

平成 28 年度

理 数 科 課 題 研 究 報 告 書

岡山県立津山高等学校理数科

目 次

[物理分野]

- ブラジルナッツ効果の発生条件について 1
林田 佳子/花田 彩笑/森谷 夏帆
- 粉粒体を入れて気柱共鳴をした際にできる周期的な構造について 5
小柳 功王/木下 雄太/佐川 瑠霞/土井 八重/福島 奈実
- 静止摩擦中に起こる物体接触面の変化の研究 9
山根 大輝/辻 遼太郎/中村 洗斗/馬場 敬大

[化学分野]

- 干し肉に含まれるうま味成分についての研究 13
産本 龍/阿部 真大/澤田 光紀/中尾 太一/三宅 悠太/宗川 彰毅
- 水溶液の溶質が物性に及ぼす影響についての基礎的研究 17
和田 美月/大釜 友香/坂本 愛莉/下山 絢女/久宗 未怜

[生物分野]

- 個体の密度が行動に与える影響について 21
志茂 暉月/稲岡 慧太/戸田 遥香
- モジホコリカビの走性に関する研究 ―アデノシン受容体に注目して― 25
西田 一葉/安東 咲里/片山 葉月/岸田 萌花/延原 愛

[地学分野]

- 広戸風と地形の関係性 29
日野田 圭祐/高橋 彰人/早瀬 大貴/福田 悠佑/近藤 葵
- 津山海消滅過程についての研究 ～自作の無定位磁力計を用いた古地磁気測定～ 33
戸田 悠貴/青山 穂高/加納 哲/三宅 康太

[英語概要集] 37

[巻末図] 47

本年度も課題研究を進めるにあたり、多くの外部指導者の方々にご指導・ご助言をいただきました。ご多忙のところ、快くご指導をいただき、充実した研究を行うことができました。教員・生徒一同より厚く感謝を申し上げます。

研究指導	津山工業高等専門学校	佐藤 紳二	教授
	津山工業高等専門学校	藪木 登	教授
	美作大学短期大学部	桑守 正範	教授
	美作大学短期大学部	栗脇 淳一	准教授
	中部大学	福田 良輔	客員教授
	科学部非常勤講師	村上 安弘	様

外国語指導	本校 GSO	江原 Martina	様
-------	--------	------------	---

指導助言	西粟倉村立西粟倉中学校 校長	芦谷 武司	先生
	ベネッセコーポレーション 初等中等教育事業部	荒武 遼	様
	立命館大学 SR センター	井上 信	顧問
	高知県立大学文化学部文化学科	大村 誠	教授
	岡山大学大学院自然科学研究科	高橋 純夫	教授
	明治大学総合数理学部	田中 美栄子	特任講師
	福山大学生命工学部	秦野 琢之	教授

ブラジルナッツ効果の発生条件について

研究者 林田佳子 花田彩笑 森谷夏帆 指導者 佐藤紳二

1. 研究の概要

本研究では、ブラジルナッツ効果の発生条件について振動数、振幅の2つの観点から考察した（以下、ブラジルナッツ効果を BN 効果と記載する）。私達の実験では BN 効果の発生条件には振動数と振幅の両方が影響を及ぼしているという考察を立てて実験を行った結果、振動数と振幅の両方が影響を及ぼしていることが分かった。

Brazil Nuts Effect is a phenomenon which big particles appear over small particles when we give vibration to these particles in the container.

In this research ,we considered about Brazil Nuts Effect on frequency and amplitude. On our examination, we studied that frequency and amplitude influenced Brazil Nuts Effect and did experiments. As a result, we found that both frequency and amplitude influenced Brazil Nuts Effect.

2. 序論

BN 効果とