し、その動画を基にベルの高さを測る。今回は、一つのフレーム内でカメラに対し一番手前に来る膜の高さを測りそれを10フレーム分測りその平均を求めた。なお、液膜は条件によっては切れやすく、そのため、ウォーターベルが時々大きく欠けることがある。そこで目視で大きく欠けていると判断したフレームは計測を行わなかった。実験は流量2.0L/minから始め0.2L/minずつ大きくし、液膜の端が木の棒に触れなくなったところから計測を開始した。計測は、ベルの形がtype1からtype2へと変わりその後高さが変化しにくくなる3.5L/minまで行った。また、棒の直径の大きさによる影響を考慮し、棒[大](直径18mm)、棒[中](直径12mm)、棒[小](直径8.0mm)の計3種類を用いて実験を行った。なお、何れの棒もノズルの直径5.6mmより大きいものである。

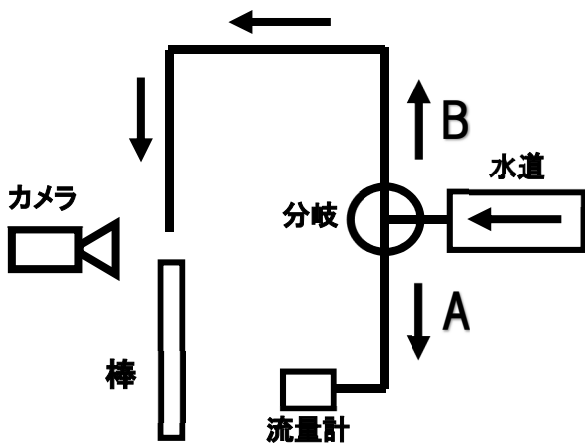


図4 実験装置概図



図5 実験装置

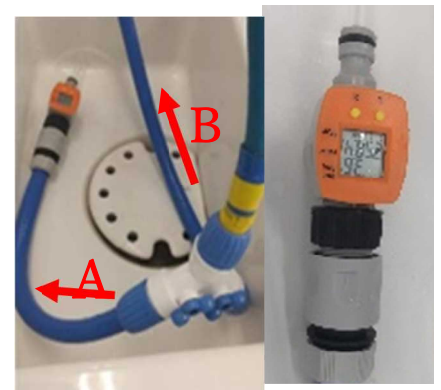


図6 分岐と流量計

3) 実験2

流速を一定とし液体の温度を10℃ずつ変えた時のベルの高さを計測する。この実験では、水を同じ高さから自由落下させた。計測方法は実験1と同じである。

4) 実験 3

今回は計算ソフト Excel を用いた。現在、多種多様な物理演算ソフトが出回っているが、我々は高校物理を用いて簡潔にシミュレーションを行おうと考えこれを使用するに至った。計算するにあたって、まず、一点から等角度で水平方向へ放射される体積のない粒子というのを考えた。図 7 は真上から放射の様子を捉えた図である。中心の放出点から一定間隔で断続的に粒子を放出する。粒子の質量並びに初速度は初期条件としてこちらが決めることとする。今回、ウォーターベルの形状をシミュレーションするにあたって、一つの質点の軌跡に注目した。まずは、粒子の温度は一定で粒子には重力と表面張力を模した粒子間に働く力のみが働くという条件で計算を行う。粒子間に働く力は図 1 から求めた。粒子の放出点と粒子との距離を L 、粒子を放出する際の粒子同士の角度を θ とする。すると粒子間の距離 x は、 $x=L \cdot \sin \theta / 2$ で表せる。そして、今回は粒子間に働く力 f を $f=kx^2$ とした。 k は比例定数である。これは、Type1 では一度広がった膜が再び戻る様子が見られたためこのように設定した。 f は一对の粒子にかかる力であるので、これを基に一つの粒子が周りの粒子から受ける合力 F を求める。粒子は水平方向に等距離、縦方向に一定間隔で放出されているので一つの粒子が隣接している粒子は 4 つであると考えた。これは、粒子が格子状に並んでおり、粒子の放出する際の角度を小さくすればするほど平面に近い状態になると考えたからである。また、5 つの粒子の配置は球面に並んでいると近似できるので、4 つの力を合わせると近似した球面の中心方向にかかる力のみが残る。よって、合力 F は近似した球面の中心方向に $F=4f$ かかっているといえる。尚、この近似球面の中心は粒子の位置によって変わる。この後、今求めた合力 F と重力 mg (m は粒子の質量、 g は重力加速度) を用いて粒子の軌跡を求める。

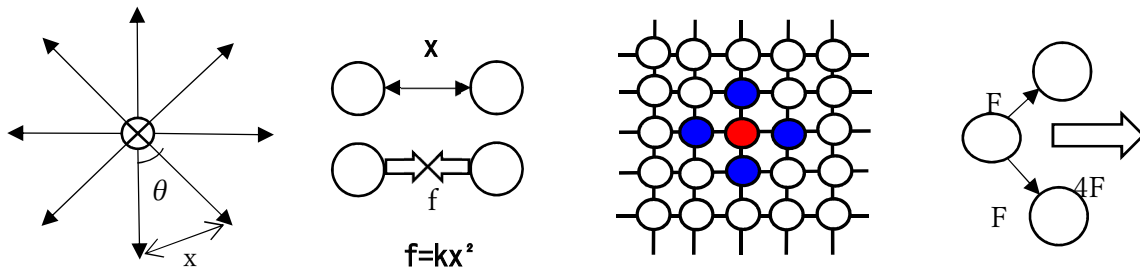


図 7 上から見た放射点 図 8 粒子間にかかる力 図 9 隣接する粒子 図 10 合力とその向き

3. 結果

1) 実験 1

結果は以下の図 11, 12, 13 のようになった。どれも流量を増やすほど高さが小さくなっていることがわかる。それぞれのグラフを比べると直径が一番小さい 8 mm の棒の時にグラフの傾きは最大となり、棒の直径が大きくなるにつれてグラフの傾きは小さくなった。また、流量が 3.4 L/min のときどのグラフも高さが 3.0 cm 辺りを示すことがわかる。この他、実験の際ベルを観察すると棒の直径が小さくなるにつれてウォーターベルの形状は鉛直方向に延びる傾向があった。

2) 実験 2

結果は図 14 のようになった。グラフより液体の温度を上げるほどベルの高さは小さくなるのがわかる。また、観察すると流速が一定にも関わらずベルの形がしばむ形から飛散する形をとるようになった。

3) 実験 3

今回のシミュレーションで得られた結果は図 15 である。ベルの高さも幅も実際のものに近い値を示した。

図11 直径8.0mmの棒に当てた時のベルの高さ

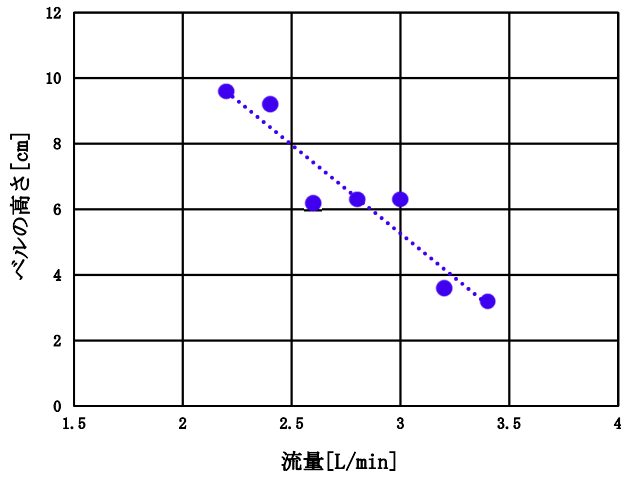


図12 直径12mmの棒に当てた時のベルの高さ

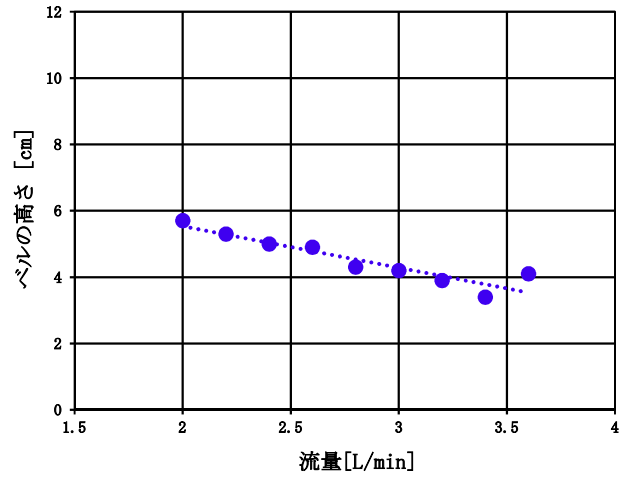


図13 直径18mmの棒に当てた時のベルの高さ

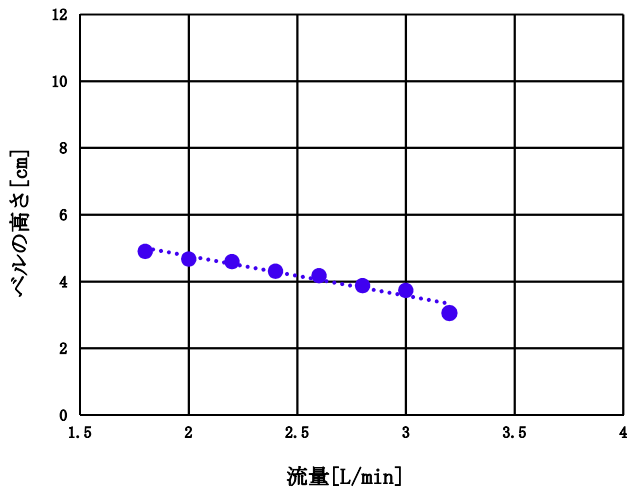


図14 液体の温度を変えた時のベルの高さ

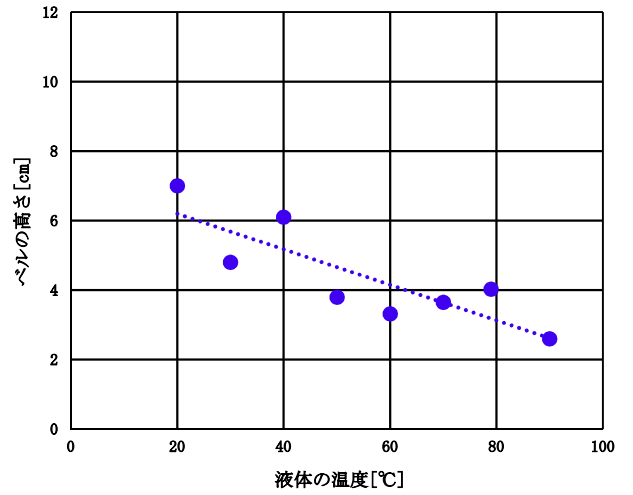
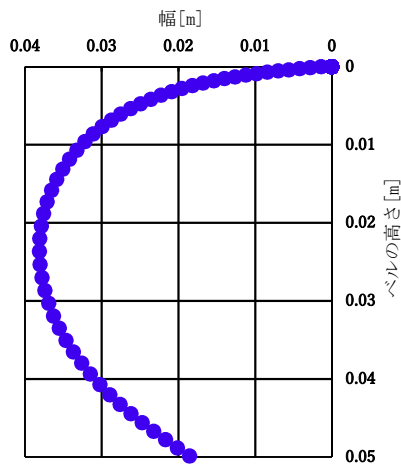


図15 シミュレーションの結果



4. 考察

1) 実験 1, 2

実験 2 の結果より、ウォーターベルの形状は液膜の内部エネルギーと何らかの関係があると考えられる。そして、実験 1 で流速を変えたときと実験 2 で温度を変えたときで同じような変化を示したことから、流速は運動エネルギーという形でウォーターベルの形状の決定に関係していると考えられる。また、推測ではあるが重力も重力による位置エネルギーとしてこの現象に関わっていると考えられる。

2) 実験 3

今回は、粒子間に働く力は $F=kx^2$ という条件でシミュレーションをし、その結果、実際のものに近い結果を得られた。これは $F=kx^2$ とすることで水分子が表面張力によって面積を小さくしようとする性質を表現できているからなのではないかと考える。

5. 結論

ウォーターベルの形状には水膜の内部エネルギーが関わっていると考えられる。そして、重力は水膜内の分子に仕事をし、水膜の内部エネルギーを増加させる働きをしていると考えられる。また、液体の流速と温度はそれぞれ運動エネルギーと内部エネルギーとして初めに蓄えられており、重力によって仕事を受けた結果内部エネルギーがある一定になったところで膜が分裂をしているといえる。また、Excel を用いてウォーターベルの形状を解析しようとした。今回は、液体の温度を無視したがそれでもある程度近い値をとれたためこのシミュレーションにはある程度妥当性があるといえる。

6. 展望

ウォーターベルの形状は液膜の内部エネルギーと関係があるという結論に至ったが確かな証拠を得られたわけではない。しかし、ウォーターベルの形状に関して内部エネルギーに注目するという新たな視点を築くことが出来た。今後は、この点に注目し研究を進めていきたい。また、シミュレーションについては、温度を条件に入れることが出来なかったためさらに改良し、シミュレーションの精度を高めていきたい。

7. 参考文献

1. 大原博史、庵原昭夫. ウォーターベルの形成に及ぼす界面活性剤の影響. 日本機械学会論文集. 2004
2. 野村高広、山田裕治. ウォーターベルの流動形状. 呉工業高等専門学校. 2019

ポリ乳酸の再利用方法について

I tried to find out some ways to recycle used polylactic acid which is used as film or seat. This is because we can't say that the way to recycle as polylactic acid is efficient (only 30% can be recycled as that state). Thus, I decided to recycle the acid as ethyl lactate which is used as perfume. In order not to form lactic acid dimer, I think I can prevent the reaction by acetylation with acetic acid.

1 要旨

ポリ乳酸を加水分解してポリ乳酸として再利用しようとする方法は元の質量の30%ほどしか回収できないため、それ以外の物質として再利用する方法を考えた。よって香水などに用いられる乳酸エチルとしての方法を考えた。反応途中で乳酸の二量体生成を防ぐため、無水酢酸を用いて二量体を抑えながら乳酸エチルを生成しようと考えた。

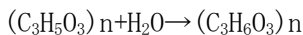
2 研究目的

ポリ乳酸はとうもろこしなどから作られる生分解性のプラスチックである。しかしながら先行研究では回収率が30%と多くを回収できないことが確認されたので、乳酸の持つ2つの官能基を利用して他の方法で再利用したいと考えたので本実験を行なった。

3 実験方法

実験1 PLAの加水分解

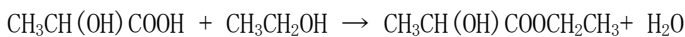
ポリ乳酸を加水分解して乳酸とし、その時に使う硫酸の適正濃度を測る。



仮説:ポリ乳酸から乳酸を生成する反応は可逆反応であるので触媒のある状態とない状態では差があるが、濃度では可逆反応によりある程度一定の時間がかかるのではないかと考えた。

実験2 乳酸とエタノールのエステル化

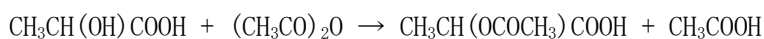
乳酸2mLとエタノール4mLを試験管に加えて攪拌しながら加熱しエステル化する。



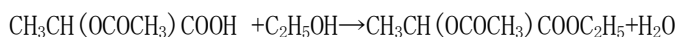
これによって乳酸エチルの芳香が確認された。

実験3 乳酸のヒドロキシ基を無水酢酸でアセチル化し、保護した状態でエステル化を行う。乳酸とエタノールでエステル化するとき、その反応だけでなく、乳酸同士のヒドロキシ基(-OH)とカルボキシ基(-COOH)とで乳酸が二量体を形成する。それを防ぐために、以下の手順で合成を行う。また、先行研究で乳酸とエタノールの混合比は2.5:1くらいがよいとされていたので、以下乳酸2mL、エタノール6mLで実験を行う。

- ① 乳酸2mLと無水酢酸4mL、沸騰石を試験管に加え攪拌しながら加熱し、アセチル化で乳酸のヒドロキシ基を保護する。



- ② ①の試験管にエタノール6mLを加えて攪拌しながら加熱し、エステル化を行う。



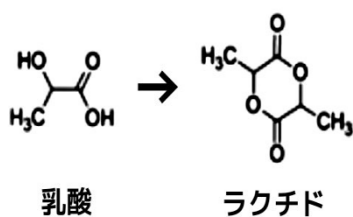
- ③ NaOH (0.75mol/L)を加え、脱保護を行い、酸を加え中和する。



- ④ 過剰量の無水酢酸やエタノール、水分を140℃ほどまで加熱して蒸発させ、残留したものを乳酸エチルと仮定する。

- ⑤ 無水酢酸を用いて生成する乳酸エチルと無水酢酸を用いない(乳酸2mLとエタノール6mLのエ

ステル化のみ)で生成する乳酸エチルを、それぞれ得られ得る最大の乳酸メチル(約 3.15g)と比較した。



乳酸の二量体形成

表 沸点(°C)	
乳酸エチル	154
無水酢酸	139.5
乳酸	122
酢酸	118
エタノール	78

表 沸点(°C)

仮説：塩基性化でエステルは保持したまま、アセチルだけ脱保護できれば、二量体形成を抑えて収率を高くすることができる。

4 結果

実験 1

	蒸留水加熱	0.50mol/L で加熱	3.0mol/L で加熱
時間	約 27 分	約 23 分	約 22 分

モル濃度に応じて分解速度は速くなっていった。水だけの場合と硫酸を加えた場合とでは大きく時間の差ができていたのに対し、0.5 と 3.0 ではそこまで大きな差が見られなかった。

実験 3

	質量比
無水酢酸を用いた場合	0.78
無水酢酸を用いなかった場合	0.73

大きな差は見られなかった。

5 考察

エステル結合は塩基下で加熱するとけん化されてしまうが水分等の蒸発前の中和が甘かったのか、溶液の体積が減少するにつれ、水酸化物イオンのモル濃度が上昇し、けん化されてしまったのではないかと考える。

6 分析依頼 ※上越環境科学センター様に依頼

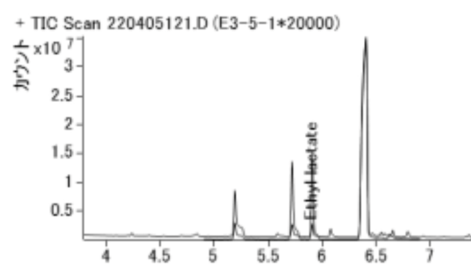
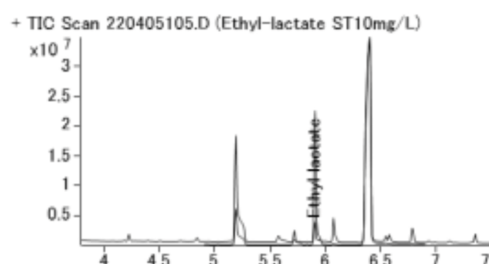
方法 実験 3 の、無水酢酸を用いて生成した試料をメタノールで希釈後、内部標準として 2-ブトキシエタノールを添加し、ガスクロマトグラフ質量分析法(GC/MS)により分析した。

結果 溶液 1.0L 中に 6.1784g の乳酸エチルが検出。よって希釈前には 12%(w/v) (100mL 当たり 12g の乳酸エチル)が存在することが判明した。

考察 ここから判明した濃度と実験 3 から測定された濃度に差異が見られたので実験 3 にはそれ以外の不純物が実際には存在することがわかった。具体的には蒸発しきらなかった無水酢酸や水酸化ナトリウムを加えたときに発生することが考えられる酢酸ナトリウムなどが考えられる。

純粋な乳酸エチルの分析

実験 3 のサンプルの分析



7 結論

今回塩基性下として 1 種類(0.75mol/L)のみしか時間の都合上できなかったためこれが適当なモル濃度であったのかどうか定かではなかった。よって濃度変化による影響も調べたい。またアセチル化の過程で硫酸を入れることで脱水により無水酢酸の状態を保てるのではと考えた。なのでそれもやってみよう。

また、エステルが発生すると呈色を起こす呈色反応(ヒドロキサム酸鉄(III)など)を加えて、その吸光度から濃度を正確に求める方法も行いたい。

8 参考文献

(1) ポリ乳酸系生分解性プラスチックのリサイクル技術の開発

化学環境室 森 文彦, 海老原 昇, 上原 健, 鍋島 宏司 食品化学部 田中 正男

https://www.pref.chiba.lg.jp/sanken/kenkyuu/library/h18/documents/h18_05.pdf

(2) アルケマ フランス国、テシエール、レミー フランス国、乳酸エチルの連続製造、特表 2006-509024、2004. 6. 24

9 謝辞

本研究を進めるにあたり、突然にも関わらず私の調査依頼を承っていただいた上越環境科学センター様はじめ、本研究にご協力いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

クモ糸繊維の形成

We wanted to find the way to create the spider's fiber. Spider's thread is about four times as hard as steel, and has a heat resistance which can resist more than 300°C. However, a spider can't provide enough fiber to create any tool. So we decided to research to create the spider's fiber.

1. 要旨

私たちの注目したクモ糸は綿などの天然繊維に比べても強度、伸縮性、耐熱性などさまざまな点で優れている。その構造はフィブロインという繊維状タンパク質がセリシンに包まれている。フィブロインはクモ糸の70%を占めていて、強度を高める主成分である。しかし、クモ糸を効率的にかつ大量に生産する方法は確立されていない。

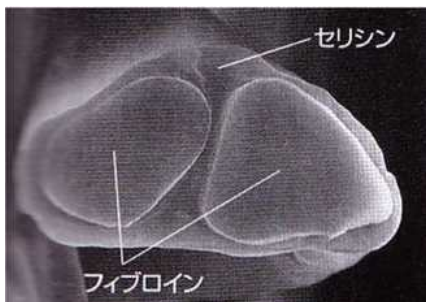


図1 クモ糸の断面の構造

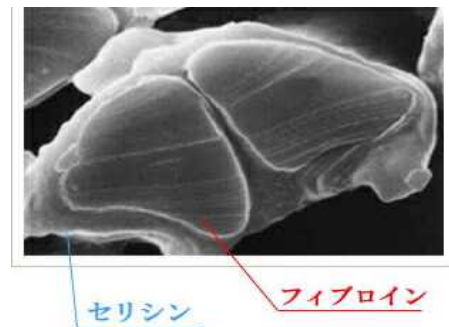


図2 絹糸の断面の構造

2. 研究目的

クモ糸はクモからの生産速度が遅く、工業的な使用の段階にはまだいない。クモ糸をよく溶かす溶媒と押し出した際にシート状に形成させる方法を見つけることで、クモ糸を実用化に繋げる。

3. 予備実験

外で採取したクモ糸を溶液に溶解するかを確認する。

《試料・器具》

- ・クモ糸(外で採取したもの、枯葉などの塵を含む。)
- ・塩化カルシウム ・セルロースチューブ ・炭酸ナトリウム

《実験方法》

- ①クモ糸を水 200mL に入れ、1 時間攪拌する。
- ②攪拌したクモ糸を 0.5%炭酸ナトリウム水溶液で 1 時間煮沸する。
- ③50%塩化カルシウム水溶液で沸騰した状態で攪拌しながら溶解する。

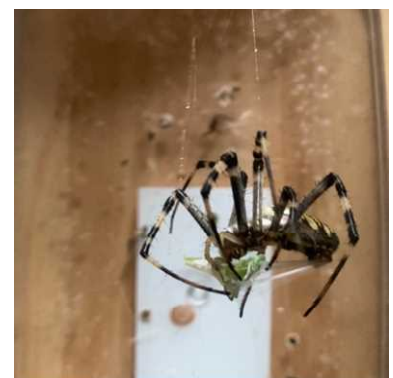


図3 飼育したジョロウグモ

《結果》

クモ糸は溶解されなかった。また外で採取したクモ糸にはゴミが絡まっているので、正確な結果を出すことは困難だと考えた。そこで、家でクモを6匹、1ヶ月間程飼い、純粋なクモ糸の採取を試み

たが、集めることのできたクモ糸の量は僅か0.02gしか取れなかったため、構造の近い絹糸を代わりに使用することにした。

4. 実験

実験1 絹糸が溶ける溶媒の検証

《実験目的》

絹糸を溶かすことができる溶媒を見つける。

《試料・器具》

- ・絹糸 0.3g ・塩酸(6.0mol/L)
- ・硫酸(6.0mol/L、2.0mol/L) 水酸化ナトリウム(6.0mol/L)
- ・スターラー ・温度計

《方法》

- ・スターラーで加熱した溶液(塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム水溶液)20mLに細かく切った絹糸を少しづつ入れて溶液を50℃から60℃に保ち糸を30分攪拌しながら溶かす。絹糸の原型がなくなっている時、溶けているとした。

《結果》

表1より、絹糸は結果的に全ての溶液で溶かすことができた。この時硫酸(2.0mol/L)では30分間攪拌しただけでは溶けず、さらに30分攪拌することで溶けていた。また塩酸の時には液体の色が淡桃色になっていた。水酸化ナトリウムでは、目を凝らすと小さな粒子が見えた。



図4 絹糸を硫酸で溶解した様子

(表1)

溶液	溶解	溶解時の様子
硫酸(2.0mol/L)	溶解した	最初の30分間では溶けず、次の30分間で溶けた。溶液全体に溶けていた。
硫酸(6.0mol/L)	溶解した	どろどろに溶けていた。
塩酸(6.0mol/L)	溶解した	淡桃色の液体になっていた。
水酸化ナトリウム水溶液(6.0mol/L)	溶解した	目を凝らせば、小さな粒子が見えた。

実験2 抽出液による析出の確認

《試料・器具》

- ・アセトン ・蒸留水 ・シャーレ

《方法》

- ・アセトンと蒸留水をシャーレ全体に浸すくらい量り、シャーレに移す。次に実験1で作った溶液を2mL程取り、抽出液との変化を見る。

《結果》

表2よりアセトン、蒸留水共に白い反応物が見られたが、シート状に形成することは出来なかった。



図5 アセトンを加えた様子

(表 2)

溶液\抽出液	アセトン	蒸留水
硫酸(2.0mol/L)	白く濁っていた。	変化は見られなかった。
硫酸(6.0mol/L)	白い固まりができた。	白い粒子が現れた。
塩酸(6.0mol/L)	変化は見られなかった。	変化は見られなかった。
水酸化ナトリウム水溶液(6.0mol/L)	白い固まりができた。	変化は見られなかった。

《考察》

この実験から、水に溶けやすいアセトンを用いることにより、タンパク質の溶解度が下がり、析出が起きたと考えられる。蒸留水を用いた時に硫酸(6.0mol/L)だけに反応が見られたのは、硫酸の脱水作用により硫酸が蒸留水と反応し、析出が起きたと考えられる。

実験 3 絹糸、フィブロインパウダーの塩析

《資料・器具》

- ・絹糸(1.0g) ・フィブロインパウダー(1.0g)
- ・塩化カルシウム(22g) ・蒸留水 ・セルロースチューブ
- ・硫酸ナトリウム(0.5g) ・アセトン

《方法》

- ・塩化カルシウム水溶液にフィブロインパウダー、絹糸を別々に加え、80~90℃に保ち30分間加熱する。その溶液をセルロースチューブに入れ、3日間透析する。透析した溶液に硫酸ナトリウム、アセトンを加え、様子を観察する。



図 6 フィブロインパウダーの透析

《結果》

上記の方法では塩析は起こらなかった。絹糸、フィブロインパウダーは塩化カルシウム水溶液には完全に溶解しなかった。

実験 4 遠心分離によるシートの形成

《試料・器具》

- ・フィブロインパウダー(3.0g) ・塩化カルシウム(9.5g)
- ・エタノール(8.0g) ・蒸留水 ・セルロースチューブ
- ・遠心分離機

《方法》

- ・塩化カルシウム・エタノール水溶液にフィブロインパウダー3.0gを加えて80℃以上で5分間攪拌する。その後、溶液をセルロースチューブに入れて3日間透析する。透析した溶液は遠心分離機で3000rpmで30分間遠心分離して浮遊物を取り除き、得た上澄み液を100℃でオーブンで乾燥させてシートが形成されるか確認した。

《結果》

上記の方法ではシートを形成されなかった。

《考察》

攪拌時には80℃以上で加熱していたが、透析では蒸留水の水温が17℃と低く、時間が掛かったため溶けていたフィブロインが析出したと思われる。透析に使用する蒸留水を高い水温に保つ必要があると考えた。



図7 乾燥させたフィブロイン

5. 結論・展望

今回の実験ではフィブロインを溶かすことはできたが、溶液からフィブロインをシート状に形成することはできなかった。今後は、生成がうまくいかなかった原因を探り、まだ使用していない抽出液の使用や、温度や時間の設定を変更してフィブロインの溶解する量を増やす方法を追求したい。また、クモの糸は粘着性の高い横糸と粘着性の低い縦糸で性質の異なる部分があるので今後は使用する糸の部位を限定して行おうと思う。

6. 参考文献

- ・柔軟な絹フィブロインフィルムの開発 河原豊 古川敬子 山本岳志 益田美和 古菌勉
- ・天然繊維素材の化学的応用技術開発 市毛優二 富永博

ポリ乳酸の分解と再生

Biodegradable plastics have become popular. I did the degradation and regeneration of polylactic acid that is one of the biodegradable plastics. According to a previous study, polylactic acid dissolves well in a strong base solution, so I used the ready-made polylactic acid to check if the polylactic acid actually dissolves in a strong base solution. Polylactic acid dissolves as sodium lactic in a strongly basic aqueous solution, thus I neutralized sodium lactic with hydrochloric acid to produce lactic acid, and confirmed whether self-made polylactic acid is produced by heating the lactic acid. According to another study, polylactic acid was decomposed by irradiation of ultraviolet rays, so I irradiated polylactic acid with ultraviolet rays to confirm the change.

1 要旨

生分解性プラスチックが普及してきたため、バイオ素材の再利用を図るために生分解性プラスチックの1つであるポリ乳酸の分解と再生を行った。先行研究からポリ乳酸は強塩基性の水溶液中でよく溶けるとあったため、既製品のポリ乳酸を使用して実際にポリ乳酸が強塩基性水溶液中で溶けるかを確かめた。そして、ポリ乳酸は強塩基性水溶液中では乳酸ナトリウムとして溶けるため、溶けた乳酸ナトリウムを塩酸で中和して乳酸を生成し、その乳酸を加熱することで自作のポリ乳酸ができるかを確かめた。また、他の先行研究から紫外線を照射することでポリ乳酸が分解されるとあったため、ポリ乳酸レジ袋に紫外線を照射して変化の様子を観察した。

2 研究目的

ポリ乳酸は加水分解と微生物の働きによって分解される。しかし、高温多湿環境以外では分解されにくく、完全に分解されるまでに時間がかかる。そこで、短時間で行うことができるポリ乳酸の分解、及び再生方法を見つけるために、この研究を行った。

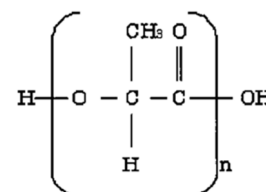


図1 ポリ乳酸の構造式

3 実験方法

予備実験として、乳酸を加熱して自作のポリ乳酸を作った。作ったポリ乳酸は少し黄色味を帯びていた。

【実験1】先行研究より、ポリ乳酸が強塩基性の水溶液中で分解されやすいことを確認する。また、この時自作のポリ乳酸を使用した。

〔条件1〕ポリ乳酸を60℃のお湯に15分間入れる。

〔条件2〕ポリ乳酸を80℃の水酸化ナトリウム水溶液(3.0mol/L、6.0mL)に15分間入れる。

【実験2】既製品のポリ乳酸(BB弾、BIOTECK社)を使用しても、ポリ乳酸が水酸化ナトリウム水溶液中で分解されるのかを確かめる。実験1の条件2と同じ条件下で実験した。

【実験3】乳酸はラクチドという二量体を形成しやすいと言われる。ポリ乳酸を水酸化ナトリウムでけん化し、希塩酸で乳酸を遊離した場合、どのくらい二量体を形成しているかを確かめる。この実験では自作のポリ乳酸を使用した。

〔手順 1〕 ポリ乳酸を十分な量の水酸化ナトリウム水溶液に入れ加熱しながら溶かし、けん化する。

〔手順 2〕 フェノールフタレインを指示薬とし、塩酸(1.0mol/L)を滴下し、未反応の水酸化ナトリウムを中和する。

〔手順 3〕 BCG(プロモクレゾールグリーン)を指示薬とし、塩酸(0.10mol/L)を滴下し、乳酸ナトリウムから乳酸を遊離する。

【実験 4】 紫外線照射によってポリ乳酸が分解されるという先行研究がある。既製品のポリ乳酸(PLA 生分解性レジ袋、TJC 株式会社)に紫外線を照射し、電子顕微鏡(日立製作所、MiniscopeTM3030)からの外見と吸収スペクトル(島津製作所、紫外可視分光光度計 UV-1280)の違いをそれぞれ比較した。また、吸収スペクトルではでんぷんが主な材料となっているゴミ袋(上越市 生ごみ指定袋)の数値も調べ、ポリ乳酸のレジ袋との数値を比較した。

【実験 5】 既製品のポリ乳酸(BB 弾)を分解して乳酸にした後、その乳酸を加熱して自作のポリ乳酸と同じものができるか確かめる。

〔手順 1〕 ポリ乳酸 5.0 g を水酸化ナトリウム水溶液(2.0mol/L、20mL)に入れ、20 分間加熱する。冷却後、ろ過する。

〔手順 2〕 ポリ乳酸 5.0 g を塩酸(2.0mol/L、20mL)に入れ、20 分加熱する。冷却後、ろ過する。

〔手順 3〕 手順 1 でできた溶液 15mL と手順 2 でできた溶液 15mL を混合し、冷却して塩である NaCl を沈澱させ、溶液の上澄みをとる。

〔手順 4〕 上澄み液をステンレス製の器に入れ、ホットプレート上で加熱し固化する。

4 結果

【実験 1】 条件 1 ではポリ乳酸は分解されなかった。条件 2 では、ポリ乳酸が溶液中に溶けて少し黄色の透明な溶液となった。



図 2-a 実験 1
お湯でポリ乳酸を分解



図 2-b 実験 1
水酸化ナトリウムで
ポリ乳酸を分解



図 2-c
レーザー光線を照射
(左…条件 1、右…条件 2)

【実験 2】 BB 弾の元の形状は崩れたが、結合が切れたポリ乳酸は底に沈殿し、実験 1 のようにポリ乳酸が溶液中にとけて透明な溶液になることはなかった。

【実験 3】 自作のポリ乳酸 0.087 g を水酸化ナトリウム水溶液(2.0mol/L、9.0mL)に入れて加熱しながら溶かした。この溶液から 1.0mL を取り出し、9.0mL の蒸留水を加えて希釈した。次にフェノールフタレインを指示薬とし、塩酸(1.0mol/L)を滴下した。中和には 1.71mL の塩酸を要した。次に BCG を指示薬とし、塩酸(0.10mol/L)を滴下した。中和には 0.30mL の塩酸を要した。



図 3-a 実験 2
実験前



図 3-b 実験 2
実験後



図 4-a
フェノールフタレインを
使用して中和する前①



図 4-b
第一中和点②



図 4-c
BCG を使用して中和
する前③



図 4-d
第二中和点④

【実験 4】0 日目では切った断面が荒くなっていたが、11 日目では荒い部分が少なくなっていた。(0 日目と 11 日目の画像の写されている場所はそれぞれ別の場所である)また、吸光度については、ゴミ袋(上越市)では 0 日と 15 日に大きな変化は見られなかった。ポリ乳酸では多少の変化があったが、もう少し長い時間の変化を観察する必要がある。

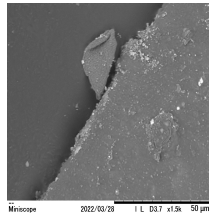
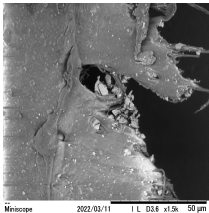


図 5 実験 4
ポリ乳酸レジ袋に紫外線照射した
場合の比較(1500 倍)
左:0 日目 右:11 日目

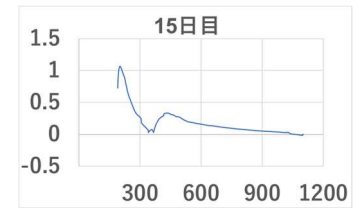
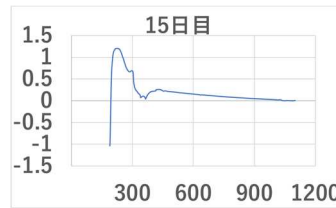
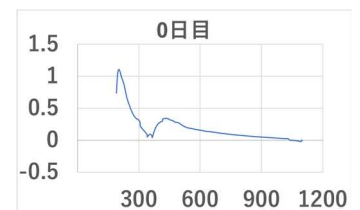
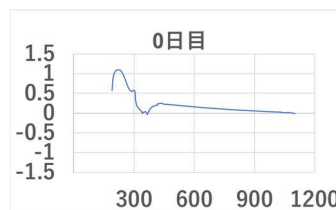


図 6 実験 4 吸収スペクトル
(左:ポリ乳酸レジ袋 右:生ゴミ袋)

【実験 5】取り出した乳酸は、やや黄色の透明な液体であったが、加熱すると緑色の固体となった。しかし一昼夜置くとその一部は黒色の液体となった。再度加熱すると緑色の固体となった。



図 6-a 実験 5
中和後、水分を蒸発させた残留物



図 6-b 実験 5
加熱し、固化した物質



図 6-c 実験 5
一昼夜置いておいた物質



図 6-d 実験 5
参考:自作のポリ乳酸

5 考察

【実験 3】

使用した水酸化ナトリウムは $1.8 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ で、1/9 を取り出し中和しているため、 $2.0 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ の水酸化ナトリウムを使用したことになる。第一中和点で塩酸は、 $1.71 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 必要であったため、けん化に使われなかった水酸化ナトリウムも同量となる。その差、 $2.9 \times 10^{-4} \text{ mol}$ が乳酸ナトリウ

ムに変化したと仮定すると、第二中和点までに要した塩酸は $3.0 \times 10^{-5} \text{ mol}$ であったことから、約 10%は乳酸となり、約 90%は二量体などの形になっていたと考えられる。

【実験 4】

紫外線を照射されたポリ乳酸は分解されて乳酸の結合が弱くなり、ポリ乳酸のレジ袋が切れやすくなったため、11 日目では切断面に荒い部分が少なくなったと考えられる。

【実験 5】

取り出した乳酸を加熱した際に緑色の固体となったのは、乳酸中の NaCl を完全に取り除けなかったことが影響している可能性がある。

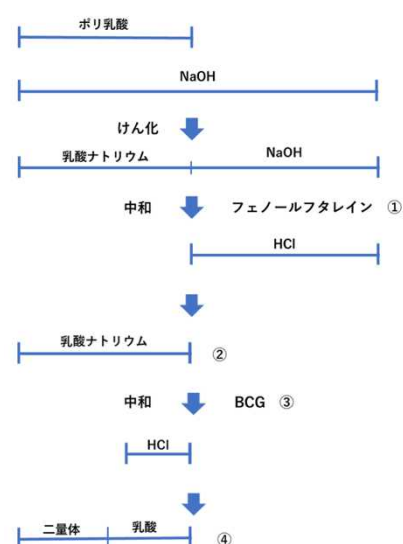


図 7 実験 3
ポリ乳酸から乳酸を取り出す過程

6 結論

既製品のポリ乳酸の紫外線照射による変化は多少見られたが、微量な変化であるため短時間でのポリ乳酸の分解には繋がらなかった。また、ポリ乳酸を分解し乳酸にして、再度ポリ乳酸にする試みでは、取り出した乳酸を加熱した際に固形にはなるが、一昼夜置くと一部が液体に戻ってしまった。

7 参考文献

(1) ポリ乳酸の合成 江森 皓亮, 杉浦 宏介

<https://www.hst.titech.ac.jp/~meh/2009/PolyLacAcid.pdf>

(2) 「ポリ乳酸の光分解性ポリマーとしての可能性の検討」 篠 英之, 竹内 志彦, 芦田 道夫 著 高分子論文集, Vol. 49, No. 6, pp527-533 (19)

https://www.jstage.jst.go.jp/article/koron1974/49/6/49_6_527/_pdf

カーネーションのネムリ病の研究

I wanted to find out how “Carnation’s sleeping sickness” occurs. Firstly, ethylene makes carnations suffer from “sleeping sickness”. This phenomena keep carnations from blooming. And it’s known the ovary of carnations enlarge when it receives ethylene. So I experimented measuring the ovaries after causing “Carnation’s sleeping sicknesses” and compared them. As a result, I found “Carnation’s sleeping sicknesses” occurred when adding a specific amount of ethylene into the carnations, also the carnation’s form(when a bud, blooming, or bloomed) influenced whether or not the ovary was enlarged.

1 要旨

エチレンには植物を熟成、老化させる働きがある。カーネーションの場合、エチレンを受容すると花が咲かなくなってしまう、ネムリ病という現象が起こる。そしてネムリ病が起こると、カーネーションの子房も肥大することが分かっている。そこで、エチレンガスによってネムリ病がどのように起こり、子房の肥大がどのように起こっているのかの仕組みを解明したいと考え、研究を行った。

2 研究目的

カーネーションのネムリ病が起こる時、子房はどのように肥大するのかを解明すること。

3 実験

【予備実験】

下の密閉容器を用いてエチレンガスによってカーネーションのネムリ病が起こるかを確認する。

【実験Ⅰ】 ネムリ病による子房の肥大1

子房の肥大がいつ起こるのか、エチレンの多少によって子房の肥大の大きさが変わるのかを確認する。

【実験Ⅱ】 ネムリ病による子房の肥大2

予備実験と実験Ⅰではカーネーションの子房の外側の萼の直径を測定し、測定後にネムリ病が起こったか実際に子房を確認していたが、ネムリ病が起こり、子房の肥大が見られたのにも関わらず、外から測定した値には大きな変化が認められなかった。そのため今後子房の肥大の様子を外から観察できるように、萼と花卉を子房が見えるように半分剥いた状態でもネムリ病が起こるのか確認する目的で実験を行った。実験手順は以下の通りである。

- ① カーネーションを蕾を4本、咲きかけ4本、開花4本の状態に分ける。そのうち3本ずつにエチレンガスを与え、残りの1本ずつにはエチレンを与えない（対照実験）。
- ② ①の組み合わせを3つ作り、それぞれを「何も剥かないカーネーション」、「子房が見えるように半分に剥いたカーネーション」、「子房が全て見えるように剥いたカーネーション」に分ける。
- ③ 用意した密閉容器の中にそれぞれカーネーションを入れ、密閉容器の一方にエチレンを20m与え、もう一方にはエチレンを与えずに（対照実験）、2日間置く。



写真1 密閉容器の様子



蕾 (つぼみ)・咲きかけ・開花



半分剥いた状態



全て剥いた状態



ネムリ病の子房

【実験Ⅲ】 子房が肥大するタイミングとは

実験手順

- ① 子房が見えるように半分剥いたカーネーションを 10 本作り、その内 5 本(ア～オ)にエチレン 30mL を加え、残りの 5 本は外に置く。
- ② エチレンを加えてから 15 時間後、19 時間後、24 時間後、39 時間後、43 時間後、47 時間後に写真を撮って子房の大きさを比較する。

4 結果と考察

【予備実験】

写真 1 の密閉容器の環境において、エチレンガスの影響によって花が咲かなくなることと子房の肥大を確認し、ネムリ病が再現できることが分かった。



実験前



エチレンガスを与えて 2 日後

【結果 I】

エチレンを加えてから 16 時間後の子房より、24 時間後の子房の方が肥大が大きかった。また、エチレン量の多少(10mL, 20mL)による著しい子房の大きさの違いは見られなかった。



16 時間後 エチレン 10 mL



16 時間後 エチレン 20 mL

【結果Ⅱ】 大幅に子房が肥大した…◎ 少し子房が肥大した…○ 子房が肥大しなかった…×

	何も剥かない状態			半分剥いた状態			すべて剥いた状態		
	蕾	咲きかけ	蕾	咲きかけ	開花	開花	蕾	咲きかけ	開花
エチレンあり	×	×	×	○	○	◎	×	×	×
エチレンなし	×	×	×	×	×	×	×	×	×



写真 2：半分剥いた状態（実験前・開花）



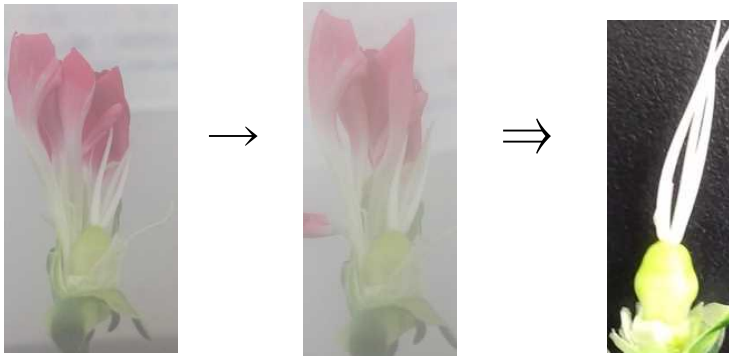
写真 3：半分剥いた状態（実験後・開花）

結果Ⅱから、開花のカーネーションが半分剥けた状態でネムリ病が起こることが分かった。そこでさらに確認のため追加実験を行った。カーネーションの本数を減らし、エチレンの量と日数を増やして同じ実験を行ったところ、何も剥かない開花状態の子房も眠り病によって肥大したことを確認した。その結果として、何も剥かない状態と半分剥いた状態で開花したカーネーションはネムリ病が起こることが分かった。これより、子房の肥大の外からの観測が可能となった。

【結果Ⅲ】ア～オのカーネーションの子房が最も肥大した時間帯

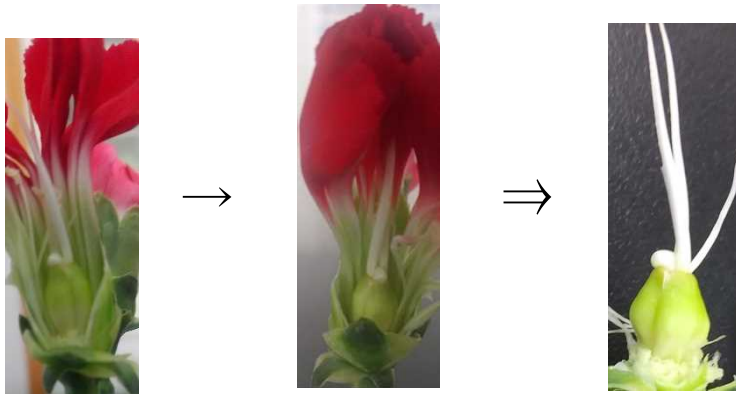
経過時間	0～15 時間後	15～19 時間後	19～24 時間後	24～39 時間後	39～43 時間後	43～47 時間後
ア				○		
イ	○					
ウ				○		
エ					○	
オ				○		

アの写真



一番左の写真から 24 時間後→39 時間後
⇒47 時間後の子房を表している。

イの写真



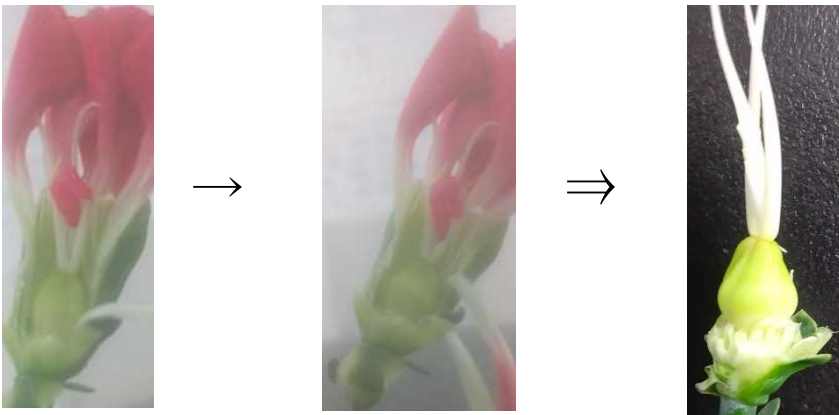
一番左の写真から 0 時間後→15 時間後
⇒47 時間後の子房を表している。

ウの写真



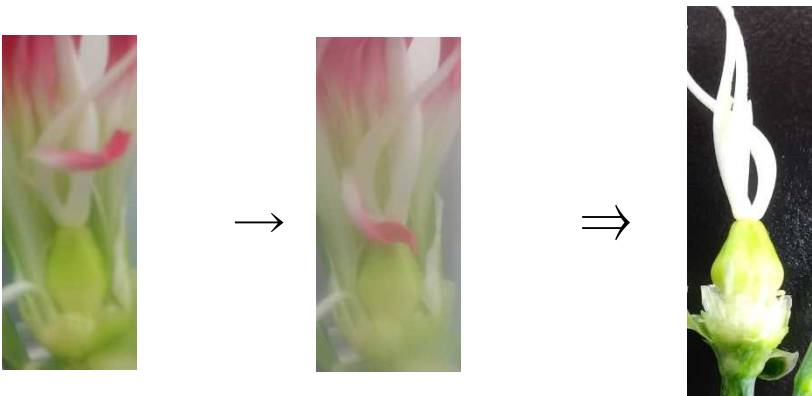
一番左の写真から 24 時間後→39 時間後⇒47 時間後の子房を表している。

エの写真



一番左の写真から 39 時間後→43 時間後
⇒47 時間後の子房を表している。

オの写真



一番左の写真から 24 時間後→39 時間後
⇒47 時間後の子房を表している。

5 結論と考察

実験Ⅲより以下の結論を得た。

- 全てのカーネーションが 43 時間後にはネムリ病が起こり、子房が肥大した
- 花卉が閉じるタイミングと子房が肥大するタイミングは同時ではない。
- 15 時間後には全ての花卉は閉じた。

今回の実験で、5つのカーネーションの中で3つのカーネーションの子房が一番肥大した時間帯が夕方から朝にかけてであることが分かった。従って、カーネーションのネムリ病による子房の肥大は暗所で起こる可能性も考えられる。

今まで花卉が閉じることをネムリ病が起きている1つの指標としていたが、今回の実験で花卉が閉じることと子房が肥大することは同時に起こらないことが分かった。今後更にネムリ病がどのように起こっているのか解明していきたい。

6 参考文献 植物の一生とエチレン 太田保夫

植物の葉を用いたバイオエタノール生産方法の模索

In order to produce bioethanol, we used corn or sugar cane for its raw materials. However, it causes food shortages. To solve this problem, we studied efficient production processes of bioethanol by using "what humans don't need". As a result, we could not completely establish an efficient method of producing bioethanol. However we can research efficient ways of each process. We are going to improve the accuracy of this research and carry out each process continuously. We aim to establish the efficient way of producing bioethanol by using "what humans don't need".

1. 序論

バイオエタノール生産のために、トウモロコシやサトウキビなどの人間が食料とする植物が使われている。これが原因となって、食糧問題が引き起こされている事例があることを知った。この問題を解決するために、私たちは、「人間が必要としないもの」を原料として用いた、効率の良いバイオエタノール生産の過程を考えた。

2. 実験方法

私たちは工程別にそれぞれ実験を行うことで、効率よく実験を進められると考え、バイオエタノール生産の工程ごとに、デンプンの抽出実験、糖化実験、発酵実験の3つに分けて実験を行った。糖化とは、デンプンなどの多糖類が、酵素や酸で加水分解されて小糖類・単糖類に変わる反応である(②式)。

【実験1】デンプンの抽出実験

文献を調べていくと、デンプンを水溶液中で沈澱させる方法が挙げられていたが、すりつぶした葉の小片も同様に沈殿してしまい、デンプンだけを取り出すことができなかつたので、すりつぶした葉の小片を取り除いた上でデンプンを沈澱させる方法を考えた。

〔目的〕デンプンの質量を量るために、葉に含まれるデンプンのみを固体で取り出す。

〔実験で用いた葉の種類〕インゲンマメ、ダイコン

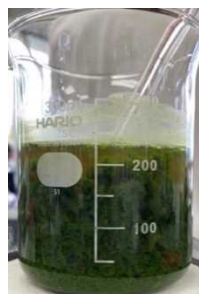
〔方法〕① 葉 25g を乳鉢ですりつぶし、約 40℃ に温めた蒸留水 200g に溶解させる。

② 葉の小片はネットを用いて取り除き、それでも取りきれない細かい不溶成分は、煮沸して分離させたのち、フィルターを用いて濾過する(図1)。

③ 低温でデンプンを析出させ、濾過をして取り出す。



煮沸前



煮沸中



煮沸後

図1 葉の不溶成分を取り除いている様子

【予備実験2】

【実験2】において、デンプンの糖化に必要なマルターゼと呼ばれる酵素を手に入れることができなかつたため、その酵素を含んでいる麦芽から純粋な酵素液を作成することとした。麦芽にはデンプンが

既に含まれていて、このデンプンを取り除かなければ、次の実験において正確な数値を求めることができないと考えた。



(E：酵素、S：基質、ES：酵素-基質複合体、P：生成物)

①式は、酵素の作用を受けて、基質から酵素-基質複合体を経て生成物ができる反応を表している。基質（デンプン）の分解に使われる酵素が反応後に残るため、デンプンだけを分解して純粋な酵素液を作成できると考えた。

〔目的〕 麦芽に含まれるデンプンを取り除いた溶液(酵素液)を作成する。

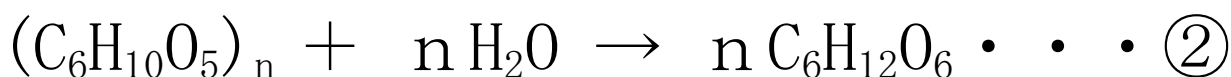
〔方法〕 ① 砕いた麦芽 5.0g を 60℃ に加熱した 200g の蒸留水に加える。

② 1 分間隔で試験管に少量取り出し、ヨウ素液を入れ、反応が見られなくなるまで続ける。

③ 残った酵素液を濾過し、ろ液の濃度を糖度計で 1.0% を示すまで蒸留水を加えて薄める。

【実験 2】糖化工程 (図 2)

デンプンをグルコースに分解するために、硫酸又は酵素を用いた加水分解の二つの選択肢があった。硫酸を用いた加水分解は高温条件下で反応が進行し、時間がかかったため、大きなエネルギーを必要とした。一方で、酵素を用いた分解では 50℃～60℃ という比較的小さいエネルギーで分解でき、硫酸を用いるより短い時間で反応が終わった。したがって、私たちの研究の主旨にあっている酵素を用いてデンプンの糖化実験を行った。



②式は、デンプンの加水分解によって与えられる化学反応式である。

〔目的〕 麦芽に含まれる酵素がデンプンを分解する速度を調べる。

〔方法〕 ① 1.0% 酵素液 200g を 60℃ に保温し、可溶性デンプン 3.0g、5.0g を加える。

② 1 分間隔で試験管に少量取り出し、ヨウ素液を入れ、反応が見られなくなるまで続ける。

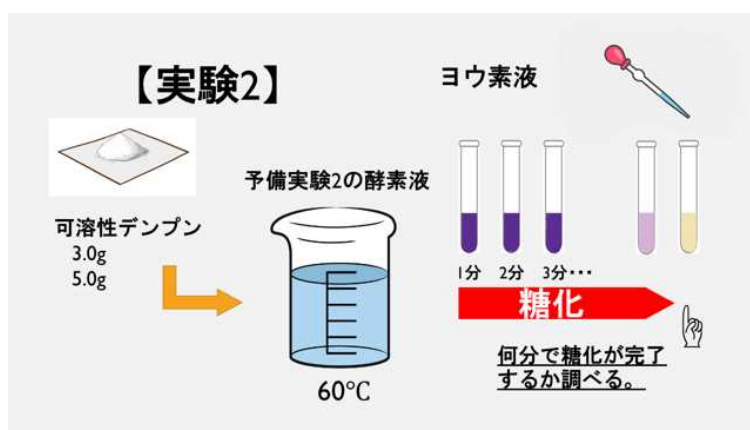
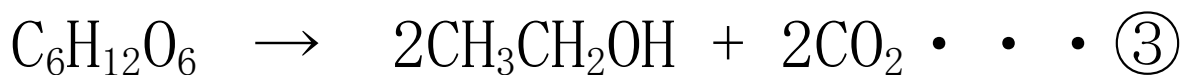


図 2 実験 2 の実験概要図

【実験 3】発酵工程 (図 3)

キューネ発酵管で測ることができる二酸化炭素の最大量は 10ml であり、10ml の二酸化炭素が発生するグルコースの量は約 0.04g であったため、0.04g、0.03g、0.02g と加えるグルコースの量を変えて実験を行った。また、酵母の量も 1.0g、2.0g、3.0g と変えて実験を行った。



③式は、グルコースの発酵によって与えられる化学反応式である。

〔目的〕グルコースを発酵させてエタノールにする際、反応速度を大きくするためにはどのような条件であればよいかを調べる。

〔方法〕① グルコースと酵母を水に溶かしたものをキューネ発酵管に入れる。

② 二酸化炭素の発生する量や速度を調べる。

③ グルコースの量や酵母（ドライイースト）の量を変えて最も発酵の反応速度が大きくなる条件を調べる。

④ 【実験2】で得られた液体に酵母を混ぜ発酵が正常に行われるのか調べる。



図3 実験3の実験概要図

3. 結果と考察

【実験1】デンプンの抽出

デンプン量を計量し、データを残すことは出来なかった。葉の量が少なかったことや、葉を採集した気候や場所などの条件が悪かったこと、また葉の種類が良くなかったことなど、原因は色々考えられるが、葉に含まれるデンプン量が少なかったことが、一番大きな原因だと考えた。

実験方法②の葉の不溶成分が煮沸すると浮かび上がってくる性質は実験中に偶然見つけたものだが、これは煮沸すると水溶液の内部から発生する空気によって上に押し上げられたためであると考えた。

【実験2】糖化工程

3.0gのデンプンでは約6分、5.0gでは約12分で反応が終了した(図4, 図5)。よって、今回の実験で用いた1.0%酵素液は、1分で約0.50gのデンプンを糖化し、 $1.5 \times 10^{-3} \text{mol}$ (0.56g)のグルコースを生成することが分かった。



図4 ヨウ素デンプン反応の様子 [5.0g]

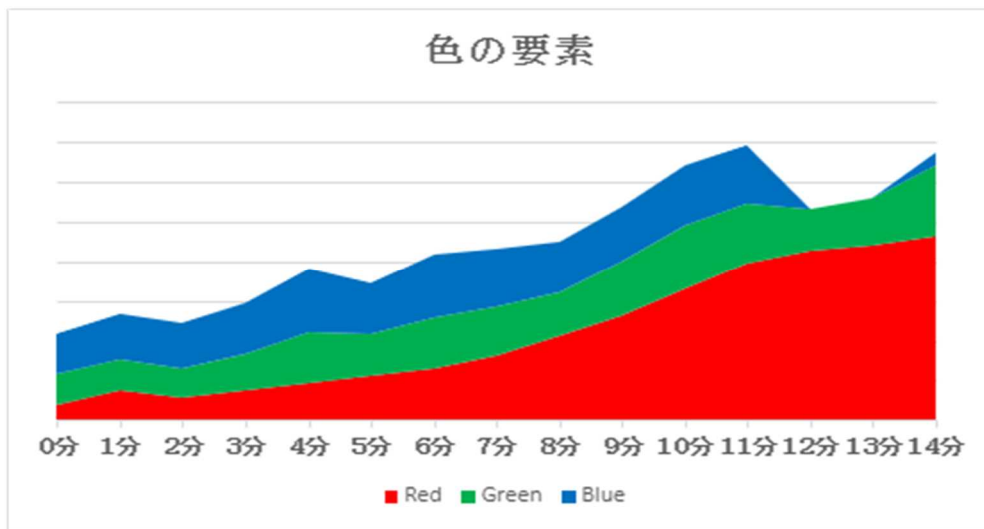


図5 ヨウ素デンプン反応の色のスペクトル [5.0g]

しかし、【予備実験2】では、酵素の濃度が【実験2】より濃く、麦芽をすりつぶして得た粉末5.0gにはもみ殻などの不純物が含まれているため、デンプンの量も【実験2】より少ないはずであるが、すべてのデンプンを分解するのに約30分かかった。これは、【予備実験2】の溶液内に糖化を阻害する物質が含まれていたことが原因だと思われる。

【実験3】発酵工程

発酵の反応は、10mLの二酸化炭素を発生させるのに、酵母1.0g、2.0g、3.0gでそれぞれ1時間以上、38分30秒、7分30秒かかった。また、同じ酵母量でグルコースの量を変えて発酵させても、10mLの二酸化炭素が発生するまでの時間は変わらなかった。酵母の濃度が高いほど反応が早く終わったことと、反応速度が基質の濃度によってほとんど影響を示さないことから、溶液内の状態は図6の状態であると考えられる。

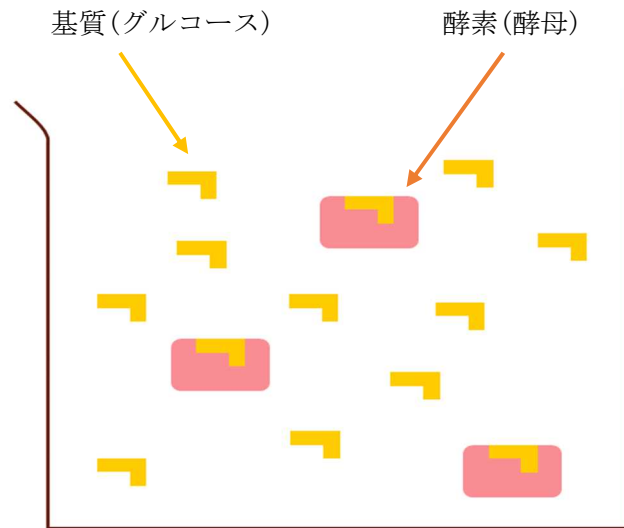


図6 実験3における基質と酵素の割合の模式図

これは、酵素反応速度論におけるミカエリス・メンテン式（図7）と比較すると、基質濃度による反応速度の変化の有無という点で相違が見られた。

$$v = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]}$$

(v : 反応速度、 V_{\max} : 最大反応速度、 $[S]$: 基質濃度、 K_m : ミカエリス定数)

図7 ミカエリス・メンテン式

K_m 値は反応速度が V_{\max} の半分になるときの基質濃度に等しいので、図6の状態は K_m に比べて $[S]$ が十分に大きいと考えられる。このとき、ミカエリス・メンテン式の分母 ($K_m + [S]$) が $[S]$ で近似できるため、反応速度 (v) は次の式で表すことができる(図8)。

$$v = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{K_m + [S]} \quad \text{ミカ}$$

$K_m + [S] \approx [S]$ より

$$v = \frac{V_{\max} \cdot [S]}{[S]}$$

$$= V_{\max}$$

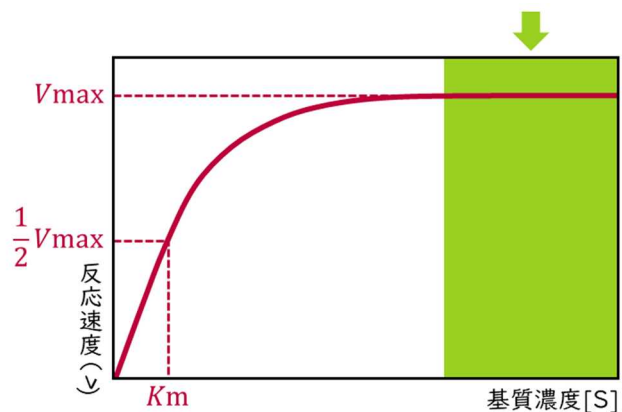


図8 $[S] \gg K_m$ の時のミカエリス・メンテン式の近似式と V - $[S]$ グラフ

したがって、今回の実験における反応速度は最大であると考えられる。

また、【実験2】で得られたデンプン 5.0g の液体では1時間で $6.4 \times 10^{-4} \text{mol}$ (14.3mL) の二酸化炭素の発生が見られた。このことから、麦芽の酵素によって糖化されたグルコースでもアルコール発酵は正常に行われることがわかった。また③式より、グルコースと二酸化炭素の物質量の比は 1:2 なので、1時間で $3.2 \times 10^{-4} \text{mol}$ ($5.8 \times 10^{-2} \text{g}$) のグルコースが発酵されたことがわかる。さらに【実験2】では、ヨウ素液の反応が見られなくなるまで糖化したため、5.0g のデンプンが全てグルコースに糖化

されたと考えられる。②式より、5.6 g のグルコースが発生したと考えられる。よって、1 時間で 1.0 % のグルコースが発酵させられたと考えられる。したがって、一定の速度で反応が進むと考えると反応が完全に終了するまで約 100 時間かかると考えられる。

4. 結論と展望

今回の研究では、当初の目的であった「人が必要としないもの」を原料とした、効率の良いバイオエタノール生成の方法は完全に確立することはできなかった。しかしそれぞれの工程で、効率の良い方法を探りながら実験を行うことができた。今後は、【予備実験 2】と【実験 2】の結果から浮かび上がった疑問点である、糖化にかかる時間が【実験 2】の方が短かったことについて、実験を重ねることで明らかにしていきたい。また、原料の見直しや実験の精度を高めること、各実験を一連の流れで行うことなどに焦点を当て、「人間が食料としないもの」を原料として用いた、効率的なバイオエタノール生成方法の確立を目指していきたい。

5. 参考文献

- (1) https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=824
ビール系酒類とでん粉 | 農畜産業振興機構 (alic.go.jp)
- (2) <http://leoap11.sakura.ne.jp/fujiwarakenji/20151112fujiwara.pdf>
葉っぱからデンプンを取り出してみよう (同化でんぷん分離研究会)
- (3) https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=824
葉のデンプン調べについて (みんなの広場/日本植物整理学会)
- (4) 実験で学ぶ化学の世界 3 有機高分子化合物の化学 (日本科学会)
- (5) <https://idenwatch.com/seikagaku8-3/>
酵素反応速度論-気になる遺伝子

乾燥時間と油紙の耐水性

We had interest in wagasa, a Japanese traditional umbrella. In the process of creating wagasa, natural dyes that have water resistance, such as persimmon juice and, linseed oil, are used for making the material for it. According to a study on the material, it can have water resistance by using high concentrate iodine oil. We conducted an experiment to investigate water resistance, focusing on drying time.

1. 動機

日本の伝統工芸品ひとつに和傘がある。和傘は、和紙に柿渋やアマニ油などの天然の耐水性を持たせる塗料を塗り、乾燥させたもの（生地）を骨組みに貼り付けて作られている。その生地について調べていく中で、ヨウ素価が高い油を用いると耐水性が上がるのが分かった。そこで私たちは、ヨウ素価以外の条件として、乾燥時間に注目して、耐水性を調べる実験を行った。

2. 研究手法

実験 1

目的：耐水性を測る方法を模索し、それと同時に各油の耐水性の程度を調べる。

方法：ごま油、オリーブ油、アマニ油を半紙に塗布し、常温で乾燥させる。その上に 5 mL の水を垂らし、1 分間に浸透する水の量を調べる。（装置 1）

実験 2

目的：乾燥温度と乾燥時間と速さの関係を調べる。

方法：半紙にアマニ油を塗布し、125℃、150℃、175℃の3通りで、質量変化がなくなるまで一定温度で乾燥させ、乾燥前と乾燥後の質量の変化を調べる。

実験 3

目的：乾燥温度の差異による耐水性の変化について調べる。

方法；実験 2 で得られた 3 種類の油紙と実験 1 を踏まえて作成した装置を用いて水が浸透するまでの時間を計測する。（装置 2）

装置 1)



装置 2)

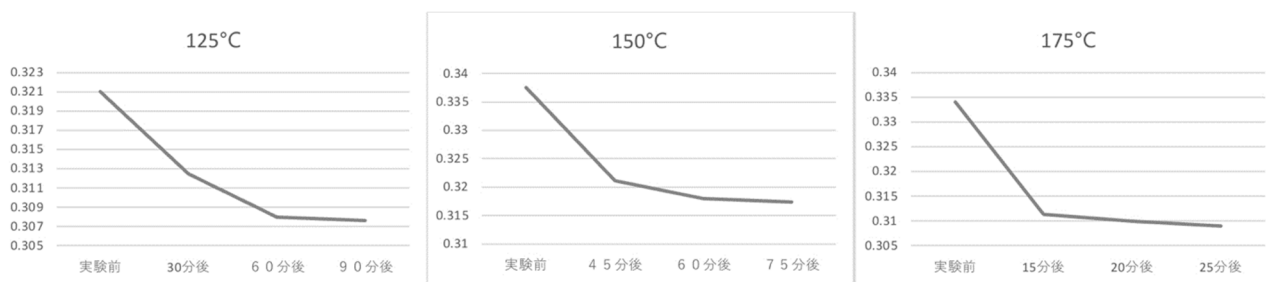


3. 結果・考察

実験 1

○オリーブ油やごま油などのヨウ素価の低い油ではこの実験で耐水性を測ることができたが、ヨウ素価の高いアマニ油では水が浸透しなかったため、具体的な実験結果を得られなかった。そのため、油紙により大きな負荷をかける新しい実験方法を考える必要があった。また、アマニ油、オリーブ油、ごま油の順に耐水性が強いことが確認できた。

実験 2



○各温度での油紙の重さの変化 (縦軸 ; g グラム)

○125°C→90 分間で実験前の 95.3%

150°C→75 分間で実験前の 94.02%

175°C→25 分間で実験前の 92.37% の質量になった。

→高温で乾燥させたほうが油紙の乾燥時間が早くなることが分かった。

実験 3

○125°Cで乾燥させた油紙→2 分後に水が浸透した。

150°Cで乾燥させた油紙→6 分 30 秒後に水が浸透した。

175°Cで乾燥させた油紙→15 分後に水が浸透した。

→高温で乾燥させた油紙のほうがより高い耐水性を保てることが分かった。

4. まとめ

油紙を高温で乾燥させると、乾燥時間が早くなり、耐水性が高くなることがわかった。しかし、なぜそうなるのかがわかる段階まで研究をできなかったので、光学顕微鏡を用いて油紙の表面を観察したりして、解明していきたい。

音楽と生物の学習曲線について

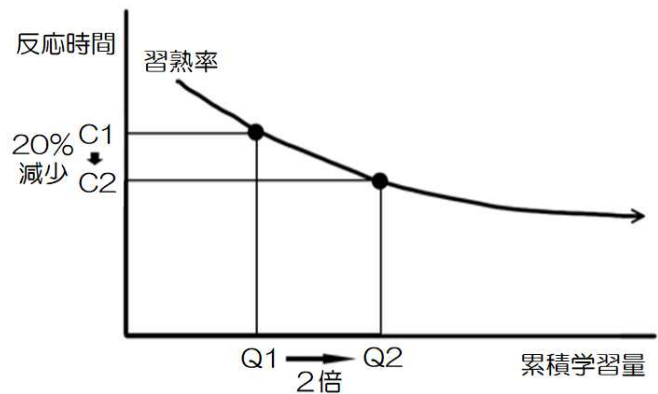
Many different types of sounds are heard in our daily lives. In a previous study, it was found that music affects the work efficiency of hamsters, with classical music providing the best work efficiency. Based on this previous study, an experiment was designed to determine how the type of music affects the learning curve of the organism. A learning curve is a graph that shows how the time required to solve a problem decreases with repeated trial and error.

1. 要旨

ハムスターが試行錯誤を繰り返すことにより学習曲線が見られることを確かめるために、迷路と実験方法を改善しながら繰り返し行なった。その結果、実験と実験の間の時間を設定して1日の中で繰り返し行なった実験で学習曲線が見られた。また学習曲線が見られると分かった実験方法で、音楽を流した環境下と無音の環境下での対照実験を行い、音楽がハムスターの学習曲線にどのような影響を与えるか調べた。その結果、音楽はハムスターの学習曲線における習熟度を低下させることが分かった。

2. 研究目的

私たちは、日常生活においてさまざまな種類の音を耳にしている。先行研究では、音楽はハムスターの作業効率に影響を与え、その中でもクラシックで作業効率が最も良くなることが分かった。この先行研究を基に、私達は音楽の種類が生物の学習曲線にどのような影響を与えるのか明らかにしたいと考え実験を計画した。学習曲線とは試行錯誤を繰り返すことによって問題解決にかかる時間が短くなっていくことを表したグラフであり、その度合いを習熟率という。



〈学習曲線〉

3. 研究方法

【実験1】一般に、生物は試行錯誤を繰り返すことにより、問題解決にかかる時間が短くなっていく。これを確かめるため、迷路を用いて試行錯誤によるゴールまでにかかるタイムの変化を調べる。また、迷路の有効性も確認する。

《実験方法》 食事を与える前のハムスターを迷路のスタート地点に置き、ゴールするまでにかかった時間を測定する。この試行を何度も繰り返し、ゴールするまでのタイムの変化を調べる（ゴールするまでのタイムが短くなる＝記録の向上とする）。また実験では、雄のジャンガリアンハムスターを使用する。

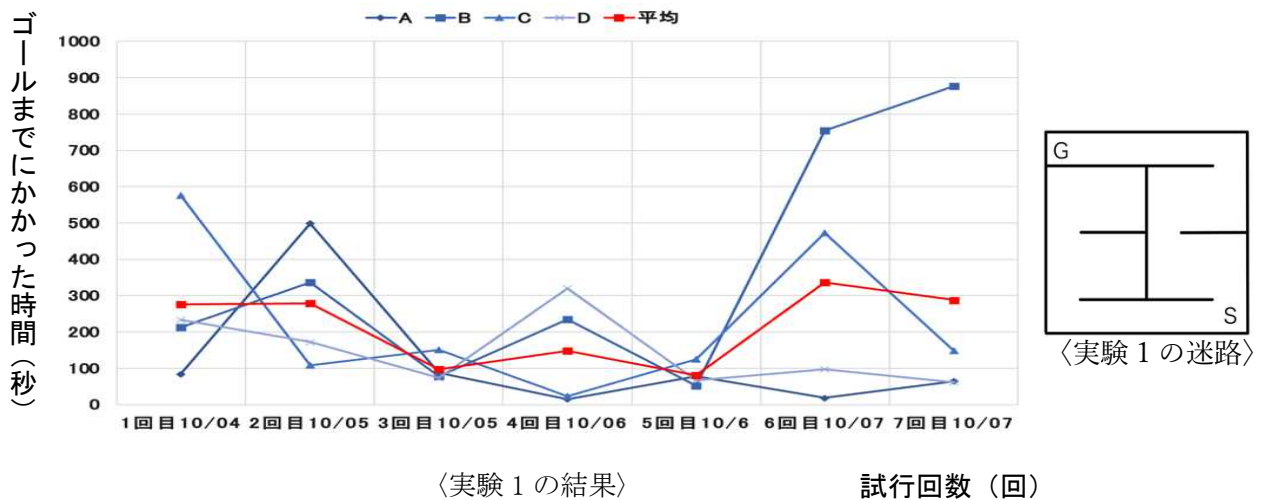
《結果と考察》①結果の振れ幅が大きく、向上は見られなかった。

迷路の構造上、スタートしてすぐの分かれ道を選んだ時と選ばなかった時の差が大きく運要素が強いため、学習効果を見るのに適していないと考え、迷路の形状を運要素の少ないものに変えて実験を行う。

②1日の中で2度行った時に比べて、1日後に行った実験では記録が大幅に低下したため、1日の中で2度行う時は短期記憶、1日後に行う時は長期記憶が作用しているのではないかと考えた。

〈短期記憶と長期記憶の違い〉

動物実験生理学領域では、短期記憶は保持時間が数分から数時間、長期記憶は保持時間が数日から数週以上の記憶について用いられる。しかし、長期記憶を調べるとすると、実験に時間がかかってしまい十分なデータが取れない。よって、以降の実験では短期記憶のみに注目した実験を行うこととした。



【実験2-1】大きな分かれ道がなく運要素が少ない単純な迷路に変えて、短期記憶における記録向上に注目する。

《実験方法》 実験1と同様

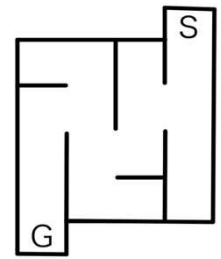
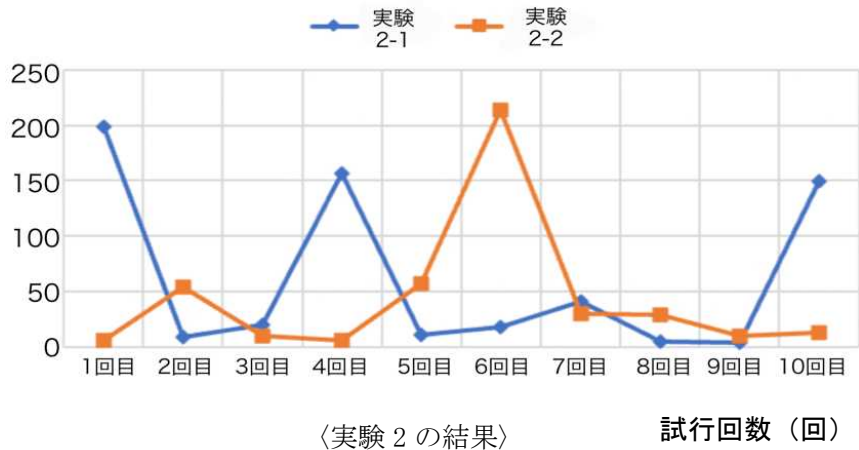
《結果と考察》 記録に波があり記録の向上は見られなかった。一度ハムスターがゴールをしたら準備が出来次第、2回目、3回目…と実験を行っていたためであるとし、実験の間隔を毎回同じ長さに設定することで解決できると考えた。

【実験2-2】実験と実験の間に30秒の間隔を設定して結果の改善を試みる。

《実験方法》 実験と実験の間に30秒の間隔を追加し、他は実験2-1と同様。

《結果と考察》 実験2-1の結果と同様に波が見られ、結果の向上は見られなかった。迷路が単純すぎる構造だったため、記録に差が出てしまったのではないかと考え、迷路の構造を複雑なものにして再度実験を行うことにした。実験ごとにハムスターの速度に差がありゴールまでにかかった時間を調べるだけでは、ゴールまでの道のりの記憶の正確さが分からないため、袋小路に入った回数を調べる。

ゴールまでにかかった時間(秒)

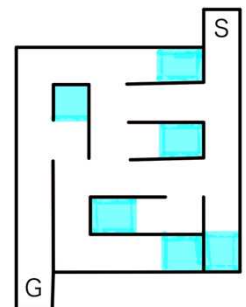
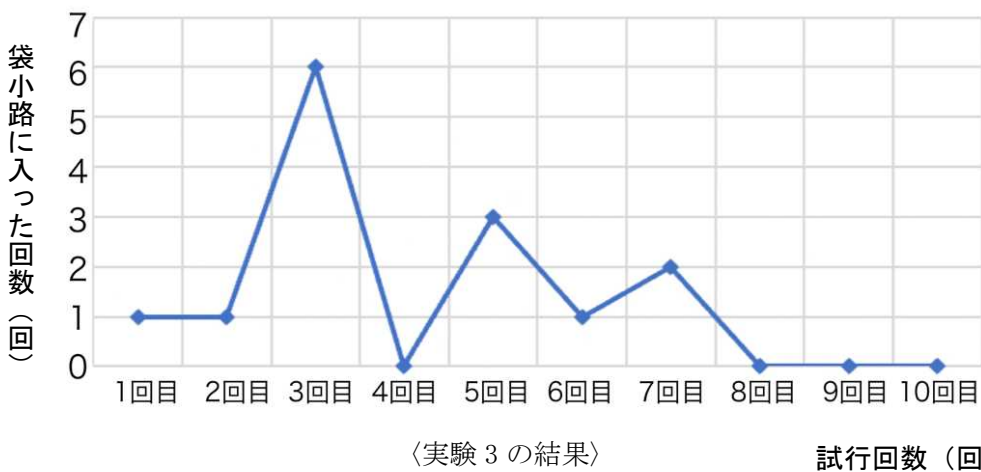


〈実験2の迷路〉

【実験3】袋小路が多く少し複雑な迷路に変え、袋小路に入った回数の減少をもとに学習曲線に注目する。

《実験方法》ハムスターが袋小路(図の青の部分)に詰まったとき、スタート地点に戻すことをゴールするまで繰り返す、袋小路に入る回数の減少を調べる。(回数の減少を記録の向上とする) 他は実験2-2と同様。

《結果と考察》徐々にスタート地点に戻す回数が減少し、学習曲線が見られた。しかしながら、迷路の構造が簡単であり最初から失敗の回数が少なく、袋小路に入った数の減少を正確に確認できないため、迷路のマス数を増やし、複雑にする。



〈実験3の迷路〉

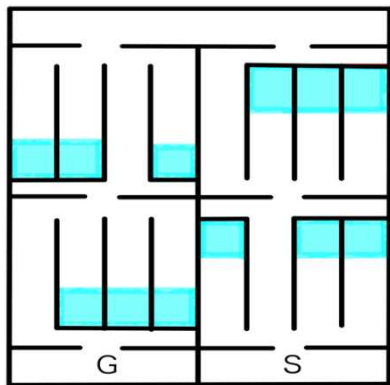
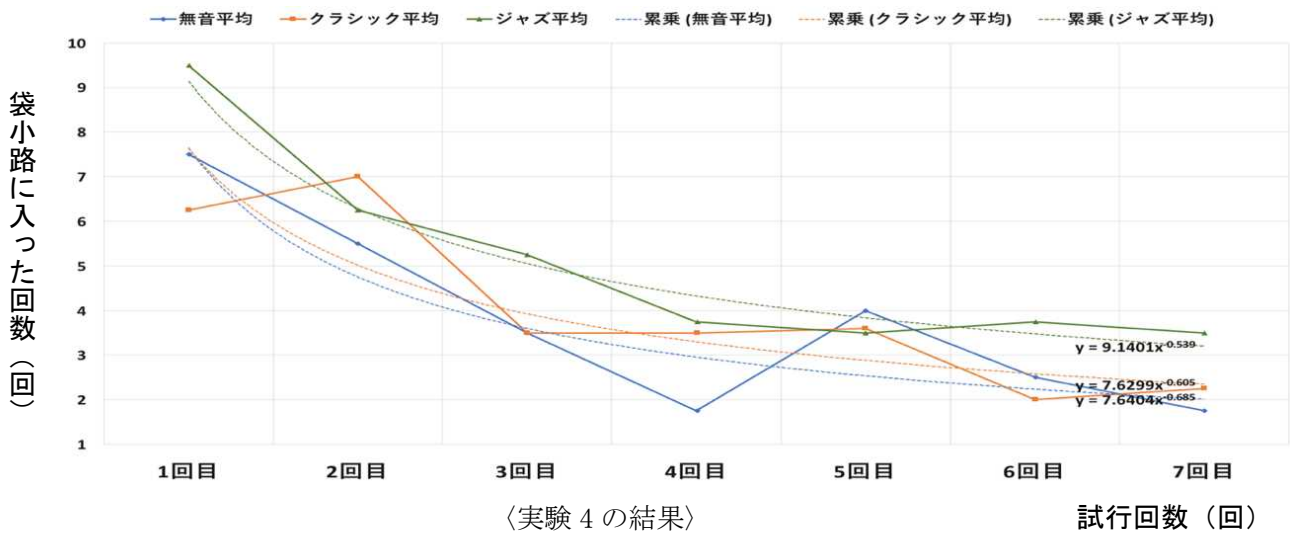
【実験4】

《実験方法》ハムスターが匂いを頼りにゴールしないように迷路におがくずを敷き、実験と実験の間におがくずを混ぜる。他の条件は実験3と同様に行い、無音での実験の後にクラシック、ジャズ(先行研究と同様の曲)を流した環境で実験を行う。

《結果と考察》①袋小路に入った回数の記録の向上が見られ、ハムスターが試行を重ねるごとに正しい道を覚えたと考えた。

②1回目に袋小路に入った回数が少なかったのは音楽を流した環境下だったが、袋小路に入った回数の減少が見られたのは無音の環境下だった。

先行研究の通り、音楽を流した環境下では作業効率が上がるが、記憶の質は低下し、学習曲線は記録の向上の度合いが緩やかになる＝習熟度を低下させると考えた。



〈実験4の迷路〉

袋小路は取り外し可能なものを作成し、音楽を変えるごとにその位置を変えた。

4. 結果

- ・データに少数のばらつきはあったものの、試行を重ねるごとに記録の向上＝学習曲線が見られた。
- ・音楽は習熟率を低下させることがわかったが、なぜ音楽の種類による差が見られるのか分からないため、音楽の要素の差による記録の変化を調べたい。
- ・音楽による作業効率と記憶の質・学習曲線への影響の出方が異なると考えられるが、なぜ作業効率と学習曲線で違う結果が見られるのか、記憶の仕組みについて深く学んで明らかにしたい。
- ・ハムスターの飼育が上手くいかず試行回数が少なくなってしまったため今後も実験を続行し試行回数を増やしていきたい。
- ・今後は、音楽の種類を増やしたり人間を対象にした実験を行ったりすることで、より実用的な研究にしていきたい。

5. 参考文献

- ・井田理子、三橋由佳(2019)「周囲の音によるハムスターの作業効率の変化」
- ・脳科学辞典
- ・心理学用語の学習
- ・深瀬徹(2006)「エキゾチックアニマルの生物学(X)ハムスター類の特徴と飼育に際しての留意点(2)」 「エキゾチックアニマルの生物学(XIII)ハムスター類の診療の基礎(3)」
- ・記憶・学習の仕組みを理解し、操作するための新しい技術
https://kompas.hosp.keio.ac.jp/sp/contents/medical_info/science/201902.html
- ・UX TIMES <https://uxdaystokyo.com/articles/glossary/learning-curve/>

ナミアゲハの幼虫の雌雄の判別方法

I studied a way of distinguishing male and female *Papilio Xuthus* based on morphological characteristics. I researched it by measuring body length, body weight, preferred taste based on color amount of excrement, number of days observing the inside by lighting the bodies, dissection and observation by electronic microscope. I detected that we couldn't distinguish between male and female through length, weight and days. However, there is a possibility that we can distinguish between male and female through the amount of excrements and lighting the bodies.

1. 要旨

ナミアゲハの雌雄の判別方法について研究した。体長、体重、色の嗜好性、糞の量、日数、前蛹になる前に腹部側からライトで照らす方法で判別できないか調べた。また、解剖を行った。体長、体重、日数では雌雄の判別はできないことがわかり、糞の量、前蛹になる前に腹部側からライトで照らす方法で雌雄の判別ができることがわかった。

2. 研究の背景(動機)

小学3年生の時からアゲハの研究を6年間行ってきた。5年目の研究で腹部の背中側の線によって成虫の雌雄の判別が出来ることに気づいた(図1)。このことから幼虫の時に性別の見分け方があるのか気になっていた。また、幼虫の時での性別の見分け方がまだわかっていないようなので、この研究に取り組むことにした。

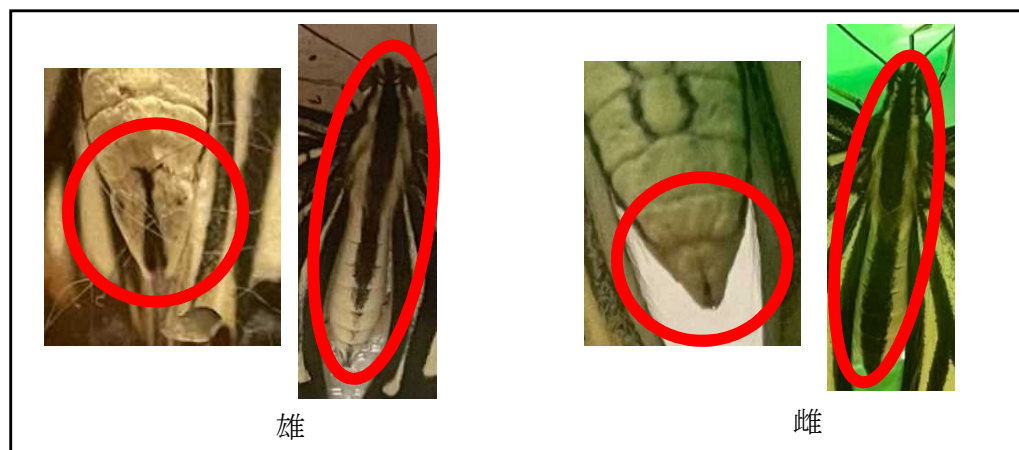


図1

【先行研究】

羽化後、求蜜未経験のナミアゲハに青、緑、赤、黄の色円板を見せる。この時、ナミアゲハが匂いを感じ取る触覚にマスカラを塗布し、嗅覚を遮断し、生得的色嗜好性を調べたとき、多くの個体が青に降りる。しかし、みかん・ユリ・ラベンダー・ハイビスカスの精油もしくは鉢植えを室内に置き、同様に実験すると、みかんとユリの匂いがあるとき、雌は赤を選ぶ個体が増える。ラベンダーとハイビスカスでは、青を選ぶ個体が多い。さらに、雌は食草の温州みかんの葉の匂いがあると緑に行く個体が増える。また、マスカラを触覚に塗布した状態で、温州みかんの精油や鉢植えを置くと、雌も青に行く個体が多い。雄はいずれの場合のときも青に行く個体が多い(図2)。

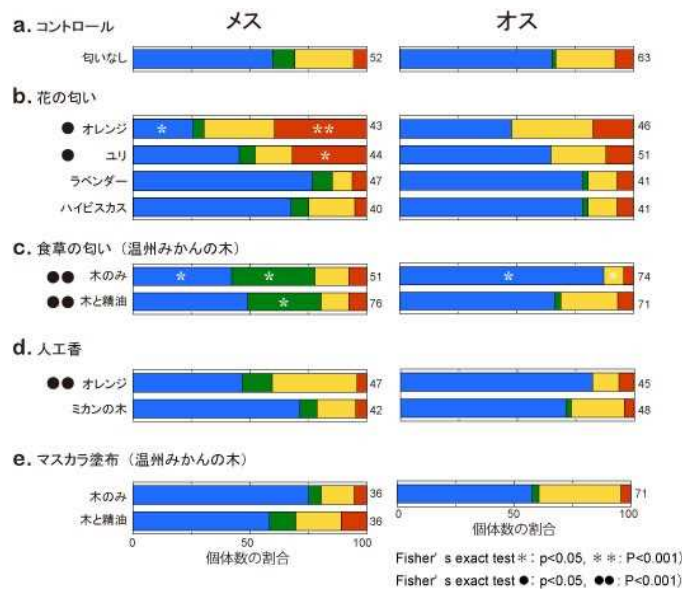


図 2

先行研究：『匂いによる色嗜好性の変化とその性差の神経行動学的研究』

総合研究大学院大学 木下充代

3. 研究目的

幼虫期の体長の変化、体重の変化、色嗜好性、糞の量、各齢の日数を調べ、性別の判別ができるのか調べる。また、体内の様子を、外側と内側から観察し、雌雄の違いがあるのか調べる。

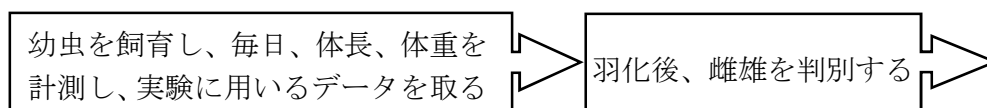
4. 実験方法

【仮説】 幼虫期の体長の変化、体重の変化、色嗜好性、糞の量、各齢の日数の違いを調べれば、判別方法が分かる。また、解剖によって、雌雄の差が分かる。

【実験に使用した幼虫】 サンプル数：29匹

採集場所：自宅（上越市）

餌：サンショウ



【実験1】 幼虫期に毎日体長を計測する。羽化後に雌雄を判別し、雌雄それぞれで各齢の最終日の体長の平均と標準偏差を出す。グラフに表し、雌雄で比較する。

【実験2】 幼虫期に毎日体重を計測する。羽化後に雌雄を判別し、雌雄それぞれで各齢の最終日の体重の平均と標準偏差を出す。グラフに表し、雌雄で比較する。

【実験3】 黒画用紙の上に色円盤(赤・青・緑・紫)を置く。中央に終齢幼虫を置き、最初に行った色を記録し、雌雄の判別後に区別し、雌雄で比較する。また、幼虫が行った色に確証をもたせるため、1匹あたり4回実験を行い、色の位置を時計周りに変えて、同じように実験を行う(図3)。

[用意するもの] 黒画用紙・色円盤(赤・青・緑・紫)、クリアファイル(透明)

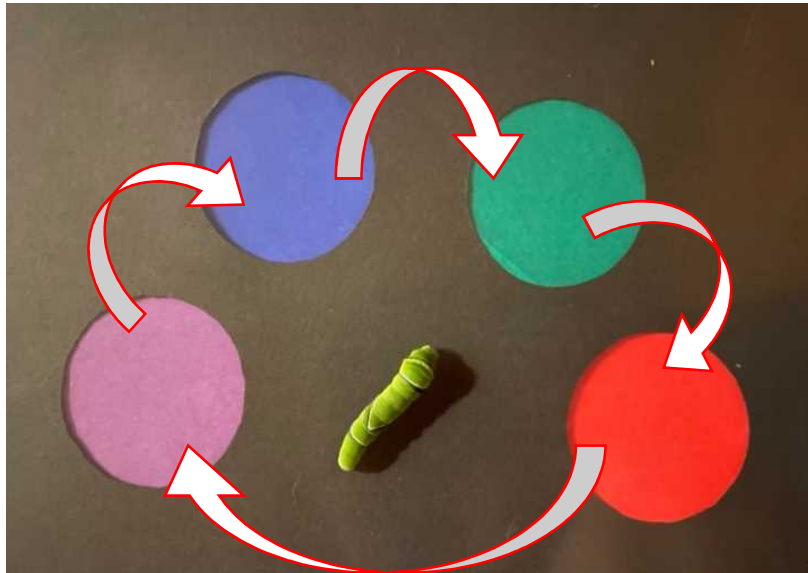


図 3

【実験 4】 幼虫期の糞をすべて集める。羽化後に雌雄を判別し、雌雄それぞれで糞の乾燥重量の平均と標準偏差を出し、雌雄で比較する。

【実験 5】 各齢で要した日数を数える。雌雄の判別後に区別し、雌雄それぞれで平均と標準偏差を出し、雌雄で比較する。

【実験 6】 前蛹になる前(体内からすべて排泄した後)に腹部側からライトで照らし、体内の様子を確認する。

【実験 7】 5 齢幼虫を 10 分程度冷蔵庫に入れて仮死状態にさせ、10 分程度アルコール漬けにする。蚕の解剖の方法を参考に解剖する。

〔用意するもの〕 メス・解剖用ハサミ・ピンセット・アルコール(80%)・ビーカー・バレット・発泡スチロール・ピン

【実験 8】 実験 7 で採取した器官を電子顕微鏡で観察する。

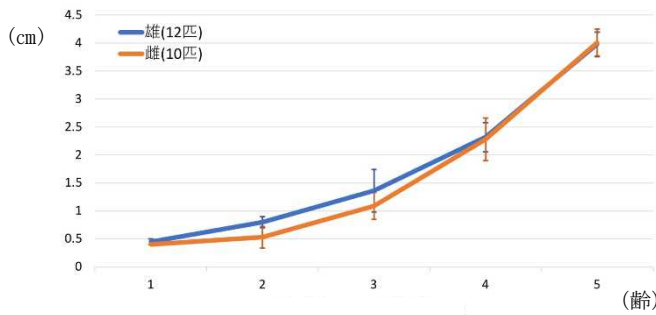
* 実験 1 ・ 実験 2 は毎日、同じ時間に計測を開始する。

* 実験 7 ・ 実験 8 は実験 1 ～ 実験 6 に用いた幼虫と別の幼虫を用いる。

5. 結果と考察

【実験 1】 体長の変化に雌雄の違いは見られなかった。2 齢幼虫と 3 齢幼虫のときに約 0.3 cm の差があるが、グラフで標準偏差を見ると、重なっているところがあり、大きな差があるとは言えない(図 4)。このことから、雌雄の違いは体長の変化に影響しないと考えられる。体長の変化では雌雄の判別はできない。

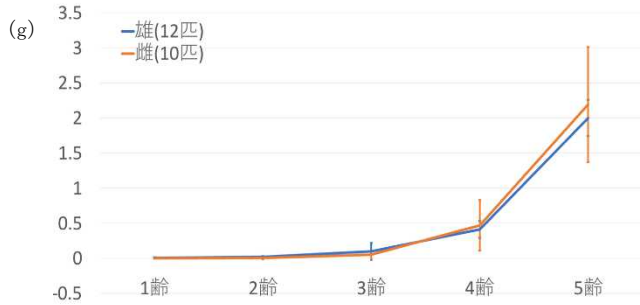
【実験 2】 体重の変化に雌雄の違いは見られなかった。各齢に着目しても、大きな差はない(図 5)。このことから、雌雄の違いは体重の変化に影響しないと考えられる。体重の変化では雌雄の判別はできない。



	1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢
雄	0.45	0.8	1.36	2.32	3.98
雌	0.40	0.53	1.09	2.28	4.01

(cm)

図4 各齢の最終体長



	1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢
雄	0.01	0.02	0.10	0.41	2.00
雌	0	0	0.05	0.47	2.19

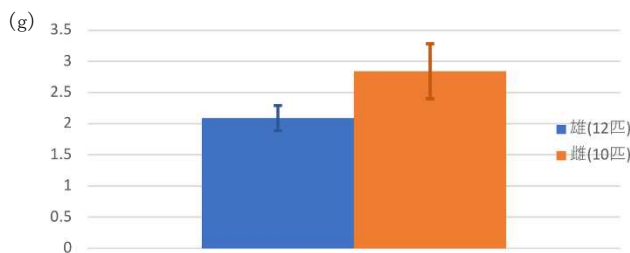
(g)

図5 各齢の最終体重

【実験3】 全体的には、紫や青に行った。しかし、実験を1回行うのに1匹あたり30分以上かかってしまうことが多く、1匹の実験で約2時間かかった。実験を行おうとした日に前蛹になってしまい、実験できなかった幼虫が多くいた。そのため実験できた幼虫が少なく、確証が得られなかった。また、幼虫は糸を吐くため、糸を取り除きやすいよう色円盤を設置した黒画用紙をクリアファイルに入れて実験した。そのため、クリアファイルのつるつるした材質が幼虫の触覚に合っていないか考える。また、実験を行う室内の明るさも関係しているのではないかと考える。照明の色についても考慮していく必要があるのではないかと考える。

【実験4】 雌の方が雄より糞の量が多かった。標準偏差を見ても雌雄で差がある。(図6) このことから、雌の方が雄より基礎代謝が良いと考えられる。糞の量で雌雄の判別ができると考える。

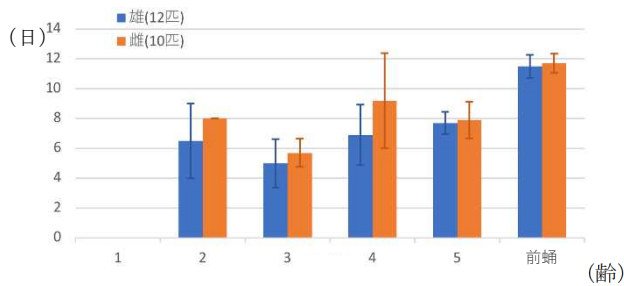
【実験5】 各齢の日数に雌雄の違いは見られなかった。全体的にみると雌の方が長くかかっているが、各齢に注目すると、大きな差はない(図7)。雌雄の違いは各齢の日数に影響しないと考えられる。また、各齢の日数で雌雄の判別はできないと考える。1齢幼虫は、育てるのが難しくすべての幼虫で1齢幼虫のデータを取ることが出来なかった。



雄	2.09
雌	2.84

(g)

図6 幼虫期の糞の乾燥重量



	1 齢	2 齢	3 齢	4 齢	5 齢	前蛹
雄		6.5	5.0	6.9	7.7	11.5
雌		8	5.7	9.2	7.9	11.7

(日)

図7 各齢の日数

【実験6】前蛹になる前に腹部側からライトで照らすと2つの黒い点がある幼虫とない幼虫がいた(図8)。黒い点の有無と雌雄の関係は、2つの黒い点があると必ず雄となった(表1)。このことから、前蛹になる前に腹部側からライトで照らすことによって雌雄の判別ができることが分かる。

黒い点	雄	雌
有	9匹	0匹
無	0匹	7匹

表1 黒い点と雌雄の関係

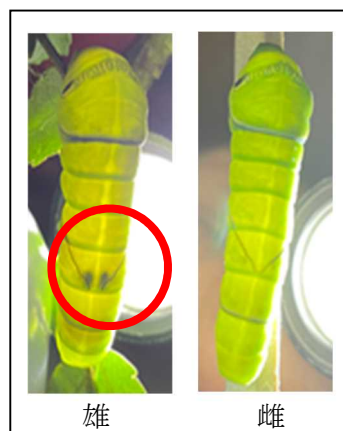


図8

【実験7】2つの球状の器官が実験6の際に見られる黒い2つの点の場所と同じところから出てきた。そのため、解剖した幼虫は雄であったと考えられる。また、幼虫の体内は、茶色の物体に器官が包まれていた。この茶色の物体を顕微鏡で観察したところ、写真のようなものが見られた。さらに倍率を上げて観察すると気孔が見られた(図9)。このことから、サンショウの葉ではないかと考えた。このことから、ナミアゲハの幼虫は、食べてかみ砕いた葉を体内に溜めているのではないかと考えた。また、2つの球状の器官は、このサンショウの葉の層と幼虫の皮膚の間にあった。

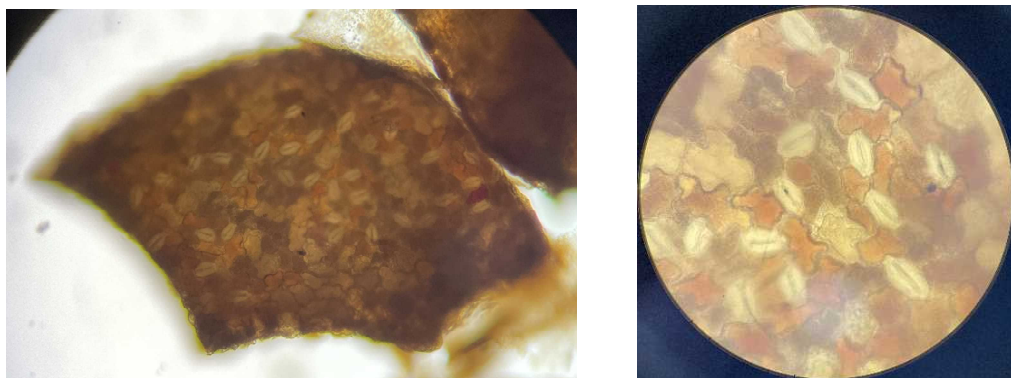


図9

【実験 8】実験 7 で採取した器官に切り込みを入れ、観察した。ここで切り込みを入れた理由は、器官の内部の様子を観察するためである。写真のようなものが見られた。器官の中には、球状のものや波状のような物体が敷き詰められていた。拡大してみると、球状のものは、波状の物体の塊であり、繋がっているように見えた(図 1 0)。インターネットで調べたところ、精巣だと思われる。しかし実際に観察して精巣であるかどうかは分からなかった。アルコールに漬けて保存していたため、元の形で保存できなかった可能性があると考えている。解剖した日に観察した方が良いと考えた。

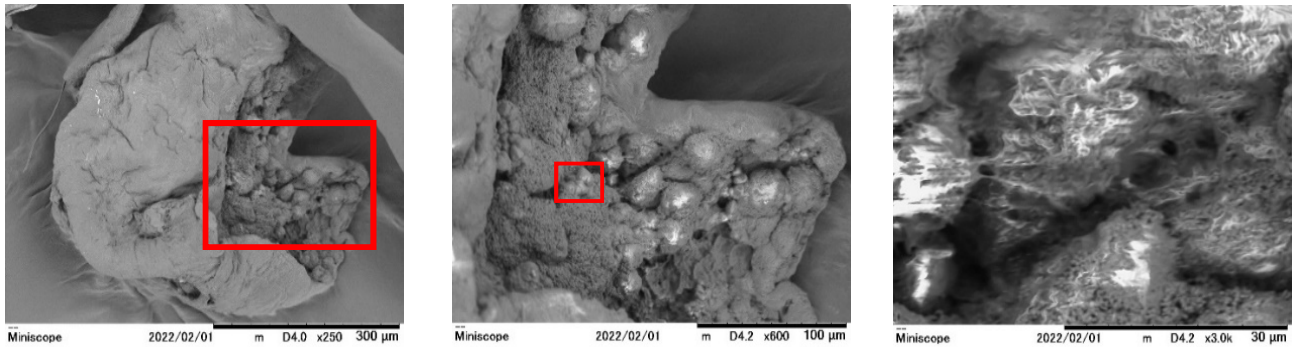


図 1 0

6. 結論

体長、体重、日数では雌雄の判別はできないことが分かった。しかし、糞の量では雌の方が少し多かったことから、糞の量で雌雄の判別ができる可能性がある。また、前蛹になる前に腹部側からライトを当てて幼虫を透かして見ると、腹部に 2 つの黒い点が見えた場合のみ、雄であったため、この方法で雌雄の判別ができることを確認した。

【今後に向けて】

また、色嗜好性に関する実験では、実験に用いた色円板を改良し、室内の照明の明るさや色を調節する必要があると考える。また、今回、実験道具を 1 組しか作っていなかったため、さらに実験器具の数を増やして、同時に何匹も実験し、より多くのデータを取ることが重要だと思う。そのことにより、時間も短縮され、効率的に実験を進めることが出来る。器官の観察では、解剖した日に観察するなどの改善する必要がある。また、解剖したときに、器官の周りを覆っていたサンショウの葉についても調べてみたいと思った。いつからサンショウの葉を溜めているのか、どのような過程でサンショウの葉を体内に溜めているのか、サンショウの葉を溜めているのならば、糞の内容物は葉以外になにか入っているのかなど新たな疑問も出てきた。またナミアゲハの研究をする機会があれば、調べてみようと思う。

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり、指導、助言をしてくださった、山本敬一様、及び本研究にご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。

8. 参考文献

『匂いによる色嗜好性の変化とその性差の神経行動学的研究』総合研究大学院大学 木下充代
カイコの解剖 高校生物実験 <https://youtu.be/kv11VvFiAZo>
趣味のアゲハ館 『【検証】アゲハチョウ雌雄の見分け方 幼虫で蛹で成虫で』

食用油の劣化を抑制する抗酸化物質

Disposing of used oil in the wrong way leads to environmental pollution and destruction of an ecosystem. Although used oil can be used as a soap or biofuel if it is recycled, that's not going to happen but it is only thrown away. Therefore, substances which restrain deterioration of edible oil were investigated in order to reduce the amount of such used oil.

1. 序論

適切でない廃食用油の処分は環境汚染の拡大や生態系の悪化に繋がる。しかし、家庭から排出される廃食用油の殆どは回収されることなく処分されている。そこで、酸化を抑える働きを持つ抗酸化物質を使って食用油の使用回数を増やせれば、廃食用油による環境への負荷が減少すると考えて、油の劣化を抑制する物質を探求した先輩方の先行研究を参考に、この研究を行った。

2. 実験方法

食用油の劣化の原因となる遊離脂肪酸や芳香族化合物などの極性化合物(TPM)の成分比率から、油の劣化度を推定した値である、TPM 値を測定して実験を行った。

実験 1

レモンが劣化した油に与える影響を調べるために、レモンの皮を加える油と何も加えない油の2つの油を比較する実験を行う。

- ① 1000g のキャノーラ油で市販の鶏の唐揚げを 180℃で 2 分間揚げる。
- ② 油を濾した後、120℃まで冷まして TPM 値を測定する。
- ③ 一方の油にレモン半個分の皮を加え、もう一方の油には何も加えずに数日間保存する。
- ④ ③で保存した油で①～③をそれぞれ 5 回繰り返して行い、2つの油の TPM 値の変化を比較する。

実験 2

ビタミンC、ビタミンEが油の劣化に与える影響を調べるために、ビタミンCを加える油、ビタミンEを加える油、何も加えない油の3つの油を比較する実験を行う。

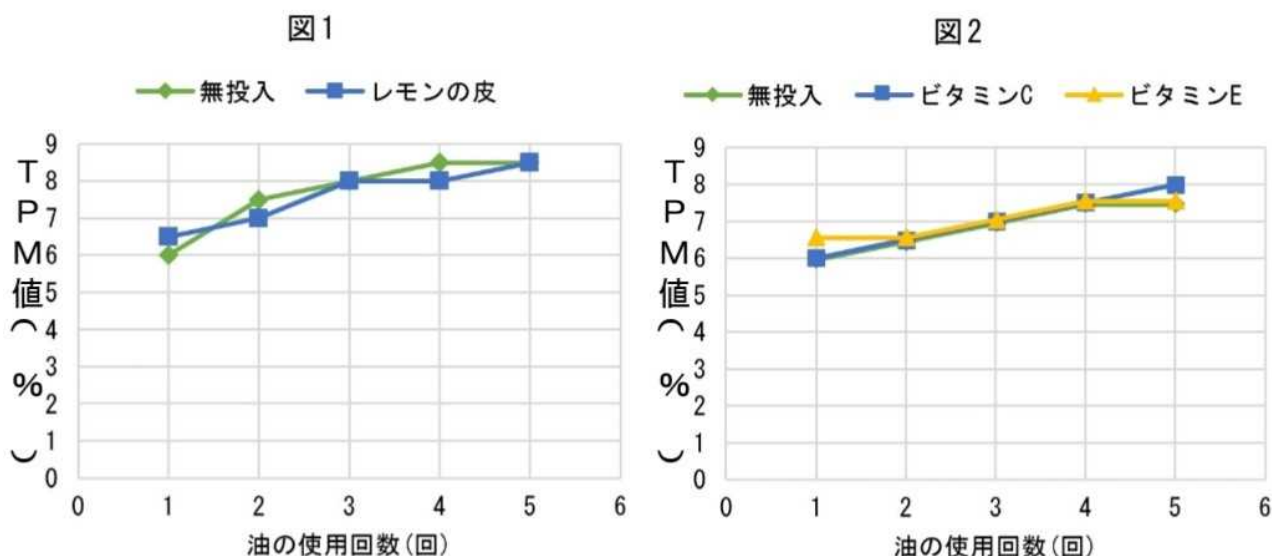
- ① 1000g のキャノーラ油を 180℃になるまで加熱する。
- ② 3つの油のうち、1つにビタミンC、他の1つにビタミンEをそれぞれ 0.1g ずつ加える。
- ③ ジャガイモ 100g を 3 分間素揚げする。
- ④ 油を濾した後、120℃まで冷まして TPM 値を測定し、数日間保存する。
- ⑤ ④で保存した油で①～④をそれぞれ 5 回繰り返して行い、3つの油の TPM 値の変化を比較する。

仮説：何も加えなかった油よりレモンの皮やビタミンCなどを加えた油の方が TPM 値の変化が緩やかであれば、その物質には油の劣化を抑制する働きがあると言える。

3. 結果と考察

実験1：2つの油のTPM値の変化に違いは見られなかった。(図1参照)

実験2：3つの油のTPM値の変化に違いは見られなかった。(図2参照)



実験1に関しては

- ・レモンの皮には油の劣化を抑制する効果がない
 - ・油に対してレモンの皮の量が足りず、油の酸化を抑制できていなかった
- という2つの仮説が考えられる。

実験2に関しては

- ・ビタミンC, Eは油の劣化を抑制する働きがない
 - ・実験2の方法では油があまり劣化せず、抑制するほどのTPM値の変化がなかった
- という2つの仮説が考えられる。

4. 結論と展望

今回の研究では油の劣化を抑制する働きがある物質を発見できなかった。これからの課題としては、ビタミンC, ビタミンE以外の油の劣化を抑制する抗酸化物質を探したり、TPM値の変化量が大きい方法で実験を行ったりすることが考えられる。

5. 参考文献

- (1) 令和2年度高田高校課題研究 食用油の劣化防止方法
- (2) α -トコフェロールの酸化防止作用についてのアスコルビン酸ステアリン酸エステルとのシナジー
- (3) トコフェロールの抗酸化効果向上に関する研究
L-アスコルビン酸及びエルソルビン酸との相乗効果

マクロファージと棘皮動物の再生

～人工授精と幼生を用いた再生実験～

In my experiments, I used three kinds of echinoderms to discover how to promote the regeneration of echinoderm larvae. I did not succeed in producing *Pseudarchaster parellii*. However, regeneration experiments in which I used sea urchin *Pluteus* larvae found that regeneration is promoted by using LPS.

1. 抄録

棘皮動物の幼生の再生が促進される方法を発見することをテーマに、アカモミジヒトデ、サンリクオオバフンウニ、バフンウニを用いて実験を行った。アカモミジヒトデは発生に至らなかったが、ウニのプルテウス幼生を用いて再生実験を行い、マクロファージを活性化させる効果がある LPS を用いることで再生が促進されることが分かった。しかし濃度の高い LPS は再生を促進させるとともに強い炎症を引き起こし、細胞死が起こった。

2. 序論

再生することが知られている棘皮動物だが、その再生を促進する要因は解明されていない。本実験ではマクロファージが再生において重要な働きをしていると考える。マクロファージには炎症性(M1型)と抗炎症性(M2型)の二種類が存在する。通常時、M2型のマクロファージが常駐しており、傷害組織においてM1型に機能転化する。M1型のマクロファージが炎症を起こすことで筋幹細胞を活性化し筋分化を促す。再生が進むとM2型のマクロファージに戻り炎症を収束させ、筋線維の成熟を促す。また、マクロファージを減らすことでサラマンダーの四肢の再生が遅くなり、完全に取り除くと再生せずに癒痕組織で傷が覆われたという論文(James W Godwin, 2013)から、マクロファージを活性化することで再生が促進されると考え、マクロファージを活性化させる効果がある LPS(リポポリサッカライド)を用いて実験を行った。初めにアカモミジヒトデの成体を用いて実験を行ったが、個体差が大きくデータの正確性に欠けたため実験には人工授精で得た幼生を使用した。アカモミジヒトデとサンリクオオバフンウニの人工授精は国内で未だ試みられていないため、その方法を明らかにするとともに成長過程の観察を行った。

3. アカモミジヒトデの人工授精

アカモミジヒトデ(*Pseudarchaster parellii*)は水深約300mに生息する深海性のヒトデで、日本海西部、富山湾、北太平洋などに分布している。今回の実験では北緯37.14°、東経138.02°、水深402mで採取された個体を使用した。

【目的】

再生実験で幼生を使用するためにアカモミジヒトデの人工授精を行った。しかし、アカモミジヒトデは自然発生が報告されているが、人工授精は未だ試みられていない種である。そのため人工授精の方法を確立するとともに、成長過程の観察を行う。



【人工授精の方法(イトマキヒトデ)】

1. メスのヒトデから卵巣を、オスのヒトデから精巣を取り出す。
2. 1-メチルアデニンを 1000 倍に希釈したのものに取り出した卵巣を入れ、よく攪拌した後 1 時間漬ける。
※1-メチルアデニンを使わない場合は放射神経をホモジナイズしたものを 90 倍に希釈して、それに卵巣を漬ける。
3. 漬けた卵巣をシャーレに移し、パスツールピペットで懸濁した精子を未受精卵懸濁液に加え、よく攪拌する。
4. 受精膜を確認した後、未受精卵 1ml あたり 200~300ml の海水を加えて懸濁し、攪拌培養する。
5. 20℃の温度条件で、64 細胞期は 4 時間、胞胚は 16 時間、中期原腸胚は 24 時間、後期原腸胚は 36 時間、ビピンナリア幼生は 60 時間インキュベートすると得られる。

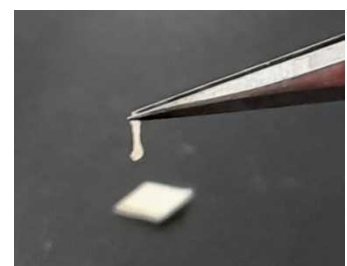
[1-メチルアデニンとは]

ヒトデの卵は初めは卵核胞と濾胞細胞が見られ、受精できない状態の未成熟卵だが、放射神経から出る物質により受精可能な成熟卵に変わる。1-メチルアデニンは放射神経から出る物質と同じ働きをする。

〈実験①〉

【目的】

培養に最適な温度を見つけるとともに、未成熟卵を成熟卵に変化させる 1-メチルアデニンの効果を確認する。



アカモミジヒトデの卵巣

アカモミジヒトデの精巣

アカモミジヒトデの放射神経

【仮説】

水温は成体の飼育と同じく 8℃が適温だと考える。また、人工授精の参考にしたイトマキヒトデをはじめ、ヒトデの卵は初めは未成熟卵であるため 1-メチルアデニンに漬けていない個体は受精ができないと考える。

【方法】

イトマキヒトデの人工授精を参考に、表の条件に分けて人工授精を行う。

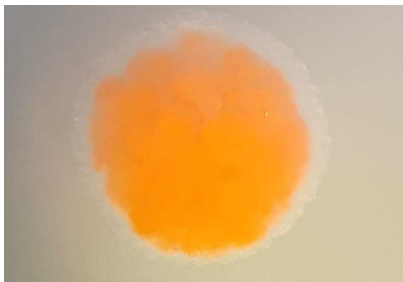
【結果】

	8℃	12℃	18℃
1-メチルアデニン有	60%受精	35%受精	×
1-メチルアデニン無	72%受精	15%受精	×

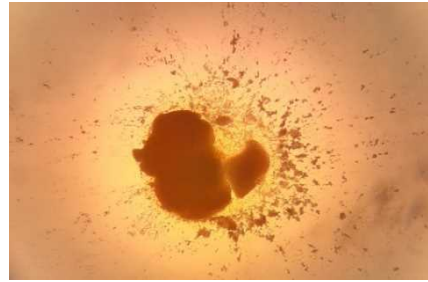
- ・卵割が確認できたが、すべて割れたり死んだりしてしまい発生には至らなかった。
- ・卵には3種類の大きさがあり、最も大きい1mmの卵のみ受精することができた
- ・卵は等黄卵で、卵割は放射状に起こった
- ・放射神経に漬ける前の未成熟卵でも、卵核胞と濾胞細胞が確認できなかった。

【考察】

- ・浮遊性の卵でも、深層水と表層水は混ざらず卵は深層水にとどまり続けるため、成体と同じく低温が適しており、A, Dは受精卵が多かったことから8℃が適温だと考える。
- ・1-メチルアデニンに漬けなくても受精ができることと未成熟卵に見られる卵核胞と濾胞細胞が見られなかったことから、アカモジヒトデの卵は1-メチルアデニンに漬ける前から受精可能な成熟卵だと考える。
- ・アカモジヒトデは外部から栄養を取り込まない卵黄栄養型の幼生が発生すると考える。



D 受精後 54 時間



D 受精後 92 時間

〈実験②〉

【目的】

実験①から、アカモジヒトデの卵は大型であるため振動で割れやすく、割れた卵から出た脂肪分による水質悪化もしくは酸素不足が死んでしまった原因だという仮説を立て、発生させるための実験を行う。

【仮説】

振動を緩和することで割れる卵が減り、水質悪化が防がれるため発生すると考える。

【方法】

水温が8℃の状態、表の条件に分け培養を行う。

【結果】

	1 個体/ 1 mL	1 個体/ 5 mL	1 個体/ 1 0 mL
エアレーション有	すべて割れた	すべて割れた	すべて割れた
エアレーション無	すべて割れた	すべて割れた	割れなかったが発生しなかった

【考察】

エアレーションをした卵は気泡による衝撃が大きかったため割れてしまったと考える。また、発生に至らなかった他の要因として深海に生息しているヒトデなので水圧が影響していると考えられる。

4. サンリクオオバフンウニの人工授精

サンリクオオバフンウニ(*Strongylocentrotus pallidus*)は深海性のウニで、今回の実験では北緯 37. 24°、東経 138. 14°、水深 337m で採取された個体を使用した。



【目的】

再生実験で幼生を使用するため、サンリクオオバフンウニの人工授精を行った。しかし、サンリクオオバフンウニの人工授精は国内で未だ行われていない。さらに産卵期がロシア北西部(5~6月)と釧路(1~2月)以外特定されていないので、日本海中部の産卵期の特定を行う。

【人工授精の方法(バフンウニ)】

1. ウニの口器の周りにハサミを入れ、アリストテレスの提灯を取り除く。
2. アリストテレスの提灯を取り除いたところから体腔液を捨てる。
3. そこに0.5molの塩化カリウムを数滴加え、下の写真のように逆さまにして海水が入っているビーカーの上に置く。
4. 雌なら卵が小さな粒として見え、雄なら精子が乳液状に見える。
5. 精子は海水の中に入れてままだと活発に動いた後すぐに死んでしまうのでシャーレに移す。(ドライスパーム)
6. 卵がたまったら上の海水を捨てて、新しい海水で卵を数回洗う。
7. 卵をピペットで吸い取りシャーレに入れ、海水で精液を薄めた精子懸濁液を卵が入ったビーカーに加えて攪拌する。
8. 18℃の温度条件で4細胞期は2時間10分、16細胞期は3時間30分、胞胚は12時間、原腸胚は20時間、プリズム幼生は36時間、プルテウス幼生は48時間インキュベートすると得られる。



卵と精子



受精卵



8細胞期



胞胚期



プリズム幼生



プルテウス幼生

【方法】

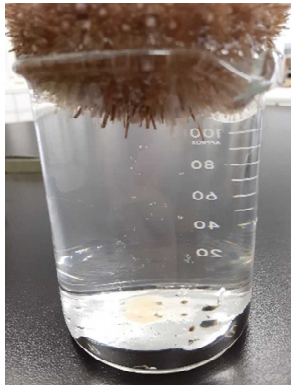
サンリクオオバフンウニを受精させた後、表の条件に分けて培養する。

【結果】

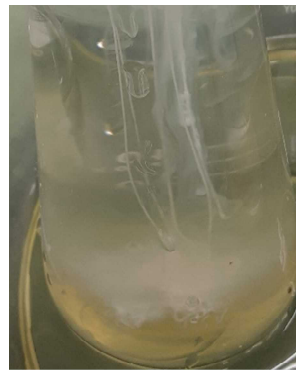
水温	密度	1 個体/ 1 mL	1 個体/ 5 mL	1 個体/ 1 0 mL
	8℃		8細胞期で全滅	65%発生
12℃		8細胞期で全滅	71%発生	48%発生
18℃		卵割が起こらなかった	卵割が起こらなかった	卵割が起こらなかった

水温が 12℃・密度 5mL/1 個体のとき、発生までにかかる時間が最も短かった。

バフンウニの卵は 105 μm で鮮やかなオレンジ色なのに対し、サンリクオオバフンウニの卵は 270 μm で薄い黄色だった。また、バフンウニに比べ発生までに要する時間が長かった。



サンリクオオバフンウニの卵



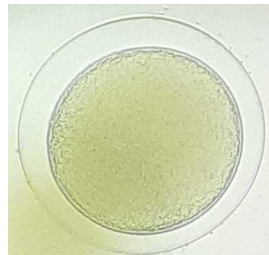
サンリクオオバフンウニの精子



成長過程は以下のとおりである。



未受精卵



受精卵



受精後 17 時間



受精後 20 時間



受精後 27 時間



受精後 43 時間



受精後 49 時間



受精後 59 時間



受精後 63 時間



受精後 90 時間



受精後 107 時間



受精後 128 時間

【考察】

実験結果から、水温 12℃・密度 5mL/1 個体がサンリクオオバフンウニの卵の培養に最適だと考える。また、日本海中部におけるサンリクオオバフンウニの産卵期は 2～3 月である。表から、幼生の培養には密度が高すぎると発生に至らないが、低すぎると刺激が足りないため成長が遅くなると考える。

5. サンリクオオバフンウニの再生実験

サンリクオオバフンウニの人工授精を行い、発生した受精後 128 時間のプルテウス幼生を用いて実験を行った。

【目的】

マクロファージが活性化することで再生が促進されることを証明する。

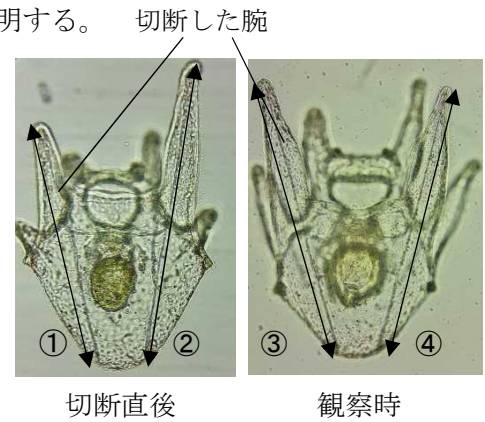
【方法】

プルテウス幼生の腹面側の片方の腕を切断し、海水で飼育した個体と、マクロファージを活性化させる効果がある

LPS(100 ng/mL)で飼育した、それぞれ 15 個体観察を行う。

プルテウス幼生の腕はメス(10)で切断する。

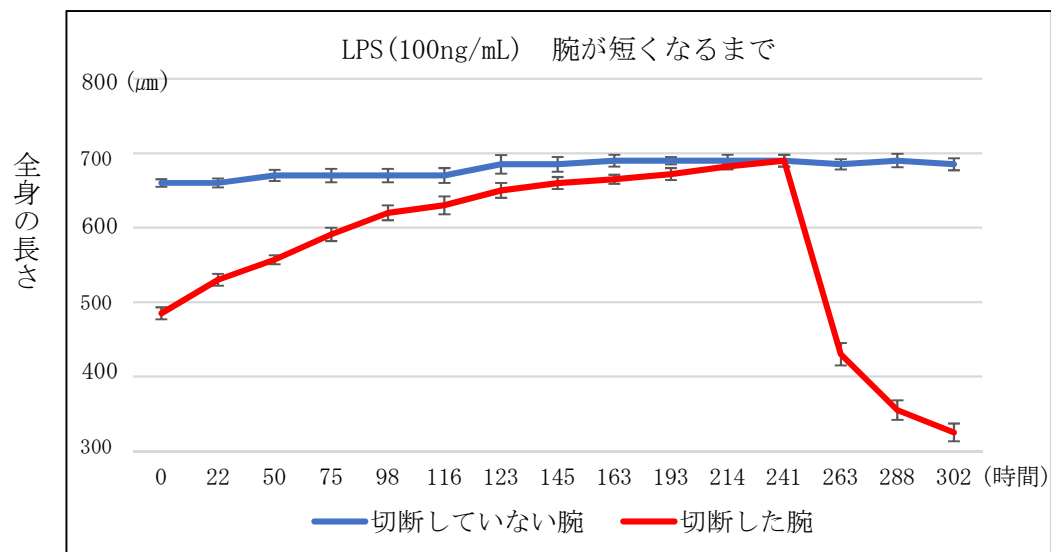
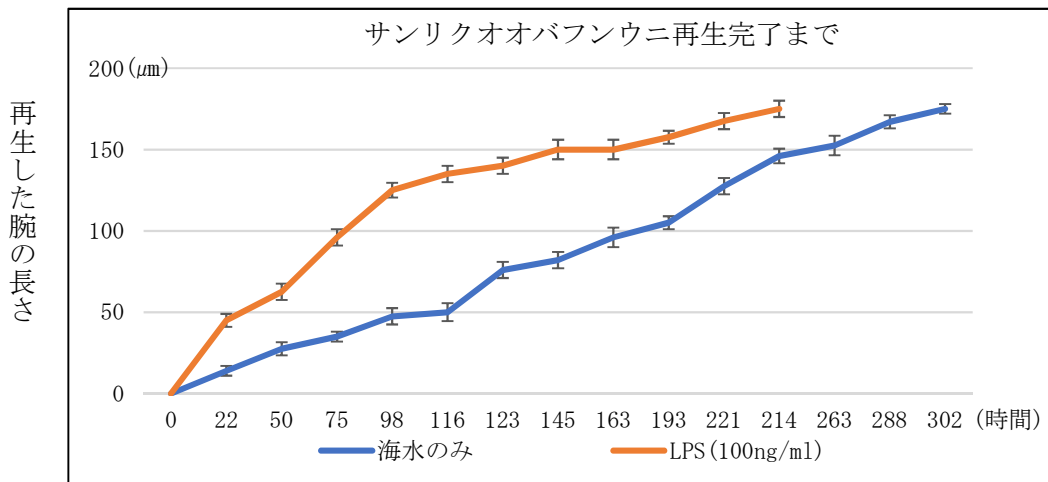
再生した腕の長さは(④-②)-(③-①)で求める。



【仮説】

LPS によってマクロファージが活性化されるため LPS を含んだ海水で飼育した個体は再生が促進される。

【結果】



【考察】

LPSが含まれている海水で飼育した個体の方が再生が早かったことから、LPSを用いることで再生が促進されることが証明された。しかし、再生完了後に切断した方の腕が著しく短くなってしまった。原因として以下の二つが考えられる。

- ① LPSによりマクロファージが活性化されすぎたことで、時間が経つにつれマクロファージが弱った
 - ② LPSは細菌由来なため、マクロファージが排除しようと働くことで炎症が起きた
- ① ②をもとに、腕が短くなってしまった原因をバフンウニの再生実験で調べる。

6. バフンウニの再生実験

〈実験1〉

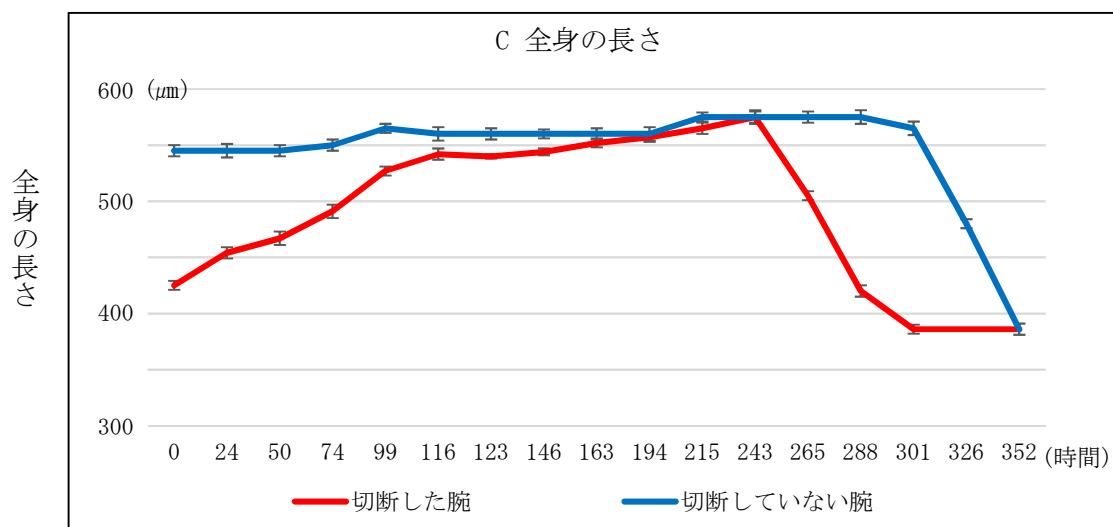
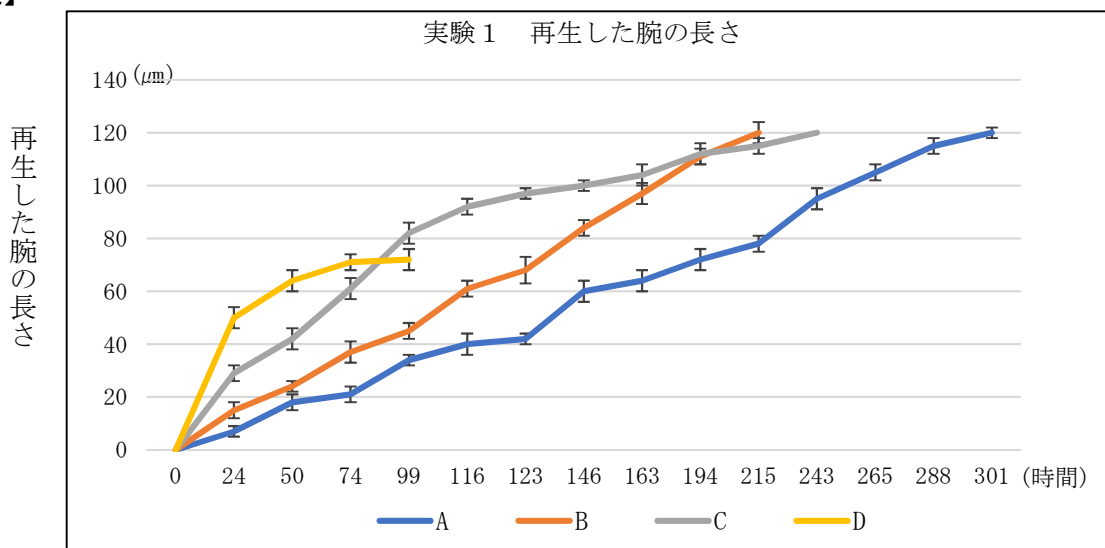
【目的】

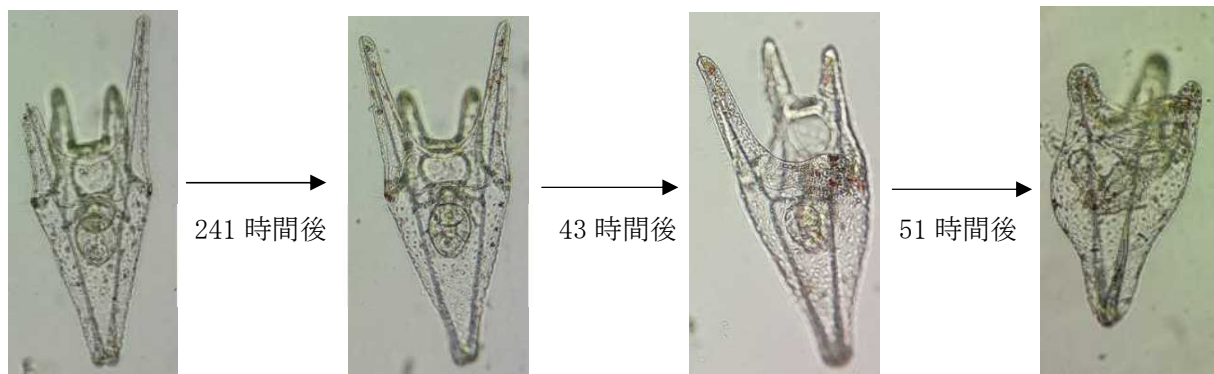
再生完了後に切断した方の腕が短くなる現象はバフンウニでも起きるのか調べる。また、より早く再生させるためにLPSの濃度を変えて実験を行う。

【方法】

プルテウス幼生の腹面側の片方の腕を切断し、A…海水のみ、B…LPS (50ng/mL)、C…LPS (100ng/mL)、D…LPS (150ng/mL)で飼育した、それぞれ15個体の観察を行う。

【結果】





CとDの個体のうち一部が切断後99時間を過ぎると切断した方の腕が著しく短くなり、Cの全ての個体が再生完了後に切断した方の腕が短くなった。また、Dの全ての個体で変形が見られた。

【考察】

実験結果から、比較的高い濃度のLPSで飼育されたプルテウス幼生は、種に関係なく切断された方の腕が短くなることが確認できた。しかし、サンリクオオバフンウニの幼生は切断していない方の腕が短くならなかったのに対し、バフンウニの幼生は切断していない方の腕も短くなった。これを深海性のヒトデとの差と考え、原因を調べる。また、Bで飼育した個体はLPSの濃度が低かったために再生速度の低下や腕が短くなるという現象が起きなかったと考える。

〈実験2〉

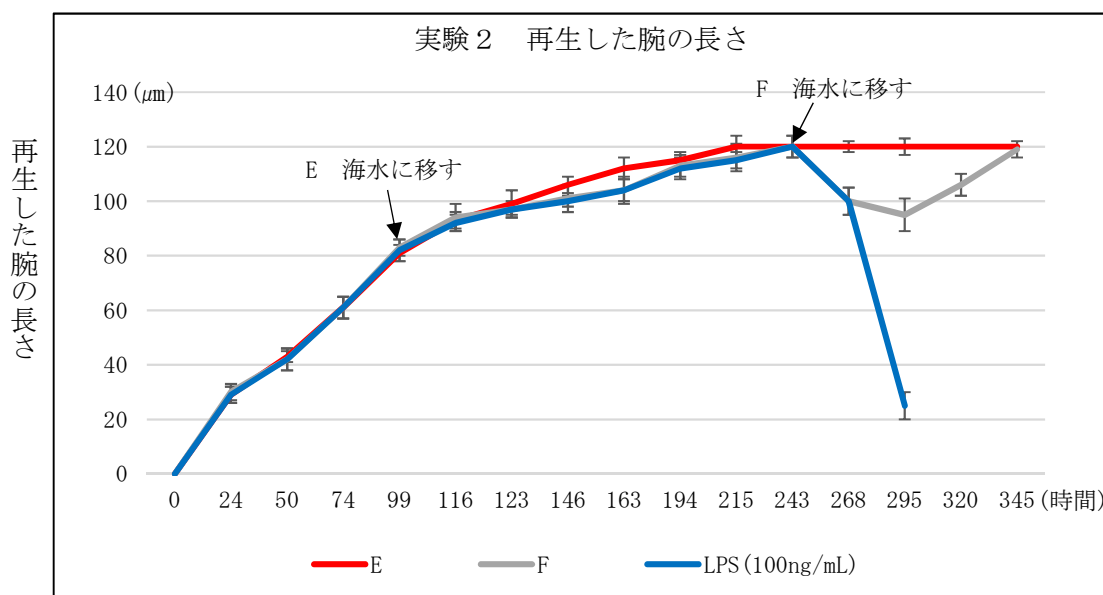
【目的】

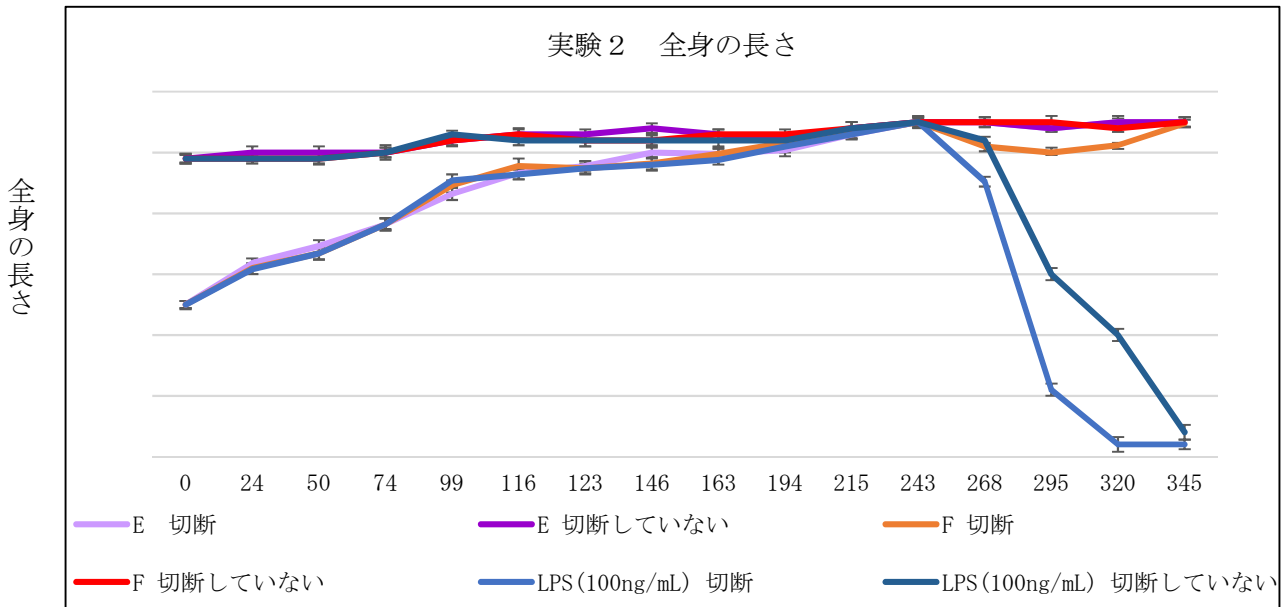
サンリクオオバフンウニの再生実験の考察から、腕が短くなった原因を調べる。

【方法】

E…切断後99時間はLPS(100ng/mL)で飼育し、その後は海水、F…再生完了までLPS(100ng/mL)で飼育し、その後は海水で飼育した、それぞれ15個体の観察を行う。

【結果】





【考察】

実験2のEでは再生完了後に短くなった腕が再生した。弱ったマクロファージがもう一度再生を促したとは考えられないので、腕が短くなるのはマクロファージが炎症を起こすことが原因だと結論づけ、炎症が起きた原因を考察した。プルテウス幼生の腕を切断することでその部分は傷害組織になり、M1型のマクロファージが働く。M1型のマクロファージは炎症性で細菌から抽出されたLPSを排除するため、LPSの濃度が高い海水で飼育した個体はより強い炎症が起きる。炎症は再生を始めさせ、筋幹細胞を活性化するため再生が促進されるが、炎症が強すぎるため収束せず、強いストレスがかかることで細胞死が起きたと考える。

7. 結論と展望

アカモミジヒトデの人工授精は発生に至らなかったが、一般的なヒトデと違い初めから成熟卵である可能性があると考え。また、一年を通して受精できることが分かった。今後は発生させるために圧力をかけた実験と、水流がある状態で飼育した個体の実験を行う。さらに、初めから成熟卵なのはアカモミジヒトデ特有のものなのか、深海性のヒトデ特有のものなのかを調べる。

再生実験ではマクロファージを活性化させるLPSを用いることで再生が促進されることが分かった。これはマクロファージが活性化しただけではなく、LPSを排除するために起きた炎症が要因であると考え。また、バフンウニは両方の腕が短くなったのに対し、サンリクオオバフンウニは切断した方の腕のみ短くなった。これを深海性のウニとの違いだと考え、原因を追究する。

8. 参考文献

- Macrophages are required for adult salamander limb regeneration (James W Godwin, 2013)
<https://www.pnas.org/content/110/23/9415>
- Transient inflammatory response mediated by interleukin-1 β is required for proper regeneration in zebrafish fin fold (Tomoya Hasegawa, 2017)
<https://elifesciences.org/articles/22716>

- ・ウニの発生実験

<https://www.mnc.toho-u.ac.jp/v-lab/kaisou/hitoiki/uni-01.html>

- ・ヒトデの卵成熟と初期発生

<https://www.sci.keio.ac.jp/gp2010/practice/biology/detail00011.html>

9. 謝辞

上越漁業組合筒石支所の長栄丸様、水産研究・教育機構水産資源研究所の木暮陽一様、藤原邦浩様、新潟大学佐渡自然共生科学センター臨海実験所・助教の大森紹仁様、マリンピア日本海様をはじめ、研究に協力して下さった皆様に深くにお礼申し上げます。

ゴキブリの糞に含まれるフェロモンについて

Looking at the stationary insecticide that attracts insects by smell, I thought that the same thing could be done with cockroach pheromones, so I planned research focusing on the effect of aggregate pheromones in cockroach feces from previous research. As a result cockroaches were attracted to the pheromones in the leaves, but no difference in the attractiveness of male and female pheromones was inferred.

1. 要旨

匂いで引き寄せる設置型の殺虫剤を見て、ゴキブリのフェロモンでも同じことができるのではないかと考え、先行研究よりゴキブリの糞の中の集合フェロモンの効果に着目し、研究を計画した。その結果、ゴキブリは糞の中のフェロモンに引き付けられるが、オスとメスのフェロモンの誘引力に差異は無いことが推察された。

2. 研究方法

- ① ワモンゴキブリの成虫のオス、メス (写真1,2)
飼育容器から糞を1.0g ずつ採取し、メタノール、もしくはエタノールを10ml 加え、一晩放置した後、固形物を除いた液体を集合フェロモンの抽出液とした。
- ② 抽出した液体が集合フェロモンの効果をもつか確かめるため20mm×50mm のろ紙片にオスメス両方の抽出液を染み込ませ室内で自然乾燥させメタノールを蒸発させる (写真3)。シャーレ (直径110 mm、深さ25mm) の両端に向かい合わせに抽出液を染み込ませたろ紙と、何も染み込ませていないろ紙を貼り付け、ワモンゴキブリの成虫オスメスそれぞれ3匹の計6匹をシャーレに入れて5分ごとにシャーレ中央を基準にどちらのろ紙に集まっているかを30分間計測した。(写真4)
- ③ オスメスそれぞれの集合フェロモンに違いはあるのかを調べるためシャーレの片側にオスの抽出液、反対側にメスの抽出液を染み込ませたろ紙を貼り付け、オスメスがそれぞれどちらのろ紙に集まっているかを②と同様の方法で計測した。



写真1 〈オス〉



写真2 〈メス〉

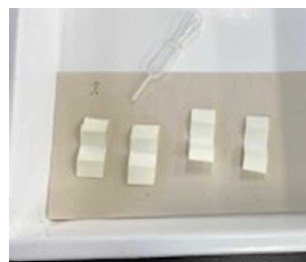


写真3 〈ろ紙片〉



写真4 〈シャーレ〉

評価方法

- ②で行った計測では、抽出液を染み込ませたろ紙側にゴキブリが何匹いるかを数える。
6～4匹のゴキブリがいた場合は (+)、3匹の場合は (±)、2～0匹の場合は (-) と評価する。
- ③で行った計測では、メス側とオス側それぞれのフェロモンに集まったゴキブリがオスメス別に何匹いるかを数える。

6～4匹のゴキブリがいた場合は（+）、3匹の場合は（±）、2～0匹の場合は（-）と評価する。

3. 結果と考察

②で行った計測では、+の評価が47, ±の評価が8, -の評価が5個だった。(表1) +の評価が78%以上あり、10回中5回はすべて+の評価であったので抽出した液体が集合フェロモンの効果をもつと考える。

表1	5分	10分	15分	20分	25分	30分
1回目	-	+	+	+	-	±
2回目	+	+	+	+	+	+
3回目	+	±	+	±	±	-
4回目	+	+	+	+	+	+
5回目	±	-	+	+	+	+
6回目	+	+	+	+	+	+
7回目	+	+	+	+	+	+
8回目	+	±	+	+	+	+
9回目	±	±	+	+	+	+
10回目	-	+	+	+	+	+

表1 〈②の結果〉

③で行った計測では、+の評価が10, ±の評価が10, -の評価が10 (表2) である。また、(表3) と (表4) はゴキブリのオスとメスの計測中の数を表す。計測ごとにオスとメス両方に数値にばらつきがあり、一貫性がない。この結果はゴキブリがオスメスに関わらずフェロモンに引き寄せられたことが原因であると考えられる。これらのことからオスとメスのフェロモンどちらかがゴキブリを強く引きつけることはないと考えた。

表2	5分	10分	15分	20分	25分	30分
1回目	+	-	±	±	-	-
2回目	±	±	±	±	+	+
3回目	+	+	±	-	-	-
4回目	±	-	-	-	-	+
5回目	±	±	+	+	+	+

表2 〈③の結果〉

		5分	10分	15分	20分	25分	30分
1回目	メス側のオス	2	1	1	1	0	0
	オス側のオス	1	2	2	2	3	3
2回目	メス側のオス	2	2	2	2	2	2
	オス側のオス	1	1	1	1	1	1
3回目	メス側のオス	2	2	1	0	0	0
	オス側のオス	1	1	1	3	3	3
4回目	メス側のオス	2	1	1	1	1	2
	オス側のオス	1	2	2	2	2	1
5回目	メス側のオス	1	1	1	1	2	2
	オス側のオス	2	1	2	2	1	1

表3 〈③でのオスの数について〉

		5分	10分	15分	20分	25分	30分
1回目	メス側のメス	2	1	2	2	2	1
	オス側のメス	1	2	1	1	1	2
2回目	メス側のメス	1	1	1	1	2	2
	オス側のメス	2	2	2	2	1	1
3回目	メス側のメス	2	2	2	2	2	2
	オス側のメス	1	1	1	1	1	1
4回目	メス側のメス	1	0	1	1	1	2
	オス側のメス	2	3	2	2	2	1
5回目	メス側のメス	2	2	3	3	2	2
	オス側のメス	1	1	0	0	1	1

表4 〈③でのメスの数について〉

※ (表3, 4) どちらにもよらなかったゴキブリは計測していない。

4. 結論と展望

ゴキブリは糞の中のフェロモンに引き付けられるが、オスとメスのフェロモンの誘引力に差異は無いと考える。しかし、データが少なく結果の確実性が乏しいので追加で実験を行う必要がある。また、ゴキブリの糞に含まれるフェロモンの成分解析をすることが実験の確度を高めるうえで重要となると考える。

5. 参考文献

4 種のゴキブリ集合フェロモンに対する紫外線およびオゾンの失活効果

岡本 紀久 名古屋保健衛生大学衛生学部医動物学教室

ミドリゾウリムシの栄養状態と再共生

We researched how does the density of nutrition affect the methods of albinism and re-symbiosis of paramecium bursaries. As a result, we found that paramecium bursaries could survive under a less nutritious environment to some extent and the density of nutrition has no relation with albinism and re-symbiosis.

1. 要旨

ミドリゾウリムシの体内で行われる白化と再共生に対し、栄養分の濃度がどのような影響を与えるかについて研究を行った。その結果、ある程度の飢餓状態下でもミドリゾウリムシは生存でき、濃度の変化は再共生や白化の起こりやすさに、ほとんど関係がないことが推察された。

2. 序論

ミドリゾウリムシは藻類であるクロレラと共生しており、クロレラやバクテリアの捕食と光合成の2通りの方法によってエネルギーを得ることができる。また、白化する条件は明らかになっていないが、自然界の様々な要因によって白化し、ミドリゾウリムシの白化・再共生と、生息する環境の明るさや栄養状態は密接に関係していると考えられている。私たちは、ミドリゾウリムシが十分に栄養が取れない状況下に置かれた時、クロレラの捕食が優先的に起こるのか、それとも共生が起こるのか、その原因も含め疑問に思った。そこで、培養液の栄養状態がミドリゾウリムシの再共生に与える影響に着目し、実験を行った。

3. 実験

実験として以下のことを行った。

- (I) 飢餓状態下での再共生
- (II) 富栄養状態での再共生
- (III) 白化に必要な栄養分の濃度による違い
- (IV) 白化に必要な栄養分の最低量を調べる

実験方法

この実験で使用したミドリゾウリムシは、岩国市立マイクロ生物館分譲サービス (https://iwakuni-iju.jp/micro_seibutukan.html) を利用した。ミドリゾウリムシはインキュベーター内で光を照射しながら 22°C に保って培養した。クロレラについては、十分に培養したミドリゾウリムシ培養液を遠心分離し、ホモジナイザーを用いてクロレラを取り出した。また、実験 I、II における白化ミドリゾウリムシは、タンパク質合成阻害剤 (シクロヘキシミド) を培養液 100ml あたり 0.002g 加え、6~8 日間置いておくことで白化させた。再共生したと判断する基準は、ミドリゾウリムシ自体が白化した状態から緑色になること、クロレラが内部で動いていないこととした (画像 1 6. 資料を参照 以下、番号のみ表記する)。

【実験Ⅰ】 飢餓状態に置かれたミドリゾウリムシが、再共生と捕食のどちらを優先して行うのか調べる。

〈実験方法〉 低濃度の栄養分を含む培養液中で培養した白化ミドリゾウリムシを、栄養分を含まない蒸留水に混ぜて栄養分が少ない状態にする。1日に1度培養液にクロレラを加え、5日間再共生の様子を観察する。

〈仮説〉 時間が経過するごとに飢餓状態は厳しくなることから、栄養分を得るために再共生よりも捕食を優先する。

〈結果〉 再共生している個体は見られず、個体数は次第に減少した。実験開始から48時間後にはミドリゾウリムシはいなくなった。

〈考察〉 栄養分を得るためにクロレラの捕食を優先したが、培養液中に栄養がなく、個体の維持に必要な栄養分が不足していたため死滅したと考える。

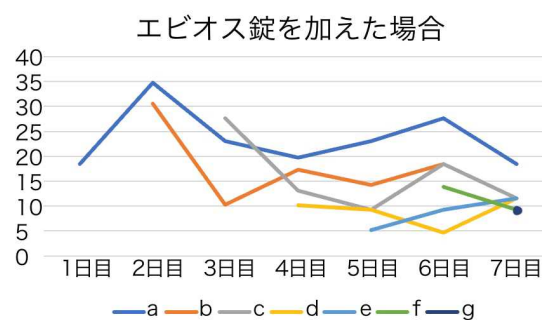
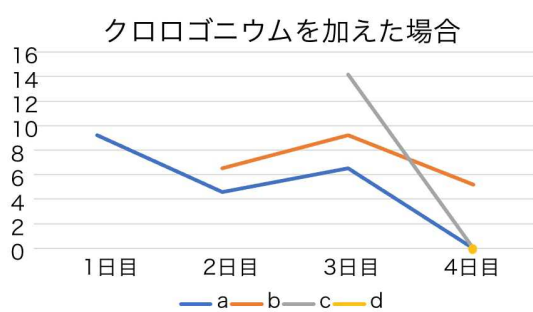
【実験Ⅱ】 白化ミドリゾウリムシに十分な栄養を与えた場合、再共生が活発に行われるかを調べる。

〈実験方法〉 栄養分としてミドリゾウリムシの餌として利用されるクロロゴニウム培養液0.20ml、エビオス錠1錠を2mlの蒸留水に溶かした水溶液0.11mlを別々の白化ミドリゾウリムシ培養液に与え、それぞれの培養液中の個体数の増減を調べる。先に述べた白化ミドリゾウリムシ培養液2mlを透明チューブに入れ、クロレラを与える。また、クロレラを与えることによる一時的な個体数の増減について調べるため、実験開始から24時間後、48時間後、72時間後、…にクロレラを与えた培養液をa、b、c、…とする。個体数については、10滴分観察し、1mlあたりの平均の個体数を求めた。

〈仮説〉 実験Ⅰより、栄養分が少ない場合は共生クロレラを捕食して栄養分を得るが、十分な栄養分があるため捕食は行われにくく、再共生が行われる。

〈結果〉 グラフの縦軸は、培養液1mlあたりで見られた個体数を示す。

下のグラフより、クロロゴニウムを与えた場合、ミドリゾウリムシは死滅した。実験開始から1、2日目には体内に透明の粒状のもの(エビオス錠の粒)が見られ、その後再共生した個体が見られた。最終的に個体数は減少したが、実験Ⅰと比較して再共生は活発に行われた。



単位 匹/ml

〈考察〉 今回実験で用いたクロロゴニウムが(画像2)のようなものであり、一般的なクロロゴニウムの見た目(画像3)とは大きく異なる。そのため、クロロゴニウム培養液に別の生物が混ざってしまい捕食が行われなかったと考えられる。また、エビオス錠水溶液を与えたミドリゾウリムシの内部に透明な粒状のエビオス錠の粒が見られたことから、栄養分が多い時、培養液中から栄養分を得て、再共生を行うことがわかる。

実験Ⅰ、Ⅱより、再共生は栄養分と密接に関わっていることがわかった。そこで、栄養分の濃度による違いはあるのかと考え、実験Ⅲ、Ⅳを行った。実験Ⅲ、Ⅳについては、培養液中に完全には白化していない個体が見られ、再共生した個体数を正確に判断できなかった。また、低栄養下の培養液では覆いを被せた状態でクロレラを与えると、光合成が行われず得られる栄養分が少ないため、再共生と同時に白化も行われたと考えられる。栄養分の不足によって白化が行われるかどうかを調べるために、白化する過程を観察した。

【実験Ⅲ】 栄養分の濃度によって白化の起こりやすさが変わるか調べる。

〈実験方法〉 培養液中のエピオス錠の濃度を 3 段階（薄い:0.04g、中間:0.08g、濃い:0.12g）に分け、20ml の小型の容器内で白化が起こった個体の割合を調べる。白化は、室温 22℃の場所で、それぞれの容器に覆いを被せて行った。実験はいずれかが減少し始めるまで行った。毎日ほぼ同じ時間にそれぞれの培養液からスポイトで 10 滴採取し、ミドリゾウリムシの個体数と白化した個体数を数えた。実験後、採取した培養液は再び容器内に戻した。この操作を 8 日間行った。

〈仮説〉 実験Ⅰ、Ⅱより栄養分が少ないとクロレラを捕食して栄養分を得ていたことがわかる。また、栄養が十分ないと死滅するのが早く再共生も行われなかった。よって、濃度の薄い場合の方が栄養分が少ないため、白化も速いと考えた。

〈結果〉 表中の白化中平均数は白化途中であった個体（画像 4）の数、完全白化平均数は完全に白化が終わり体が白くなった個体の数、白化%は完全に白化していた個体の割合を示す。下の表より、栄養分の濃い場合は個体の約 80%、他は 60%程度白化した。栄養分が濃い場合は小さな白化した個体が多く見られたが、それらを除くと白化個体の割合は 60%台だった。

〈考察〉 最終的にどれも白化した個体数の割合は 60%程度となったが、6 日目では大きく変化した。濃い場合の白化した割合は他と比べると大きい、平均数は大きく減少していることから、小さな個体が急激に増殖した結果、20ml の容器内ではこれ以上増加することができず、逆に減少してしまったと考えられる。ただ、薄い時と中間では白化した割合がほぼ同じであることから、栄養分の濃度は白化の起こりやすさに関係しないと考えられる。

薄い	0日	2日	4日	6日	8日
平均数	188.6	243.8	188.6	115	156.4
白化中平均数	0	55.2	133.4	64.4	55.2
完全白化平均数	0	0	0	46	101.2
白化%	0	0	0	40	64.7

濃い	0日	2日	4日	6日	8日
平均数	188.6	96.6	110.4	299	92
白化中平均数	0	4.6	87.4	46	13.8
完全白化平均数	0	0	0	243.8	73.6
白化%	0	0	0	81.5	80

中間	0日	2日	4日	6日	8日
平均数	188.6	69	110.4	73.6	101.2
白化中平均数	0	27.6	82.8	32.2	36.8
完全白化平均数	0	0	0	41.4	64.4
白化%	0	0	0	56.3	63.6

【実験Ⅳ】 白化に栄養分が最低限どのくらい必要か調べる。

〈実験方法〉 培養液中のエピオス錠の重量を 3 段階（0.04g、0.02g、0.01g）に分けて、小型の容器内で実験Ⅲと同様の条件でミドリゾウリムシの個体数と白化した個体の割合を調べる。

〈仮説〉栄養分を多くすると個体数が減少するが、それと反対にエビオス錠の濃度をより低くすると栄養分が不足し、死滅する、または白化しないと考える。

〈結果〉平均数は栄養分の濃度に関係なく6~7日目で最大になり、7日目以降減少した。いずれも9日目では、白化し始めた個体も含めると、ほぼ全個体が白化した。

0.04g	0日目	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目
平均数	25.8	60.2	30.1	51.6	86	77.4	137.6	141.9	107.5	77.4
白化中平均数	0	0	4.3	17.2	43	30.1	51.6	55.9	38.7	12.9
完全白化平均数	0	0	0	0	0	8.6	30.1	77.4	68.8	64.5
白化%	0	0	0	0	0	11.1	21.9	54.5	64	83.3

0.02g	0日目	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目
平均数	25.8	86	64.5	68.8	94.6	94.6	137.6	124.7	94.6	34.4
白化中平均数	0	0	12.9	21.5	43	47.3	64.5	34.4	34.4	12.9
完全白化平均数	0	0	0	0	0	12.9	30.1	73.1	60.2	21.5
白化%	0	0	0	0	0	13.6	21.9	58.6	63.6	62.5

0.01g	0日目	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目	7日目	8日目	9日目
平均数	25.8	34.4	60.2	51.6	73.1	38.7	55.9	60.2	55.9	38.7
白化中平均数	0	0	17.2	21.5	38.7	12.9	30.1	25.2	21.5	8.6
完全白化平均数	0	0	0	0	0	0	0	12.9	12.9	30.1
白化%	0	0	0	0	0	0	0	21.4	23.1	77.8

〈考察〉白化した平均数は8日目までは栄養分を0.04g、0.02g与えた個体ではほぼ同じだったが、9日目では0.02g与えた個体において白化した個体数が大きく減少した。これは、栄養分が不足し、完全に白化するまでにより時間がかかったと考えられる。0.01g与えた個体においては、9日目には最も白化した割合が8日目に比べて高くなったことから、白化していない個体が多く死滅したことで割合が高くなったと考えられる。

4. 今後の展望

実験結果から、ミドリゾウリムシはある程度の飢餓状態に置かれても生存できると考える。今後は栄養状態が再共生、そして、分裂して増加した個体についてあまり考慮できていなかったことから、分裂にどのような影響を与えるのか調べたい。

5. 参考文献

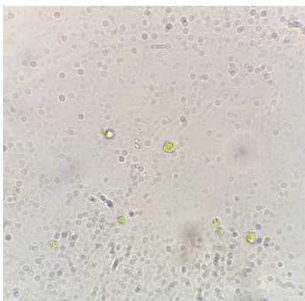
- ・ミドリゾウリムシの細胞内共生 高田高校3年理科/内田伸太郎 佐藤叶佳 2020
- ・ミドリゾウリムシにおける細胞内共生研究の現状と課題/早川昌志 州崎敏伸 2016

https://www.jstage.jst.go.jp/article/hikakuseiriseika/33/3/33_108/_pdf/-char/ja

6. 資料



画像1 ミドリゾウリムシ内部の流動(600倍)



画像2 (600倍)



画像3

クロロゴニウム
(*Chlorogonium elongatum*)

岩国市立ミクロ生物館
<https://micro.shiokaze-kouen.net/zkn/msz258.html>

実験で使ったクロロゴニウムと一般的なクロロゴニウムの比較



画像4 再共生、白化途中に見られたミドリゾウリムシ

メデイカルコース生 研究論文

食と病

1. 要旨

Recently, aging is progressing in advanced countries, including Japan. Among them, many elderly people suffer from or suffer from various diseases. Therefore, I wondered if there could be a way to prevent diseases from the point of view of food in light of the fact that the number of elderly people will increase further. This time, we decided to investigate the link between cancer and food. Then I thought I should consider what kind of diet and behavior I should take.

2. はじめに

今、日本では、人口に対する高齢者の割合が多くなっている。その中で、がんを患う人の数も多くなっている。米国がん協会の2015年度版のデータによると、米国ではガンによる死亡者数が直近20年で22%減少しているが、日本ではここ30年でがん患者の数は2倍以上になっている。(2人に1人がガンを患い、3人に1人がガンによって死亡している。)

そこで、自分のこれまでの研究を踏まえ、食べ物とがんの関連性や予防・対策方法について調べることにした。

3. 研究方法

基本的に書籍とインターネットを使用して調べた。

4. ガンと食の関連性

米国、イギリス、フランス、イタリア等の先進諸外国では、1990年代を境目にごんの死亡率が下がっているのと比べて、日本は増加傾向にある。米国では、がんによる死亡者が減り始めた大きなきっかけとして、1977年に「マクガバーン・レポート」と呼ばれる報告書が発表された。この報告書では、

- ①肉食中心の食生活が、ガンや心臓病、糖尿病などを生んでいる
 - ②野菜の摂取量の減少によるビタミン・ミネラル不足も問題
 - ③こうした栄養と病気の問題を、これまで医学界は無視してきた
- と言うように結論を取り上げた。

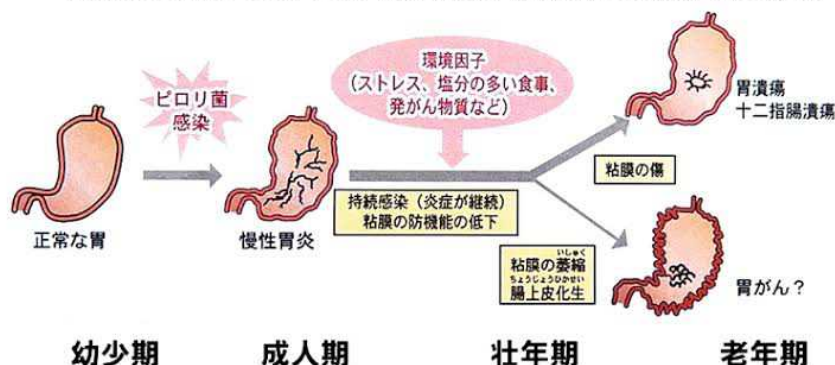
また、1990年に米国国立がん研究所(NCI)はがんの抑制効果を持つ食品をランク別に示した「デザイナーフーズ」を発表した。



・食事関連の四つの発がん要因

- ①塩分のとりすぎ…高塩分の食事は胃がんの発症リスクを高めることに繋がる。また、塩分とピロリ菌の組み合わせがより胃がんを増やすとされている。

子供のころのH.ピロリ感染が、大人になってからの胃潰瘍、胃がんの原因になる



- ②クエン酸代謝の障害…クエン酸回路が活発に回らずにATPが不足すると、エネルギー不足で疲れやすくなるのはもちろん、細胞レベルでも問題が発生する。細胞のナトリウムとカリウムのバランスが正常に保ちにくくなる。
- ③過剰な活性酸素…活性化酵素は周囲の細胞や物質を酸化させて傷つける物質。スーパーオキシドラジカル、過酸化水素、一重項酸素、ヒドロキシラジカルの四種類がある後ろ2つは体内酵素では消せず、食事によって酵素を取り入れなければならない。
- ④動物性のたんぱく質・脂肪のとりすぎ…動物性のタンパク質や脂肪の摂りすぎによって悪玉コレステロールが増加し、免疫細胞が余計に使われてしまう。

5. 予防・対策方法

濟陽高穂著の「今あるガンが消えていく食事」によると、

1. 限りなく無塩に近い塩分制限
2. 動物性たんぱく質と脂肪の制限
3. 新鮮な野菜と果物の大量摂取
4. 胚芽成分、豆、イモ類の摂取
5. 乳酸菌、海藻、キノコ類の摂取
6. レモン、はちみつ、ビール酵母の摂取
7. オリーブオイル、ごま油、菜種油の活用
8. 自然水の摂取

の8つを濟陽式ガンの食事療法の基本として挙げている。

その8つの中で治療中のポイントとして塩分はできる限り取らない、1日1.5~2Lのジュース+野菜500グラム、牛肉・豚肉など四足歩行動物の肉は少なくとも半年から1年は禁止し、卵は1日1個取る、主食は玄米や発芽米・全粒粉のパンなどにして豆類や芋類は1日1回、1日にレモン2個とはちみつ大さじ2杯・ビール酵母20錠、水道水ではなく自然水を飲むなどとされていた。

禁酒禁煙もするべきである。特にタバコはがんを発生させやすくする。アルコールも消化器の壁を傷つけたり、肝臓の働きを弱めて免疫機能を低下させる。

他に、睡眠や運動を十分にとるといった基本的な生活習慣も非常に大事

6. 結論

本やインターネットを使用してガンの予防、対策について調べてきたが、やはり規則正しい生活と正しい食事が必要であると考えた。

食事療法を行うことによって転移ガンとして手術が難しくなっていたとしても治したり、あるいは以前の状態よりも良くしたりすることが可能かもしれない。

7. 参考文献

・マーズ調査レポート-世界と日本のがんの状況

・ヘリコバクター・ピロリ菌と胃の病気

・図解 今あるガンが消えていく食事 濟陽高穂 著

遺伝子病への現代的アプローチと見解

Currently, there are about 9,000 types of genetic diseases, of which about 5,000 have led to the discovery of the causative gene. Until the development of genetic engineering for genetic diseases, there was only symptomatic treatment, but now there is an effective approach in genome editing for some cases. Therefore, this time, we will announce the cutting-edge technology of genome editing and personal views on further treatment. I want to approach the mystery of what is happening at the cutting edge and what is ahead.

1. 要旨

現在遺伝子病は 9000 種ほどありその中で約 5000 種ほどが原因遺伝子の発見に至っている。遺伝子病に対して遺伝子工学が発達するまでは対症療法しかなかったが、現在では一部の症例に対してはゲノム編集での有効的なアプローチができています。そこで今回はゲノム編集の最先端技術と更なる治療への個人的見解をそれぞれ発表する予定である。最先端では何が行われているのか先には何があるのかその謎に迫って行きたい。

2. 研究目的

現代医療において薬などを利用した内側からのアプローチや、外科的なアプローチまたはそれらを併用したものなどいまだに直す手段がないというものは例外を除けば大変少なくなった。しかしその例外に遺伝子病があることを知った。それは致死性家族性不眠症という病気だった。そこで現代の知見はどこまで進みどんなアプローチが考えられているのかを調べたいと思ったため。

3. 研究方法

- ・先行実験の専門書から抜粋
- ・ネットの利用による抜粋

4. 研究結果

①遺伝子研究の現状

2022 年 3 月 31 日に科学雑誌 Science に掲載された情報を参照すると、人ゲノム計画で今までわかっていなかった残りの遺伝子の解析が終了。それにより、ある意味で人類は真に完全な人参照ゲノムが明らかにした。そのおかげで全体のコードが明らかになり、どのコードがなんの役割を果たしているのか推察が容易になっている。そのため遺伝子解析という点ではほぼ完了している。(ここで「ほぼ」なのは、
“Ideally, all genomes could be assembled at the quality achieved here, but automated T2T assembly of diploid genomes presents a difficult challenge that will require continued development.” 「理想的には、すべてのゲノムをここで達成された品質で組み立てることができるが、2 倍体ゲノムの自動 T2T 組み立ては、継続的な開発を必要とする困難な課題を提示する。」と書かれているため)

②遺伝子へのアプローチ方法

①ゲノム編集ツールについて

今回は3つ比較した。

特徴	ZNF	TALEN	CRISPR-SpCas9
最初の報告年	1996	2010	2012
最初に哺乳類に使用された年	2003	2011	2013
DNA塩基配列認識分子	タンパク質	タンパク質	RNA
ターゲットサイト長[bp]	18~36	24~40	17~23
ヌクレアーゼ	FokI	FokI	Cas
ダイマー化の必要性	あり	あり	なし
モノマーサイズ	40kDa	110kDa	160 k Da
設計の容易さ	△	○	◎
治験への応用	++	+	+++

それぞれに長所短所があり上にまとめた通り。最近ではCRISPR-SpCas9システムが用いられることが多い。またこれ以外にもまだまだ編集ツール自体はあるものの煩雑になりすぎるため割愛。ただし現在使われてないことはなく、これ以外も場合によりけりでつかわれている。

②ウイルスベクターについて

ウイルスベクターを使用した実験や研究では日本においては日本が国際的な枠組みのカルタヘナ議定書に批准しているためカルタヘナ法に順守しており、日本国内では遺伝子組み換え生物等の使用等の規制による生物の多様性の確保に関する法律が制定されている。そのため遺伝子組み換え生物等の使用においては文部科学大臣に書類を提出し許可をもらう必要がある。今回はこれらを比較した。

由来	細胞障害性	発現期間	感染・発現の特徴	物理的封じ込め	搭載可能サイズ
アデノウイルス	有	~2か月	種々の細胞	P2	8~37 (kb)
シンドビウイルス	強い	~7日	種々の細胞	P2	11.7
センダイウイルス	強い	~2か月	種々の細胞・臓器	P2	4.5
レトロウイルス	ほぼ無し	数年以上	分裂細胞のみ	P2	8
レンチウイルス	ほぼ無し	数年以上	種々の細胞・臓器	P2	8
アデノ随伴ウイルス	ほぼ無し	数年以上	種々の細胞・臓器	P1	4.7

こちらにもそれぞれまとめたとおりの特徴がある。これには優位性などはあまりないが、希釈性に目を瞑るのならばAAV（アデノ随伴ウイルス）には利点が多い。

③生体への導入法

体のどの部位に影響を与えるのかによっても変化するが、その部位やその周りに注射（脊椎や筋肉）したり、小孔をあけて薬液を投下したり（蝸牛）、部位を切開して薬液を与える方法（脳）がある。場合によって適切な方法を使い分ける。ただし技術的な壁が高い方法も存在している。

5. 考察

ヒトゲノム計画では解明しきれなかった8%のヒトゲノムが解明され人類は真のヒトゲノムを手に入れることができ、ゲノム研究の発展を大きく進めた。

ここ数十年で遺伝子治療が活発化して様々な手法が考案されており、さらにゲノム編集実験への助けとなるサイトの充実、国家間の企業の連携などこの分野への注力が進んでいるように思われる。それらの結実としては豚の心臓の移植におけるゲノム編集などがあげられる。ただもちろんすべてが順風満帆にしているわけではなく、まだ特定部位に限られており、体全体に遺伝子組み換えを起こすことはまだ難しい。さらにこれに限らずだが、ノックインの確率を高くする必要性があり、ウイルスベクターでは安全性が高くとも細胞障害性などそもそも弱っている人にダメージを与える可能性があることや、希釈性や投与時の問題などまだまだ技術的な壁が存在していると思われる。しかし様々な機器の充実などこの分野の今後は十分に期待が持てるし企業や国家においても促進していくべきだと思う。

6. 結論

特定の部位へのアプローチがほとんどを占めているため、まだ人間への医学的な応用は難しいといえる。また特定の部位と言ってはいるものの、そこでもゲノムのノックアウトや置換挿入も十分な確率とは言えない。また人間の遺伝子を書き換えるという倫理的観点の問題があるため、現実的な利用にはまだ時間が必要だと考える。さらに起こる可能性があることとして、病気を治すため遺伝子治療を行うのではなく、かからないようにすることは医学的な治療とは言えず適切な行動ではないと考える。また別の視点から遺伝子治療についての利用で狂牛病の治療が考えられる。まだ越えなければならない技術的課題が多く、これからの発展を期待している。またこの分野にかかわれる機会があるのならば発展に寄与していきたいと考える。

7. 参考文献・引用

『実験医学別冊 決定版 ウイルスベクターによる遺伝子導入実験ガイド 培養細胞から個体まで、研究を飛躍させる実践テクニックのすべて』 (2020/11/15)

『実験医学別冊 完全版 ゲノム編集実験スタンダード CRISPR-Cas9 の設計・作成と各生物種でのプロトコールを徹底解説』 (2019/12/15)

『ゲノム編集の基本原理と応用』 (2018/06/01)

『The complete sequence of a human genome』 (<https://www.science.org/doi/10.1126/science.abj6987>) (2022/3/31)

生きづらさには理由があった ～アスペルガーという存在～

We have learned about medical things since we entered this high school. Therefore, I was interested in developmental disorder. Among them, I was interested in Autism Spectrum Disorder. I investigated the characteristics of Autism Spectrum Disorder, the coexistence of Autism Spectrum Disorder, the cause and treatment. We also looked at ways to coexist with Autism Spectrum Disorder.

1. はじめに

私は高校に入学してから医療関係の問題などに着眼点を置くことが増えた。今回、私はアスペルガー症候群について調べた。理由は、もともと発達障害や精神疾患について興味があったからだ。発達障害や精神疾患の中でも自分に関係があるアスペルガー症候群について調べた。幼少期からアスペルガー症候群の兆候はあったものの、自分ではアスペルガー症候群について何も知らず、人付き合いの苦しさや感覚の過敏に苦しんできた。そして高校2年の冬に精神的に苦痛が増えたことで、思春期外来に通うことになった。そこでアスペルガー症候群について知った。今回の課題研究で自分でもアスペルガー症候群についてもっと知りたくて、また、周りの人にも理解してほしいとこの課題を選んだ。

2. 研究方法

資料及び参考文献は主に公式サイトや新聞から抜粋した。参考文献については当論文の最後にまとめる。

第1章 アスペルガー症候群とは

発達障害とは、生まれつきの脳の障害のために言葉の発達が遅い、対人関係をうまく築くことができない、特定分野の勉強が極端に苦手、落ち着きがない、集団生活が苦手、といった症状が現れる精神障害の総称である。

症状の現れ方は発達障害のタイプによって大きく異なり、自閉症スペクトラム障害(ASD)、注意欠陥・多動性障害(ADHD)、学習障害(LD)、などさまざまな障害が含まれている。

アスペルガー症候群はいわゆる ASD(Autism Spectrum Disorder)に含まれる。ASDは、学校や職場など社会の様々な場面で社会性・コミュニケーション・想像力・共感性・イメージすることの障害である。

興味や関心が狭い範囲に限られやすく、独特のこだわりの行動やふるまいが見られたり、五感などの感覚の過敏・鈍感などを特徴とする、自閉症スペクトラム障害のうち、知識や言語の遅れがないものをいう。

人間は誰しも自閉症的な部分を多かれ少なかれ持っているのが普通なため、程度の差だけが問題と言える。特徴も強く出るか、またどの程度の強さなのかも人それぞれである。全く同じタイプの人はいないと言っていいだろう。基本的に生涯これらの特徴を持ち続けるが、大人になり、求められる行動基準が高くなってから初めて困難さが明らかになることもある。

社会性やコミュニケーションの障害のため、周りからは「変わり者」と思われている人が多い一方で、学業成績は良く、大企業に勤めている人の中にも実はアスペルガー症候群だったと診断される人もいる。

アスペルガー症候群の人は、周りからは「変わり者」と思われていても自分自身では無自覚のため、敬遠される理由がわからないままストレスを抱え、うつ状態、神経衰弱状態、強迫性障害につながってしまう場合もある。

第2章 アスペルガー症候群の詳細

アスペルガー症候群について、特徴・伴いやすい特徴・併存症・原因を調べた。

1. アスペルガー症候群の特徴

アスペルガー症候群には主に3つの特徴がある。

(1) 周囲の人間との交流が難しい

他者とコミュニケーションにおいては、相手の立場に立って気持ちを理解したり、場の空気を読むことが大切である。ところがアスペルガー症候群の人は、これらのことが苦手であるために、周囲から敬遠されがちになってしまう。

(2) ある特定の物事に強いこだわりや興味を持つ

アスペルガー症候群では、興味が限定されやすい傾向がある。一度興味を持ったものに対しては、時間をわすれてとことんのめり込む一方で、興味がないことに対してはなかなか実行できない。

(3) 日常生活がパターン化しやすい

自分の行動や習慣に関しては自分が決めたルールにこだわりやすく、毎日の行動がパターン化しやすい。それだけでなく、いつもと違うパターン、例えば風呂と夕食の順序が逆になるといったことを非常に嫌がる傾向がある。また、予期せぬことが起こった時にパニックになりやすい傾向もある。また、他の特徴として、正直であったり、感覚が過敏であったり、他者の気持ちがわからなかったりする。そのことから社会性の障害、コミュニケーションの障害、想像力の障害であることがわかる。(図1)

(図1)



2. アスペルガー症候群に伴いやすい特徴

アスペルガー症候群に伴いやすい特徴は、主に4つある。

(1) 感覚の過敏・鋭さ

アスペルガー症候群の特徴にもあった通り、聴覚、視覚、触覚、圧覚、臭覚、味覚などの特定の感覚がほかの人よりも過敏だったりする。また、逆に感じにくいこともある。例として、うるさい場所にいるとイライラしやすい、ザワザワした職場や教室で過ごすことに苦痛を感じたりする、服の肌触りやにおいにこだわり、いつも同じ服を着たがったり、洋服のタグがチクチクするから切ってしまうことがあげられる。食事などでも、偏食があったり、においの強いものが食べられないといったことがある。

(2) 体のバランスが悪い

筋肉や関節の感覚が脳に伝わりにくい傾向がある。そのため、運動が苦手だったり、手先が不器用で手先を使った細かい動きがにがてだったり、姿勢が悪かったりする。また、相手の動きを真似することも苦手なことが多いので、スポーツの技術習得に時間がかかることがある。

(3) 高い記憶力や集中力

興味がある事柄には何時間でも集中して取り組む。したがって単純作業や反復作業もいとわずにやり抜くことができる。興味を持ったことが物質的あるいは社会的に有用な仕事に結びついた場合、実り豊かな人生を送る可能性もある。その一方で、悪い一面もある。興味関心がなかったことには集中できなかったり、過集中が続いたことにより虚脱状態になったり、休憩することを忘れ日常生活に支障をきたしてしまい心身の健康を保てなかったり、過集中していることを邪魔されると感情的になったり、イン

ターネットやゲームなどに一度はまってしまうと依存性が強くなるなど注意しなければならないところもある。

(4) 人とのコミュニケーションに苦勞する

空気が読めなかったり、表現の仕方が直接的になりやすく、攻撃性を持ってしまうことがある。また、耳から入ってくる情報処理が不得意で、会話についていけなくなることもある。さらに、複数の人がいる場面だと誰に対して発言しているのかわからなかったり、相手や環境の変化に気が付かないことがある。

3. アスペルガー症候群の併存症

アスペルガー症候群の併存症として、約 70 パーセント以上の人が 1 つの精神疾患を、約 40 パーセントの人が 2 つ以上の精神疾患を持っていると言われている。その他にも、ADHD(注意欠如・多動症)、発達性協調運動(DCD)、不安症、抑うつ障害、学習障害(限局性学習症、LD)がしばしば併存する。理由としては、対人関係における困りごとが続くことにより、外界との接触が怖がるようになり、その影響で併存症やうつ症状を発症すると言われている。

4. アスペルガー症候群の原因

アスペルガー症候群の原因ははっきりとわかっていないが、素因としては先天的な遺伝子的要因にあるのではないかとされている。それが、胎児期や出生後に脳や身体が発達する中で様々な環境要因と相互に影響しあって脳機能障害として発現すると言われている。

また、2005 年に発達障害者支援法が施行されたことにより、医療関係者のみならず、保健福祉の関係や教育関係者に発達障害が広く知られるようになった。かつて、落ちつきのない子、わんぱくな子、適応に時間がかかる子とされてきた子たちが発達障害の可能性があるのでないかと視点を向ける先生が増えてきた。

さらに、発達障害に関する書籍が格段に増え、インターネット上にも情報があり、保護者が自分の子供は発達障害ではないかとアクセスしやすくなった。そこから専門医からの診断を受ける環境が整った。

そのためアスペルガー症候群を含めた発達障害が増えているとされている。2006 年と 2019 年の人数を比較してみると自閉症は約 6.5 倍、ADHD(注意欠如・多動症)は約 15 倍、学習障害(限局性学習症、LD)は約 11.5 倍に増えている。

5. アスペルガー症候群の治療法

アスペルガー症候群の治療法は、現在の医学では根本的な原因を治療することはまだ不可能だ。だが、独特な仕方でも物事を学んでいくので、個々の発達ペースに沿った療育・教育的な対応が必要とされる。

また、最近では、発達に気になる子供への早期療育をおこなう例が増えてきている。早期から介入し療育をおこなうことで、特性自体を治療することは難しいものの、いじめ、不登校、抑うつなど二次的な問題を予防することができると言われている。

3. 考察

アスペルガー症候群と共生していくには、自分を知ることが大切ではないかと思う。そのためにソーシャルスキルトレーニングが用いられことがある。

ソーシャルスキルトレーニングとは、社会で人と人との関わりながら生きていくために欠かせないスキルを身に着ける訓練のことだ。ソーシャルスキルトレーニングの方法として、ゲーム、ディスカッション、ディベート、ロールプレイ、共同行動、ワークシート、絵カード、ソーシャルストーリーなどの方法がある。

自分の特徴を理解し、どのようなことにストレスを感じるかを知り、対処法を見つけ、生きづらさを

なくし、社会生活に適応していく。そのことが自分の生活をより豊かにすることにつながるが大切だと思う。

4. 参考文献・引用

「ふせき診療クリニックアスペルガー症候群」 (<https://www.fuseki-clinic.com/column/asperger>)

「りたりこ仕事ナビ」 (<https://snabi.jp/article/19#afm50>)

「E-ヘルスネット」 (<https://www.e-healthnet.mhlw.go.jp/information/heart/k-03-005.html>)

アスリートの健康課題と FAT

All athletes have different health problems depending on the field in which they are active and their age group, and proper health management is essential for improving performance in their games. Especially, "FAT (Female Athlete Triad)", a problem peculiar to female athletes, is a relatively new field. I investigated the problem that each of them could have under the categories of junior, senior, disabled, and female athletes. In addition, researches on FAT have not progressed much in Japan, and therefore the degree of attention and development in recent years has been remarkable compared to other fields. So I focused on "Low Energy Availability", "Hypothalamic Amenorrhea", and "Osteoporosis", also considered the improvement measures from the health and nutritional aspects.

1. 研究概要

全てのアスリートは、彼らが活躍する分野やその年齢層によって異なる健康課題を抱えており、適切な健康管理を行うことは試合におけるパフォーマンス向上に必要不可欠である。またその中でも、女性アスリート特有の課題である「FAT(Female Athlete Triad/女性アスリートの3主徴)」は、比較的新しい分野である。今回は、まずはじめに先行研究として、ジュニア・シニア・障がい者・女性アスリートという区分のもと、それぞれが抱える問題点について調査を行った。その結果、FATについては国内における研究があまり進んでおらず、したがって近年の注目度や発展が他分野に比べてめざましいという現状が判明したため、さらに内容を掘り下げ、主要素である「利用可能エネルギー不足・視床下部性無月経・骨粗鬆症」を中心に調査した。そして、それらの改善策について、保健・栄養的側面から考察を行った。

2. アスリートが抱える主な健康課題(先行研究)

先述の通り、ジュニア・シニア・障がい者・女性アスリート という4つの区分の元で調査を行った。なお、ジュニアアスリート・シニアアスリート については、成人前のアスリートを前者、65歳以上の高齢者アスリートを後者として定義付けた。



ジュニアアスリート…LEA(利用可能エネルギー不足)

正式名称は Low Energy Availability である。原因としては、「食事・補食として食べている量が限界に及んでいて、これ以上食べることができない場合」、「運動量の過剰や生活リズムの乱れにより食欲が減退して食べる量が少なくなっている場合」、「意図的にエネルギー摂取量を低減させている場合」の3つが主に挙げられる。

シニアアスリート…加齢、老化とそれに伴う疾病

健康管理を考えるポイントとして、「加齢に伴う老化に対応すること」と「『衰え』だけではなく、疾病の予防・治療(改善)への取り組みを検討すること」が必要。身体的変化を受け入れ、それにどのように対応するかが重要視される。

障がい者アスリート…障がい別の課題

健康管理は障がいの部位や状態、程度によって異なってくる。現時点での研究や参考資料等から得られた情報ではこれらについて解説できるまでに至っておらず、まだ調査段階であるといえるが、コンディションを良好に維持するためにすべき方法を柔軟に変化・修正・改善・改良・更新させていかなければならない点が、ハンディキャップの無いアスリートよりもテクニックを必要とする点であると考えられる。

女性アスリート…FAT(女性アスリートの3主徴)

正式名称はFemale Athlete Triadである。女性アスリートが陥りやすい3つの障害のことを指し、この障害によって選手生命が影響を受ける可能性があることを意味している。

3. FATとは

上記の通り、FATとは女性アスリートが陥りやすい3つの障害であり、提言はアメリカスポーツ医学会が1997年に行った。当初は「摂食障害」「無月経」「骨粗鬆症」の3つの総称であったが、研究が続けられた結果、①摂食障害の有無にかかわらずエネルギー不足は生じる ②3つの障害はお互いに影響を及ぼし合っていることが明らかになり、10年後の2007年に再提言がなされた。



この改定により、FATは継続的な激しい運動が原因で引き起こされるものではなく、利用可能エネルギー不足が原因で引き起こされる「栄養障害」であるということが明確になった。

i) 利用可能エネルギー不足 (Low Energy Availability = LEA)

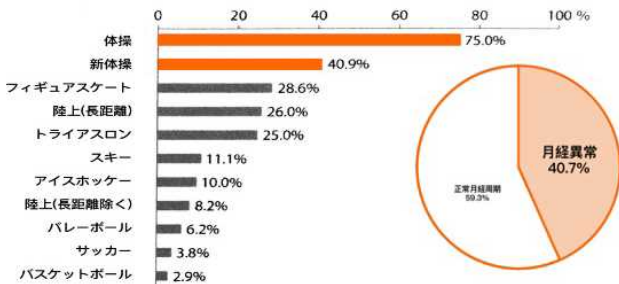
ジュニアアスリートの部分でも触れたが、3主徴のうち1つ目は利用可能エネルギー不足である。



補足すると、この利用可能エネルギー不足は、FATの要因であると同時に国際オリンピック委員会 (IOC) が2014年に示した「スポーツにおける相対的エネルギー不足 (Relative Energy Deficiency in Sport / RED-S)」の一部でもある。世界における、そしてオリンピックにおける女性アスリートへの期待値が高まる中、国際的な提言に関連した内容が組み込まれることは今後の当分野のさらなる発展につながると言っても過言ではないだろう。

ii) 視床下部性無月経(運動性無月経)

2 つ目は視床下部性無月経である。別名は運動性無月経といい、こちらの名称の方が意味を取りやすいかもしれない。症状としては右下図の通り、月経停止が3ヶ月以上続いている状態(続発性無月経)のうち、運動、つまりスポーツが原因だと考えられているものである。

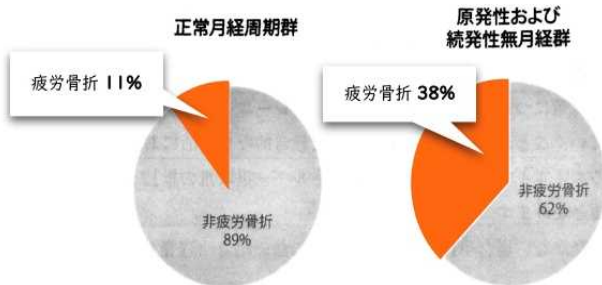


月経が3ヶ月以上停止した状態(続発性無月経)
 →このうち**運動が原因**と考えられるもの
 〈原因〉
 ①**利用可能エネルギー不足** ②各種ストレス
 ③**体重・体脂肪の減少** ④ホルモン環境の変化

発症理由としては、先に挙げた利用可能エネルギー不足だけでなく、競技のパフォーマンス向上のための体型管理や減量といった調整や、それによって引き起こされる体内ホルモン(主に女性特有のホルモン)環境の変化、そしてその一連の症状に対するストレスが考えられている。また、この症状は、いわゆる「審美系」「持久系」競技の女性アスリートについて、より顕著に見られる。左上の2つの図は女性の国内トップアスリート 683 名を対象とした調査結果をまとめたものである。これによると、「何かしらの月経異常を抱えている」と解答した女性アスリートは 40.7%で、その中でも、「体操・新体操、フィギュアスケート」「陸上長距離、トライアスロン」競技専門の女性アスリートがその大半を占めていることが分かる。原因のひとつとしては、他競技に比べ、体型等の制約がより厳しいからではないかと考察する。

iii) 骨粗鬆症

3 つ目は骨粗鬆症である。これが3主徴のうち最も一般的な認知度が高いものではないかと推測する。



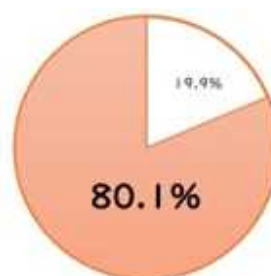
骨量が低下し、脆く骨折しやすくなった状態を示す
エストロゲン(女性ホルモン)=骨代謝に関係している
 i) ii) の影響でエストロゲン不足状態→骨粗鬆症

上図は 10 代の女子アスリート 239 人を対象とした月経についての調査結果をまとめたものだが、月経周期が正常な女性アスリートに対して正常でない女性アスリートの方がより高い頻度で疲労骨折の症状が表れることが分かる。これはエストロゲンという骨代謝に関係する女性ホルモンが不足することが影響していると考えられている(詳細は右上)。このようなデータからも、骨粗鬆症について「骨が脆いお年寄りや、運動と関わりの無い人が発症するものだ」と考える人が多いが、それは決して正しいものではなく、むしろストイックなアスリートならば男女問わず誰でも引き起こしうるという知識を持つべきであるということが分かると思う。

このように FAT はスポーツに関わる人々、特に女性アスリートならば、自分自身の体調・コンディション、そして選手生命のためにも知っておくべき課題である。しかし、現状、その認知度は低い。2018年、全日本女子大学駅伝に出場した 18 大学の女子アスリートを対象に行われた FAT についてのアンケートに対して 80%以上が「知らない」と答えたということからも認知度の低さがうかがえる。

Q. FATを知っていますか？

2015年調査
18大学(全日本大学女子駅伝出場校)292名を対象



いいえ
…80.1%

はい、
無回答
…19.9%

FAT の持つ悪影響を知らないまま、自らの身に「厳しく」競技を続けていくと、食べることを制限しているわけでもないのにエネルギー不足になっていたり、コンディションは正常なのにも関わらず故障してしまったり、月経不順に悩まされたり、それが長引くと不妊にもつながってしまい、最悪の場合、子供を授かることができない身体になってしまう…という負の連鎖が発生する。それでも FAT についての知識が足りない指導者が圧倒的に多い現状では、「月経があるのは練習を積んでいないからだ」「頑張りが足りない」「もっと軽く、細くなれ」といった言葉によって、同様に知識のないアスリートたちが明確な理由も分からないままに減量を強いられている。

女性アスリート一人ひとりが自身の身体を守るために、そして将来、彼女たちが女性としての人生を歩んでもらうためにも、FAT やそれら 3 主徴の原因について、適切な知識を持つことが必要である。

4. FAT の改善策

これらの調査結果を踏まえ、3 主徴「利用可能エネルギー不足」「視床下部性無月経」「骨粗鬆症」について、データ等をもとに、自分なりに改善策を検討した。以下はそれらをまとめたものである。

-FAT の改善策

i) について・**長期計画を立てて摂取量(食事量)を増やし、エネルギーを完全に使える体に戻す**

○…食べたエネルギーをきっちりと消費できる体 ✕…少しのエネルギーで動ける省エネな体
例) 1食につきごはんひと口(約10g)を増やし、1週間ごとに10gずつ段階的に増やして慣らしていく

ii) について・**ジュニア期(15歳)まではダイエット<健全な発育・発達を意識する**

体脂肪率 15%が月経継続の目安(ただし、個人差がある)
無月経による医療機関の受診…医学的には18歳以上が基準だが、アスリートとしてはジュニア期が基準

iii) について・**BMI(Body Math Index) 18.5以上をキープし、骨を強化する栄養素をとる**

$BMI = \text{体重(kg)} \div \text{身長(m)} \times \text{身長(m)}$

痩せ型(BMI 18.5未満)は骨粗鬆症のリスク増加の一因=疲労骨折の可能性増加の一因
骨強化に有効な栄養素…カルシウム + ビタミンCで吸収率増加/+ビタミンDで骨への吸着率増加

i) について

今回は利用可能エネルギー不足に対する改善策であるため、食べる「量を増やす」方法について紹介したが、食べる「量を減らす」場合にも、取るべき手段は同じでよいと考察する。増やすにせよ減らすにせよ、極端な食事量の調節は避けるべきだ。

ii) について

「15歳以上だ(ジュニア期を過ぎた)から」といって、極度に短期間で減量するようなダイエットを推奨しているわけでは無い。ジュニア期は身体も体内機能も特に成長が著しい時期(第二次性徴)であり、とりわけ注意が必要であるというだけである。常時、自身の体調管理を意識的に行うことが大切だ。

iii)について

BMI(正式名称はBody Math Index)は、「体重(kg)÷身長(m)の2乗」で求めることができる。体重・身長という言葉だけを覚えて単位を誤ってしまうと、全く参考にならない数値になるので注意が必要だ。カルシウムは牛乳・ヨーグルトなどの乳製品や小魚などに、ビタミンCは新鮮な野菜や果物に、そしてビタミンDは魚やキノコ類に多く含まれている。また、ビタミンCは水溶性、ビタミンDは脂溶性であるため、後者の栄養素を摂取したいときには油を使って調理することで吸収率をより高めることができる。

5. 終わりに

今回の課題研究を通して、知らなかった新たな知識を多く得ることができた。今回は女性アスリートに重点を置いて調査・考察を行ったが、今後は関連性のあるジュニアアスリートや、あまり実態が解明されていない障がい者アスリートの健康課題についても調査を行っていきたい。そして、スポーツ栄養学についての知識を増やし、より多くの関連情報に目を向けることによって、当分野に対する興味をこれまで以上に広げていきたいと思う。

6. 参考文献・資料・論文

『理論と実践 スポーツ栄養学』(鈴木志保子)

『女子アスリートの「食事と栄養」パフォーマンスを高める体の作り方』(佐藤郁子)

『女性アスリートのためのスポーツ医学を考える』(鯉川なつえ、小笠原悦子)

『女性アスリートのカラダ』(松田貴雄、後藤美奈)

『女性アスリートの3主徴』(成長期ハンドブック より)

無痛分娩の有意性と安全性

Birth is a miracle. As long as humanity can exist, we will be right next to that miracle. With the development of medical technology, humanity obtained “Anastasia “ and has applied it to various things. In the field of obstetrics and gynecology, anesthesia has been applied to everything from cesarean sections to painless painless delivery. Painless delivery is a method of delivery in which anesthesia is used to alleviate pain during delivery. While this method reduces pain during delivery and speeds up recovery after childbirth, However, there are still concerns about safety in today's Japanese medical system due to a lack of manpower and other factors. In this study, we examined the significance and safety of painless delivery, and discussed the future of painless delivery.

1. はじめに

出産は奇跡だ。人類が存在しうる限り私たちはその奇跡のすぐそばにいる。医療技術の発展により人類は「麻酔」を手に入れ、様々なことに応用しており、産婦人科学分野においても帝王切開から無痛分娩などに応用されている。無痛分娩とは、麻酔を使って分娩時の痛みを和らげる分娩方法である。分娩時の痛みが軽減され産後の回復も早くなる一方で、今日の日本の医療体制では人手不足等で安全面に不安が残る。本研究では無痛分娩の有意性や安全性を検討し、今後の無痛分娩のあり方について考察した。

2. 研究方法

インターネットを利用して様々な資料を集めた。また、本研究では高田高校の生徒を対象にアンケート調査を実施した。

3. 無痛分娩とは

無痛分娩とは硬膜外鎮痛法を用いて妊産婦の下半身だけに軽い局所麻酔を行う分娩方法である。分娩時の痛みが軽減され、産後の回復も早くなるとされている。無痛分娩には硬膜外鎮痛と点滴からの鎮痛法投与の2つの代表的な方法があり、硬膜外鎮痛にはさらに硬膜外鎮痛法とくも膜下硬膜外併用鎮痛法の2つの方法がある。

【硬膜外鎮痛】

〈硬膜外鎮痛法〉

硬膜外針を腰の脊髄神経の近くにある硬膜外腔に入れ、その針の中を通してカテーテルを入れる。その後針を抜き、カテーテルのみが体の中に残る。カテーテルから局所麻酔薬を注入することで脊髄神経に伝わる痛みの信号を止めることができる。

〈くも膜下硬膜外併用鎮痛法〉

硬膜外針を腰の脊髄神経の近くにある硬膜外腔に入れ、脊髄くも膜下針を通して脊髄くも膜下針に薬を入れる。その後カテーテルを入れ、局所麻酔薬を注入する。

鎮痛効果は強く、母親の意識ははっきりしており多くの場合で呼吸は影響を受けない。赤ちゃんへの影響はほとんどなく、無痛分娩の世界的な主流になっている。処置はやや難しい。

【点滴からの鎮痛】

静脈の中に麻酔薬を投与し、痛みを和らげる。血が固まりにくい場合や、背中の骨や神経に病気がある場合に行われることが多い。鎮痛効果は硬膜外鎮痛法よりも弱い。静脈の中に麻酔薬が入ると薬は母親の脳に届き、薬は少量ながらも胎盤を通過して赤ちゃんの脳にも届くため、母親と赤ちゃんは眠くなったり呼吸が弱くなったりすることがある。処置は比較的容易である。

図3. 硬膜外鎮痛

図3Aに、お母さんの背中に入った硬膜外鎮痛の管を示します。管の付近を拡大したものが図3Bです。図3Cは背骨の断面像です。

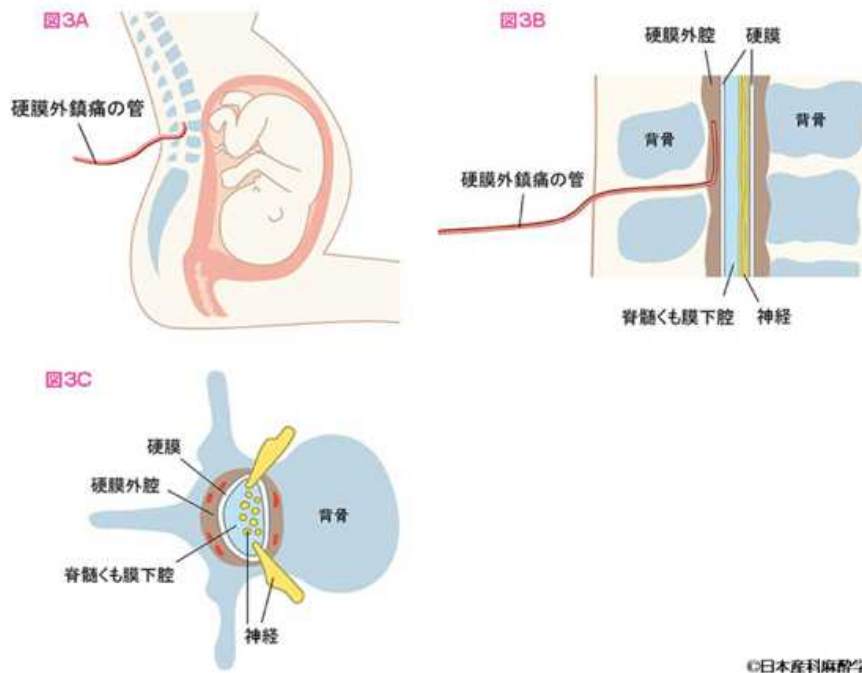
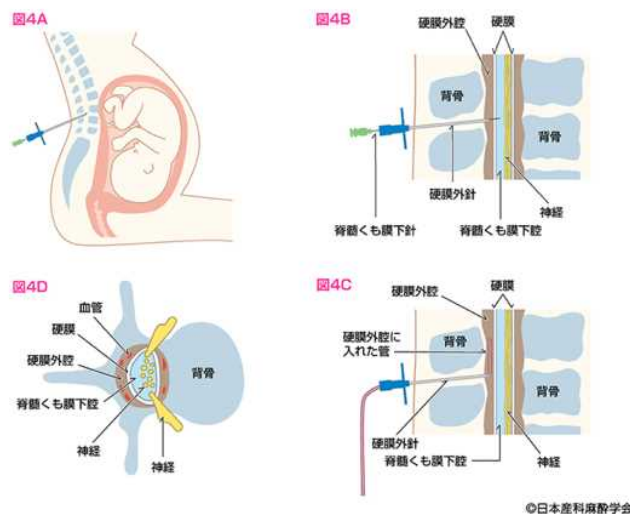


図4. 脊髄くも膜下硬膜外併用鎮痛/麻酔

お母さんの体を図4Aに示しました。背中の針の付近を拡大したものが図4Bと図4Cです。図4Dは背骨の横断面図です。脊髄くも膜下硬膜外併用鎮痛/麻酔では硬膜外針が硬膜外腔に入った後に、別のこく細い針を、硬膜外針の中を通して脊髄くも膜下腔に刺し、脊髄くも膜下腔に薬を注入します(図4B)。その細い針だけを抜き、今度は硬膜外針の中を通して硬膜外腔に細い管を入れます(図4C)。そして管のみを残して硬膜外針を抜きます。管から薬の注入をします。



(一般社団法人 日本産科麻酔学会 HP より引用)

4. 現状

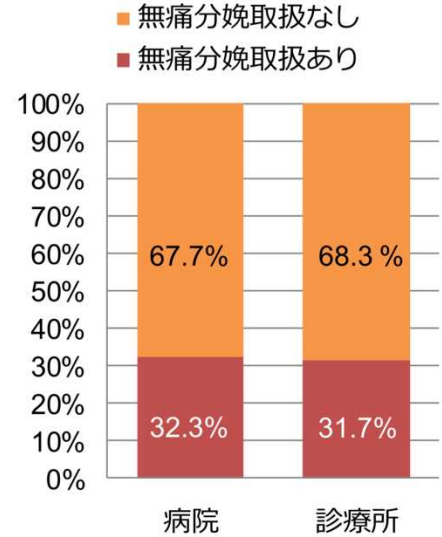
日本の総分娩数に占める無痛分娩の割合は平成 26 年度には 4.6%、令和 2 年度には 8.6%と増加傾向にある。全国で分娩を取り扱っている施設はおよそ 2391 施設で、そのうちの約 32%の施設で無痛分娩を取り扱っている。また、そのうちの約 27%が三代都市圏に集中していることがわかった。

総分娩数に占める無痛分娩数の割合の年次推移

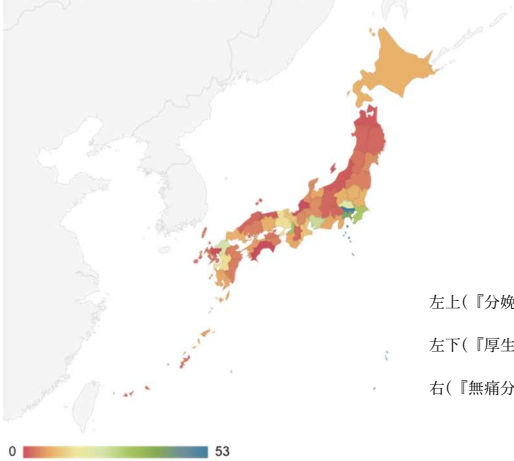
	平成26年度	平成27年度	平成28年度	令和2年度
全体	4.6%	5.5%	6.1%	8.6%
病院	4.3%	5.0%	5.5%	9.4%
診療所	5.0%	5.9%	6.6%	7.6%

施設ごとの^{*2}

無痛分娩取扱の有無



厚生労働省のウェブサイトに掲載を希望した無痛分娩取扱施設の分布（令和4年4月28日時点） - 厚生労働省



左上(『分娩に関する調査』『令和 2 (2020) 年医療施設 (静態・動態) 調査 (確定数)・病院報告の概況』より作成)
 左下(『厚生労働省のウェブサイトに掲載を希望した無痛分娩取扱施設の一覧(令和 4 年 4 月 28 日時点)』より作成)
 右(『無痛分娩の実態調査及び安全管理体制の構築について』より引用)

諸外国の硬膜外分娩率(無痛分娩率)は以下の通りである。

- アメリカ (73.1%) フランス (82.2%) カナダ (57.8%) イギリス (60.0%)
- スウェーデン (66.1%) フィンランド (89%) ベルギー (68%) イタリア (20%)
- ドイツ (20~30%) ギリシャ (20%)

北米やヨーロッパでは一般的に硬膜外無痛分娩が積極的に行われている。一方でイタリアやドイツは 20%から 30%と比較的少なく、国や地域によって状況は様々であることがわかる。

アメリカやフランスなどで無痛分娩の割合が高くなっている背景の一つに入院期間の短さが挙げられる。欧米の多くの国では出産費用が社会保障によってまかなわれているため、入院期間がとても短い。そのため回復スピードの早い無痛分娩を選択する割合が高い。また、欧米では大規模な分娩施設に専門の麻酔科医がおり、産科医、助産師、麻酔科医がチーム医療を行い、安全な実施体制が確保されている。

日本で無痛分娩の割合が低い理由には様々なことが関係しているが、医師不足や分娩数の減少により無痛分娩を担当する麻酔科医を常時配置するのが困難であること、それ故に対応できる施設が少なくなり無痛分娩の予約が取りにくいこと、施設によっては分娩費用が高額になってしまうことは主な理由と言える。

5. 認知度

本研究では、高田高校の生徒を対象に無痛の認知度に関するアンケート調査を実施した。回答数は 106 件だった。

【無痛分娩について①】

A:無痛分娩の内容は知らないが、名前は聞いたことがある(47.2%)

B:無痛分娩の内容も知っている(26.4%)

C:無痛分娩の内容も名前も知らない(26.4%)

→無痛分娩自体の認知度は高いものの(約74%)、内容まで知っている人の割合は少なかった(約26%)。

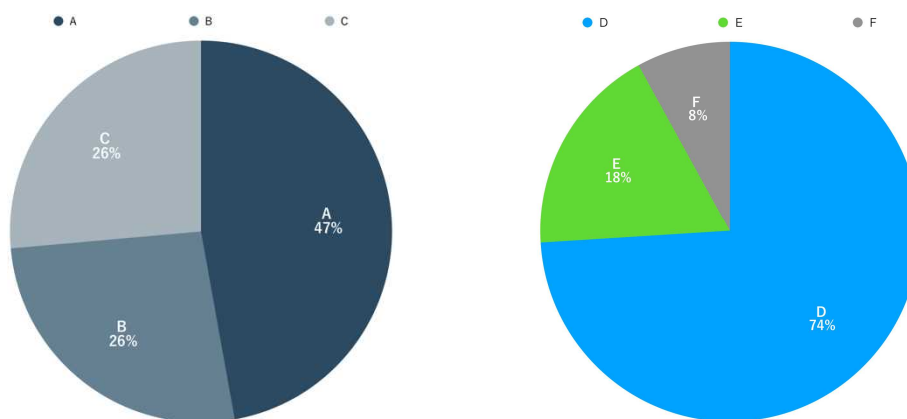
【無痛分娩について②】

D:リスクや費用を考慮した上で、やってみたいと思う(やってほしい、やってもよい)(74%)

E:リスクや費用を考慮した上でやりたいとは思わない(やってほしくない)(18%)

F:その他(8%)

→リスクや費用を考慮した上でやってみたい(やってほしい、やってもよい)と回答した人が多かった。



【無痛分娩のイメージ】 (複数選択可)

G:痛みが軽減される

H:産後の回復が早い

I:余裕が生まれる

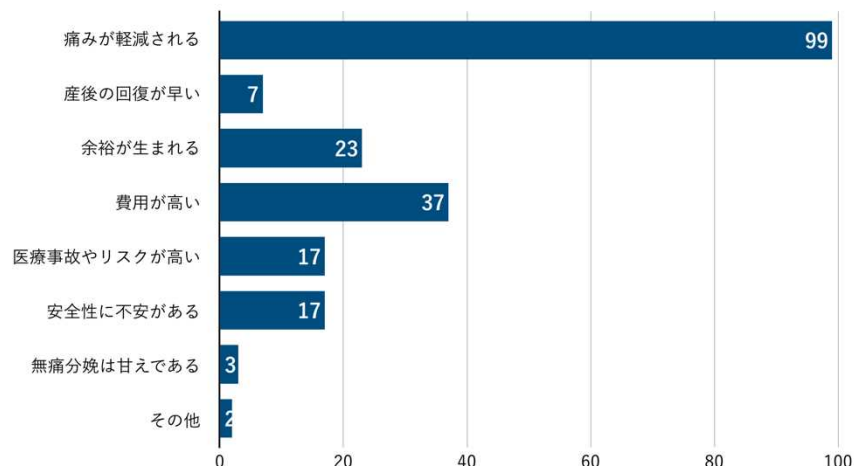
J:費用が高い

K:医療事故やリスクが高い

L:安全性に不安がある

M:無痛分娩は甘えである

N:その他



→無痛分娩の利点である痛みの軽減の割合が大きい一方で、費用や安全面での不安に関する回答も多かった。

6. 検討

[有意性]

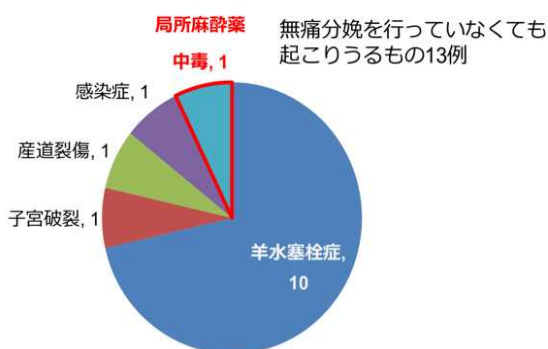
妊娠・出産・育児情報サイト「ベビカム」にて実施された無痛分娩についてのアンケート調査によると、無痛分娩で痛みが軽減されたと回答した人は約66%で、約82%の人がある程度の満足感を得ていることがわかった。「また出産するとしたら無痛分娩を選択しますか」という質問に対しては約80%の人が次も無痛分娩にしたいと回答しており、無痛分娩の満足度が高いことがわかる。一方で、『痛みおよび疲労についての予測と現実とのギャップ;自然分娩 VS 無痛分娩』によると無痛分娩の場合、自然分

娩の場合よりも痛み及び産後の疲労感にギャップが生じることがわかった。出産前に自分が想像していた痛み、疲労感よりも実際には多くの痛みや疲労感を感じていた人が多く、陣痛の痛みのギャップと出産満足度に負の関連が認められた。

[安全性]

2010年から2016年間の266件の妊産婦死亡のうち無痛分娩を行っていた妊産婦は14件で全体の5.3%だった。そのうち8例が診療所で行われていた。麻酔が原因であったものは1例で無痛分娩を行っていても起こりうるものは13例だった。また、総分娩数に占める無痛分娩の割合と妊産婦死亡率の推移から、無痛分娩の割合と妊産婦死亡率に明らかな相関はなく日本において無痛分娩が妊産婦死亡率を特に高めていると考察することはできない。

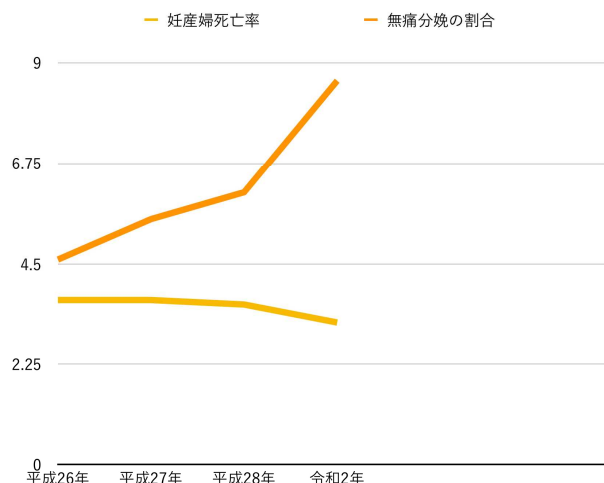
14例の死因分析



※ 2010年から2016年までの間に、日本産婦人科医会に会員から報告され、「妊産婦死亡症例検討評価委員会」で分析された妊産婦死亡のうち、無痛分娩を行った14例の分析

平成29年度厚生労働特別研究事業 会議資料より引用・改編

(『無痛分娩の実態把握及び安全管理体制の構築について』より引用)



(『分娩に関する調査』『令和2(2020)年医療施設(静態・動態)調査(確定数)・病院報告の概況』)

『平成26年～令和2年(2014～2020)人口動態統計(確定数)の概況』より作成

7. 考察

無痛分娩の割合は増加傾向にあり、今後も需要が高まると推測される。選択肢の一つとして安心して受けられるように、産科麻酔分野の更なる発展や麻酔科医の確保など適切な対応が可能な実施体制の整備、安全な供給が求められる。

今後の研究では、出産方法と愛着形成の相関や産科麻酔分野のさらなる発展に向けた詳しい提案、日本以外に無痛分娩の割合が少ない国の背景や医療体制、宗教との関係の有無などを考えていきたい。

8. 参考文献・謝辞

- ・『無痛分娩 Q & A』(一般社団法人 日本産科麻酔学会 JSOAP)
- ・『分娩に関する調査』(日本産婦人科医会)
- ・『無痛分娩の実態把握及び安全管理体制の構築について』(厚生労働省)
- ・『無痛分娩の実態把握及び安全管理体制の構築についての検討』(海野 信也 板倉敦夫)
- ・『ベビカムリサーチ』(ベビカム株式会社)
- ・『痛みおよび疲労についての予測と現実とのギャップ;自然分娩 VS 無痛分娩』(宍戸 恵理 八重 ゆかり 堀内 成子)
- ・『小児・周産期医療について』(厚生労働省)
- ・『人口統計資料 妊産婦死亡数および率』(国立社会保障・人口問題研究所)
- ・『母体安全への提言 2016』(日本産婦人科医会)

- ・『母体安全への提言 2019』（日本産婦人科医会）
- ・『母体安全への提言 2020』（日本産婦人科医会）
- ・『妊産婦死亡報告事業 2019』（日本産婦人科医会）
- ・『無痛分娩の安全な提供体制の構築に関する提言』（厚生労働省）
- ・『令和 2（2020）年医療施設（静態・動態）調査（確定数）・病院報告の概況』（厚生労働省）
- ・『厚生労働省のウェブサイトに掲載を希望した無痛分娩取扱施設の一覧（令和 4 年 4 月 28 日時点）』（厚生労働省）
- ・『平成 27 年（2015）人口動態統計（確定数）の概況』（厚生労働省）
- ・『令和 2 年（2020）人口動態統計（確定数）の概況』（厚生労働省）

この探究活動を行うにあたり、アンケート調査にご協力していただいた高田高校の生徒の皆さんに御礼申し上げます。

視力回復

About 67% of Japanese high school students have a visual acuity of 1.0 or less. This rate is the highest ever, and it is predicted that the percentage of people with poor eyesight will continue to increase. What I paid attention to was the vision recovery training I saw on TV before. Actually do a vision recovery training, I verified and considered whether eyesight would improve.

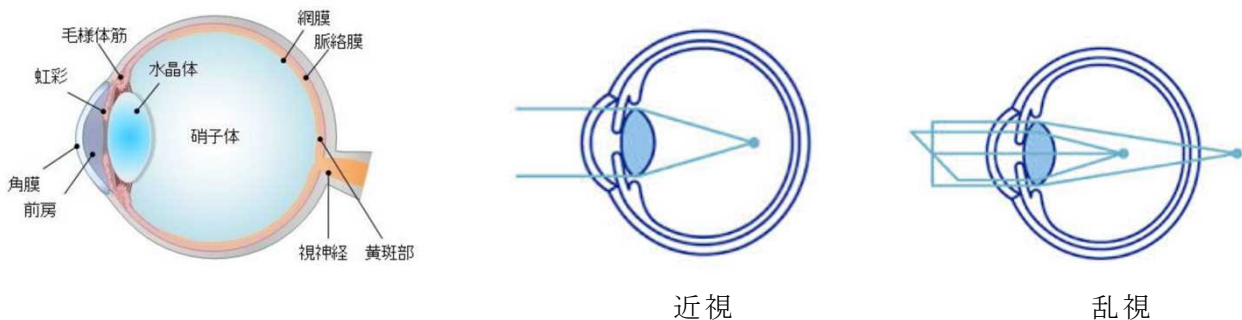
1. 要旨

現代の日本の高校生は約 67%が裸眼視力 1.0 以下となっている。この割合は過去最高で これからも視力が悪い人の割合が増えるという予測が立てられている。

そこで注目したのが、以前テレビで観た視力回復トレーニングだ。実際に視力回復トレーニングをして、本当に視力が向上するのか検証し、視力が向上するメカニズムを考察した。

2. 物が見える仕組み

まず物が見える仕組みについて説明する。光は角膜を通り、瞳孔によって入ってくる光の量を調節し、水晶体(毛様体で厚さを変えられる)で光を屈折させ、網膜に映し出している。その像が視神経を通り、脳の視覚野で認識されることで物を見るという事に繋がる。次に近視と乱視について説明する。近視は入ってきた光の焦点が網膜より手前で結ばれる事で引き起こされる。原因としては眼球が横に伸びていたり、水晶体が厚いままになっており、屈折がうまくいっていないことである。乱視は焦点が二つ以上できる事によって引き起こされる。原因としては角膜の表面に凸凹ができたり、歪んだりしていることだ。



3. 視力低下の原因

・ 遺伝

→両親が近視の場合 8 倍、片方が近視だと 2 倍で子どもに近視が遺伝すると言われている

・ 近くで見る機会が増えた

→スマホやタブレット、ゲーム機の普及で物を近くで見る機会が増えた。先程にも書いたが、近くで見ていると、毛様体が凝り固まり、水晶体の調節がうまくできなくなり、結果として視力が悪くなる

4. 仮説

- ①水晶体での屈折がうまく行われておらず、見えていないのではないか
- ②視神経を通った映像が脳の視覚野でうまく認識されていないのではないか

5. 実験内容

理数科 3 年から 6 人を選び、2 グループに分けて次のような実験を行った。実験前と実験後に視力検査をし、視力が向上したか調べた。

- [1] ①を解消するために毛様体をほぐし、水晶体の厚さを変化しやすいようにする
 - [2] ②を解消するためにガポールパッチというものを使い脳の認識能力を改善する
- 実験期間は二週間に設定し、コンタクトレンズ使用者はコンタクトレンズを装着したまま、メガネ使用者も同様に実験した。

6. 結果

方法		前 右	前 左	後 右	後 左	目の状態
マッサージ	裸眼	0.4	0.6	0.6	0.7	
	コンタクト	0.7	0.8	0.7	0.9	斜視
	コンタクト	1	1.2	1.2	1.2	近視
脳の認識能力	裸眼	0.6	0.6	0.4	0.5	近視
	コンタクト	0.7	0.6	1	0.8	近視、乱視
	裸眼	0.6	1.2	0.5	1.2	

- ・結果から、大方の人では視力向上という結果が見受けられた。
- ・実験 [1] では斜視や近視を持つ人でも視力が向上しているのので、この方法では多くの人に効果があるのではないかと考えられる。
- ・実験②の方では、一部で視力が低下していることから、[2] のほうでは効果がある人となない人がいるのではないかと考えられる。

7. まとめ

今回の実験から、視力回復は十分可能だと考える。ただし、人によっては効果が見られないこともあるので注意が必要だ。また、最近では ICL 手術やレーシック手術といった外科的に視力を向上する事も可能になってきている。だが、このような手術は失敗したり後遺症が残る可能性があるのので、お勧めできない。まずは、自分の視力を下げないよう日頃の生活を改めてほしい。

8. 参考文献、引用

- ・戸田郁子『視力回復 50 のポイント』（東京印書館 2004. 151p）
- ・中川和宏『たった 1 日で目が良くなる視力回復法』（株式会社 PHP 研究所. 2016. 151p）
- ・<https://acuvision.jp/memamori/article/1>
- ・<http://www.gabor-patch.com/about.htm>

食行動とストレスの関係

In the last 10 years, the number of healthy young women who have unusual eating behavior such as eating fast and binge eating has increased. Studies have now shown that stress causes unusual eating behavior, and that unusual eating behavior causes further stress. However, it is still unknown what kind of unusual eating behaviors are associated with stress. In this study, I investigated and considered the relationship between unusual eating behavior and stress.

1. はじめに

近年、女性において早食いややけ食い等の食行動の異常が見られる人が増加している。その原因は主にストレスだといわれている。そこで食行動異常とストレスの関係について調査し、考察した。

2. 現状

1994年から2004年までの10年間で食行動異常が見られる人は倍以上に増加した(1)。特に男性と比べて「痩せ願望」を持つ人が多い女性の方が顕著に見られる。日本は世界でも特に、女性の痩せ願望が強い。近年の調査によると女子高校生の約6割が実際には肥満でないのに自分を「太り過ぎ」と考え、「痩せ願望」を持っていることが分かっている。これは、日本では「やせ」を美とする風潮が強く、さらにメディアが痩身を過度に煽るからであると言われている(2)。

また、現在、先行研究により、ストレスによって食行動異常が引き起こされること、さらに逆にその食行動異常によってストレスが生じるという事が分かっている(3)。この、食行動異常によってストレスが生じるということは一般にあまり認知されていない。

3. 目的

現在、2.現状で述べたような食行動異常とストレスの相互関係が分かっているが、具体的にどのようなストレスとどの食行動異常が関連しているかは十分に調査されていない。本研究では、若年女性を対象として、具体的にストレスと食行動異常の関係を調査した。

4. 方法

対象：新潟県立高田高等学校の女子生徒 224 名
回答は 132 で回答率 58%であった。

調査：まず一つ目に、食行動異常質問票(4, 表 1)を用いて食行動異常の測定をした。項目は、「体質の認識のズレ」、「食動機」、「代理摂食」、「満腹感覚」、「食べ方」の5つである。

2つ目に、STS-18 というストレスを測る際に用いられているアンケートを用いて「不安」、「怒り」、「無気力」の3つの種類のストレスを測定した。
また、任意で身長、体重の回答を求めた。

分析：項目ごとに単相関分析を用いて分析した。

表 1

項目	食行動異常	例
1.体質の認識	誤った認識(ズレ)	水を飲んで太る方だ
2.食動機	食欲に基づかない摂食	別腹、つられ食い
3.代理摂食	ストレス解消が目的	ドカ食い
4.満腹感覚	満腹感覚のズレ	満腹を感じない
5.食べ方	食べ方の異常	早食い

5. 結果

(i) 食行動異常とストレスの項目間の単相関分析(表2)

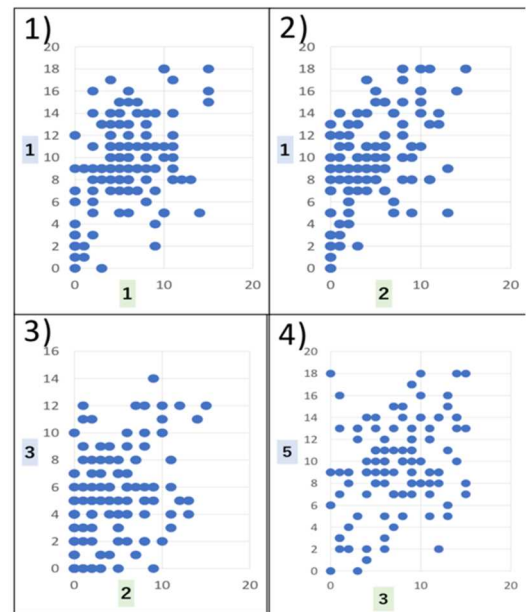
まず、食行動異常とストレスの項目間の単相関分析を行った。表2は縦が食行動異常、横がストレスになっている。一般に、相関係数が0.2-0.4で弱い正の相関関係、0.4-0.7が強い正の相関関係、0.7-1.0が非常に強い正の相関関係があると判断することができる。表より、食行動異常の「体質の認識のずれ」と、ストレスの「不安」「怒り」の間に強い正の相関関係があることがわかる。また、「代理摂食」と「怒り」、「満腹感覚」と「無気力」の間に弱い正の相関関係があることがわかる。

	1.不安	2.怒り	3.無気力
1.体質の認識	1) 0.43	2) 0.48	0.19
2.食動機	0.08	0.14	0.13
3.代理摂食	0.19	3) 0.36	0.14
4.満腹感覚	0.15	0.1	4) 0.34
5.食べ方	0.04	0.04	0.03

←表2
相関係数目安(正)
・0.7~1.0
かなり強い
・0.4~0.7 強い
・0.2~0.4 弱い

グラフ1は正の相関関係が見られた項目間の散布図である。

↓グラフ1



(ii) 食行動異常とBMIの単相関分析(表3)

2つ目に、食行動異常とBMIの単相関分析を行った。BMIはアンケートで回答してもらった体重と身長から計算した(5)。

対象のBMIは全員適正範囲内であり、これは回答者の中に生活習慣病者がいないことを示す。食行動異常の総合点とBMIの相関係数は0.02であった。このことからBMIと食行動異常の合計点の間に相関関係はないことがわかる。すなわち、食行動の程度と体格は関係がないといえる。

6. 結論と考察

(i)より、「体質の認識のずれ」と「不安」「怒り」は強く関係している、「代理摂食」と「怒り」、「満腹感覚」と「無気力」は弱く関係していると考えられる。つまり、自己

の体質に関して正しい知識を持っておらず、ズレがある場合、心理的なストレス反応として不安と怒りが生じる。また、食事量に比例して適切な満腹感が得られない場合、心理的なストレス反応として無気力感が生じる。逆に、不安や怒り、無気力感を抑制するためには、体質に関する認識のずれ、代理摂食、満腹感覚を正常化する手続きが有効であることがわかる。これらの事実は、生活習慣病やその予防、または健康増進において食育や食事療法の重要性を示唆する。また、メンタルヘルスの観点から、心理的ストレスに軽減にとって正しい食行動が極めて大切であることも示唆している。

また、(ii)より、食行動異常と体格は関係がない、すなわち食行動とストレスの反応に体格は関係がないことが考えられる。

本研究結果がこの集団に特有のものであるか、または、一般化できるのか等に関して、さらなる検討が必要である。

7. 参考文献ならびに引用

1) 『味のなんでも小事典 甘いものはなぜ別腹?』(キッコーマン)

2) 『小学生も“やせたい”という日本社会の異常』

(鈴木眞理 president online <https://president.jp/articles/-/28752?page=1>)

3) 高校生版食行動尺度の作成と肥満度に関連する食行動要因の検討 2008

(田山涼・渡辺諭史・西浦和樹・宗像正徳・福士審)

- 4) 肥満症治療マニュアル, 1997 をもとに作成 (坂田利家編)
心理的ストレス尺度(SRS-18)の検討 2001 (鈴木伸一)
- 5) BMI: 国際的に用いられる肥満度を表す指標「体重÷身長²」

地域医療と総合診療

In recent years, Niigata Prefecture has been facing a serious shortage of physicians. It is difficult to increase the absolute number of physicians. Therefore, I thought that it would be possible to realize sustainable community medicine with a small number of physicians by focusing on general medicine, which covers a wide range of treatment from the acute to the chronic stage, without being restricted by body parts or specialties. I thought that by focusing on general practitioners, who treat a wide range of patients from the acute to the chronic stage, it would be possible to realize sustainable regional medical care even with a small number of physicians.

I researched general practitioners, clarified why general practitioners are currently the focus of attention, and the impact that general practitioners could have on regional medical care was discussed based on the current situation in Niigata Prefecture.

1. 要旨

新潟県では深刻な医師不足が問題となっている。医師の絶対数を増やしていくことは難しい。そこで診療科について着目することで医師の数が少なくても持続的な地域医療を実現できるのではないかと考えた。

2. 研究方法

インターネットを利用して公的機関が発表している様々な資料を集め、考察を行った、

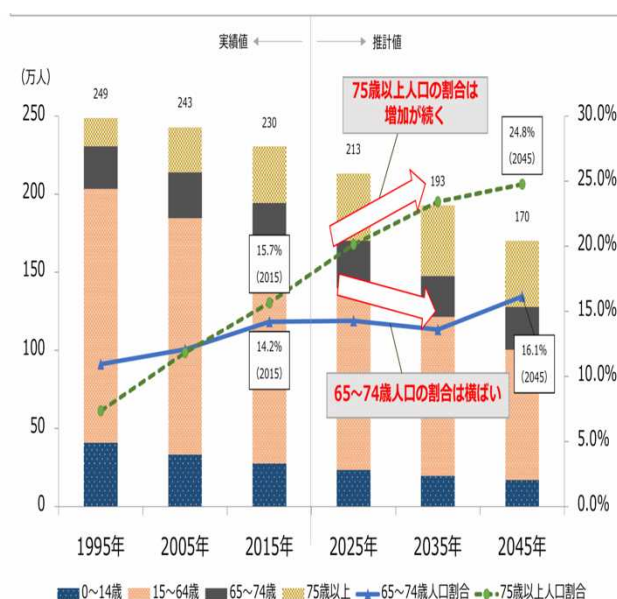
3. 総合診療とは

「幅広い視野で患者と地域を診る医師」で専門科の区切りを超えて診療する。病気や症状の種類によらず広く対応診療する。高齢者の場合、いくつかの病気を併発することが多くこれに対応することができる。

4. 現状

新潟県は近年少子化と高齢化が進んでいる。人口は減少しているにもかかわらず、65～74歳の人口割合はほぼ横ばいで75歳以上人口割合は増加していくことが予測されている。これに伴い一般病床入院患者の内訳も変化し、総合的な診療が求められる疾患の割合が増加していくことが予測されている。これに加え医師の働き方改革、新潟県内の医師の高齢化、深刻な医師不足(医師偏在指標※は全国最下位)がある。医療ニーズの変化、高まりの一方で必要な医師数の増加が求められている。

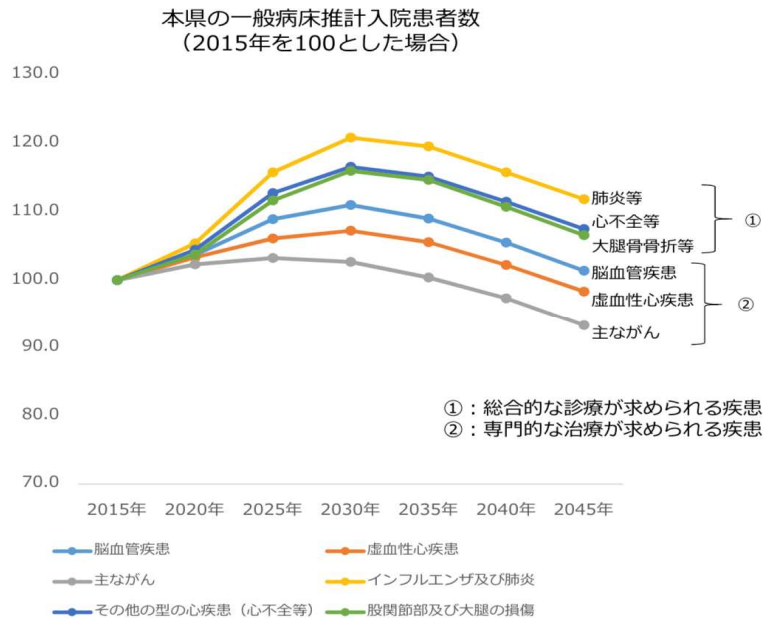
※医療需要(ニーズ)及び人口・人口構成とその変化、患者の流出入、へき地等の地理的 条件、医師の性別・年齢分布等に基づいた指標。厚生労働省によって発表されている。



出典：新潟県統計課「人口時系列データ」、 社会保障・人口問題研究所 「日本の地域別将来推計人口(平成30(2018)年推計)」

5. 問題

4のグラフで示されているように今後の医療ニーズは変化して、高度・専門的な治療の対象患者は減少していくことが予想され、それぞれの病院の症例数(手術等)が減少していく。また、必要な医師数の増加により人的資源が分散し、救急車の受け入れ縮小・困難となる。また、4でも述べたように新潟県内の医師の高齢化が進んでいる。このように、必要な医師数の増加によって地域医療の安全性や質の低下が危惧される。このままでは持続的な地域医療を提供できなくなる可能性がある。



6. 現状に対する対策

①新潟大学医学部で総合診療医を継続的に育成すること、②新潟大学医学部に総合診療医の拠点を



形成すること(臨床と教育・研究の循環、キャリア支援)、③育成システムとして成功させ、全国に発信することで新潟に医師を増やすこと。以上の3つを目的とした新潟大学医学部で総合診療医育成コース(NTMG)が設置されている。図のように中高生から卒後のキャ

リアプランまでの循環したプログラムが組み立てられており、「多様な能力を有する総合診療を専門とする医師」のみならず「臓器別専門医としても十分な総合診療能力をもって診療できる医師」の育成に新潟県一体となって取り組んでいる。

7. 新潟県で総合診療医が果たす役割

総合診療医が1人いることで、県内の別なところに臓器別の専門医がいれば、そこに繋いでいくことが出来るということになる。全体としてみれば、少ない医療スタッフで極めて質の高い医療が提供出来るようになる。また、先述したような今後増加する複数の疾患を抱えるご高齢者や総合的な診療を必要とする疾患を抱える患者さんも診ることができる。つまり、今後増加する高齢者と医療需要の変化に対応できると言える。

8. まとめ・考察

新潟県における総合診療医が果たす役割は極めて大きいことがわかり、医師が少なくても持続的な地域医療を、質を保ったまま提供することは実現できるとわかった。したがって、将来の地域医療を担う若い医師の総合診療能力の育成を進めていくことが重要であると考えられる。

9. 引用・参考文献

- ・新潟県医師確保計画(R3.3月)
- ・新潟県ホームページ <https://www.pref.niigata.lg.jp>
- ・平成29年患者調査(厚生労働省)
- ・社会保障・人口問題研究所「日本の地域別将来推計人口(平成30(2018)年推計)」
- ・新潟県地域医療構想の今後の進め方について 新潟県福祉保健部(2021.4)

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/297356.pdf>

<https://www.pref.niigata.lg.jp/uploaded/attachment/267911.pdf>

意外だが手軽にできる運動

I wanted to research exercises that are easy to do at home and help maintain good health. I chose jiggling as an exercise that is easily effective and good for maintaining health. Although considered an ill-mannered activity, it was an effective exercise for today's modern man.

1. 要旨

私は、家庭で簡単にできて、健康維持に役立つエクササイズを研究したいと思った。手軽にできて、健康維持に良い運動として選んだのは「ジグリング（貧乏ゆすり）」だ。行儀が悪いと思われがちな運動だが、現代人にとって効果的な運動だった。

2. 研究目的

近年、COVID-19によって、在宅勤務の機会が増えた。そして、出勤や通学で外出し少し運動できていた時間が極端に少なくなってしまった。よって、家にいる時間が多くなってしまい、外で運動できる機会が減ってしまった。そのため、私は、家で手軽にできる運動と健康を維持する方法と効果を調べることにした。

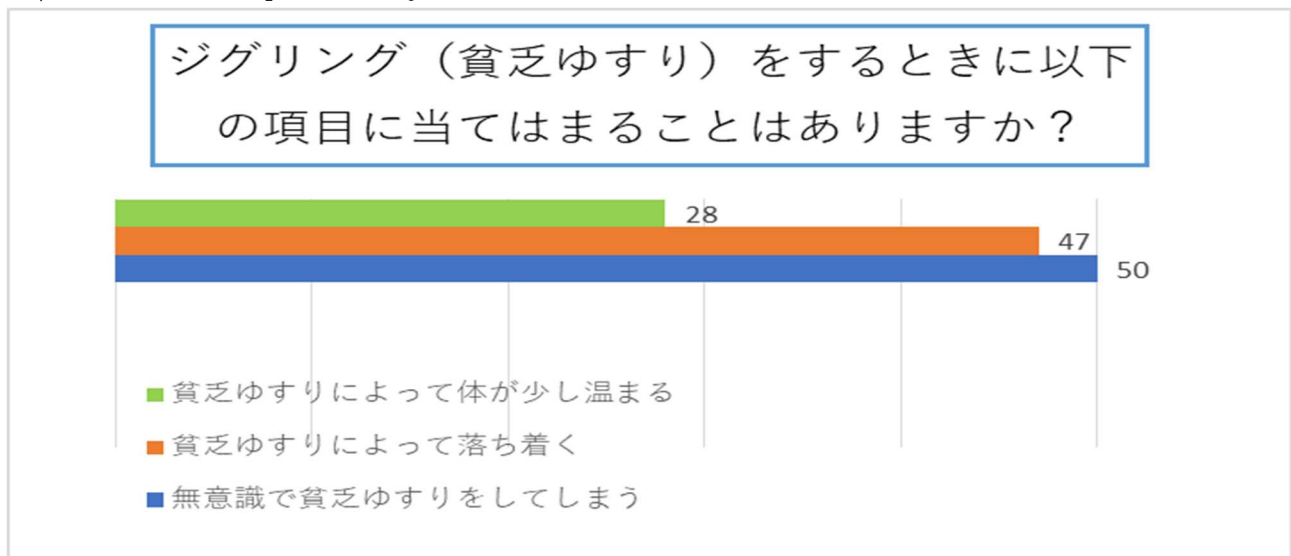
3. 研究方法

高田高校3年理数科を含む他校生徒114名を対象にアンケートを取って、普段から貧乏ゆすりを行っている人と普段から行わない人を対象としてジグリングによる影響を調べるために、「ジグリング（貧乏ゆすり）をするときに以下の項目に当てはまることはありますか？」と聞いた。そして、「他にもジグリングを行っている際に、感じることや考えることはありますか？」と聞いた。また、今回は「手軽」の基準を「用具を必要とせず、家でいつでもできること」とする。

4. 結果

下図のアンケートより、無意識に行っている人が40%（50人）あり、多かった。そして、リラックス効果が見られる人が38%（47人）いた。体温上昇の効果が現れている人が22%（28人）いた。このように、ジグリング（貧乏ゆすり）の効果が表れている人が多かった。

また、他の回答として、「気分が乗る」「集中できる」「ストレスの解消ができる」という意見もみられた。他にも、意識的な事な意見や普段から行わない人の意見として、「行儀が悪い」「周りから不も快に思われるから」があった。



ジグリングによって得られる効果にある「血流が良くなり、冷えやむくみの解消になる」や、「セロトニンと呼ばれる脳内ホルモンが分泌されストレス軽減に繋がる」そして、「エコノミークラス症候群の予防に繋がる」などの効果が表れているため、ジグリングによる影響があることが考えられた。元より、この行為は、行儀が悪いものであり、人を不快にさせる行為であった。だが、この「ジグリング(貧乏揺すり)」が、医学的に良いとされている理由が分かった。また、不快であったり、行儀が悪い行為として認識するのは、周りの人からの教えであったり、文献などから情報を得た場合であるからで、このような人に良い効果がある行為を単に嫌うべきではないと感じた。

5. 結論

今回のアンケート調査により、ジグリングには、様々な効果があること改めて解明できた。だがしかし、ジグリングには行儀が悪い行為というネガティブなイメージがあるため、この行為が手軽で容易に効果が得られるものとして、認識されるのはまだまだ難しいと考えられる。この行為が健康に対して良い効果があるものとして広めていくためには、物事を教える大人にまず知らせていくことが重要であるため、街中に宣伝ポスターを貼るといような不特定多数の人が目にすることによって、現状改善に繋がると考えられる。今までの結果より、ジグリングは決して悪いことではなく、今の現代人に効果的な運動だった。

6. 参考文献

工藤孝文 (2019) 「医者も驚いた！残念な人体のしくみ」(青春出版社)

宮崎義憲 (2013) 「太ももを強くすると「太らない」「超健康」になる」(プレジデント社)

雪国の視覚障がい者

I thought visually impaired person in snow country are in trouble with snow-covered braille block. So I looked for a way for them to walk safely in the winter. As a result, it's hard to realize but I could find some solutions.

1. 要旨

雪に埋まっている点字ブロックを見て雪国に住む視覚障害者は冬場は困るのではないかと思い、視覚障害者が安全に歩ける方法を考察することにした。その結果、現実的には難しいがいくつかの改善案を見出すことができた。

2. 研究目的

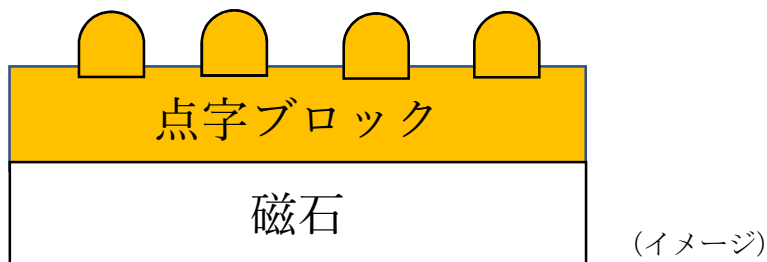
点字ブロックなどの地面に埋め込まれる視覚障害者補助は、雪が降ると使用が難しくなることが多い。しかしながら雪の対策は全くされておらず、未だに冬場になると視覚障害者は満足に外に出ることができない。そこで、視覚障害者の冬場の行動改善のための案を出すことにした。

3. 研究方法

案をいくつか出し、それが有用かどうか雪国に住む視覚障害者に意見を聞く。また、株式会社 Asirase にメールを送り、案が実現可能かどうかを聞く。また、得た意見をもとに考察を行い、より良い案を出す。

4. 結果 二つの案を考えた。

案1：点字ブロックに磁石を埋め込み、融雪機能を取り付けて、足に歩行補助装置を取り付けて、スマホで位置がわかるようにする。



案2：MMS（モバイルマッピングシステム）※1 を使って雪の状況を把握して、あしらせ※2 と連動して危険な場所を避けさせる。

※1 MMS（モバイルマッピングシステム）

車のナビなどにも使われている3次元で周辺の構造物を把握するシステムのこと。

誤差は3~4cmほど

※2 あしらせ

株式会社 Asirase が開発している資格障害者歩行ナビゲーションシステム

雪国に住む視覚障害者から意見を聞くために、雪国の盲学校、視覚障害者協会にメールを送り、いくつかの質問をした。質問の内容は案1、2の実用性、考えられる問題点、1と2ではどちらの方が便利

だと思うか、など。株式会社 Asirase には、それに加えて案 1、2 が実現可能かどうか、実現が容易なのはどちらかなどの質問をした。

質問の結果、案 1、2 はどちらも実現可能なことがわかった。また、どちらも実現すれば歩行はある程度楽になるとわかった。案 1 と案 2 では案 1 の方が便利なのではという意見が多かった。しかし、案 1 で磁石を地面に埋め込む場合、一般の人が鉄製の物を置いた時にくっついてしまって困るのではないか、という意見を含めいくつかの欠点が指摘された。

5. 考察

質問内容を見返したところ、案 1 の方が便利だという意見が多いのは案 2 に比べて内容が分かりやすく、案 1 の方が内容が理解しやすいためという可能性が考えられた。また、案 1 には前述した欠点などもあり、一概に案 1 が便利と言えるわけではないと感じた。

6. 結論

今回の研究は時間も少なくやれることの範囲も狭かったので、今後は実際に装置を作っての実験、費用面についての考察、設置した時の考えられる問題点とその改善点なども併せて考えたい。

7. 参考文献・意見提供

株式会社 Asirase 長野県松本盲学校 札幌視覚支援学校 青森県視覚障害者福祉会 など
https://www.google.co.jp/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiJgJ2_qZv3AhUSAt4KHVlpApkQFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.ashirase.com%2F&usg=AOvVaw3wv8P1SQa1AOMQ0IdByogS
<http://www.sapporoshikaku.hokkaido-c.ed.jp/> <https://www.nagano-c.ed.jp/matsumou/>

編集後記

この「令和4年度理数科3年課題研究論文集」は、理数科の生徒が取り組んだ課題研究の成果をまとめたものです。

今期の理数科生は、SSH指定8期生、またメディカルコース5期生となります。1学年より大学の先生による各種講演会や大学での実験講座など様々なプログラムを体験してきました。これらの経験を踏まえ、1学年の終わりに研究テーマを設定し、2学年から本格的に研究をスタートさせました。

この成果を以下の校内発表会で発表し、外部評価者の先生方より多くの指導・助言をいただき、この論文集にまとめることができました。

令和3年12月21日 課題研究中間発表会 本校にて

令和4年 4月25日 課題研究発表会 高田城址公園オーレンプラザにて

審査結果：サイエンスコース最優秀賞・庄山悦彦杯

「マクロファージと棘皮動物の再生」(佐藤千笑)

メディカルコース最優秀賞

「食行動とストレスの関係」(地割萌々子)

また、令和4年7月にアオーレ長岡で予定されていた、第10回新潟県SSH生徒研究発表会は残念ながら新型コロナウイルス感染症拡大の影響により急遽中止となり参加できませんでしたが、以下の校外発表会や論文応募に出場・出品しました。

- ・SSH生徒研究発表会 8月3、4日：神戸国際展示場
「マクロファージと棘皮動物の再生」(佐藤千笑)
- ・21世紀の中高校生による国際科学技術フォーラム 8月16日：静岡北高校(オンライン)
「Regeneration of Macrophage and Echinoderms」(佐藤千笑) ※表彰 Grand Award
「Music and learning curve of organisms」(恩田柚希、笠原涼音、山室奏人)
- ・神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞 8月25日：神奈川大学(応募)
「ナミアゲハの幼虫の雌雄の判別方法」(佐藤友梨)
- ・高校生理科研究発表会 9月24日：千葉大学
「マクロファージと棘皮動物の再生」(佐藤千笑)
- ・日本生化学会大会 11月11日：名古屋国際会議場
「マクロファージと棘皮動物の再生」(佐藤千笑)
- ・International journal of high school research 11月：TERRA Science and Education(応募)
「Music and learning curve of organisms」(恩田柚希、笠原涼音、山室奏人)
- ・第66回日本学生科学賞新潟県大会 14テーマ出品
表彰 最優秀賞「マクロファージと棘皮動物の再生」(佐藤千笑) ※全国大会予備審査に出品
奨励賞 「カーネーションのネムリ病の研究」(多田百花)
// 「植物の葉を用いたバイオエタノール」(清水輝、永井陸斗、原田楓太)
// 「ナミアゲハの幼虫の雌雄の判別方法」(佐藤友梨)

このSSH課題研究の取組みは、自然科学や科学技術の発展に貢献する人材育成の一環として実施されていますが、本校からも一人でも多くこのような人材が現れてくれることを期待してやみません。最後に、この課題研究ならびに論文作成にご協力いただいた皆様に深く感謝申し上げます。

(井澤正直)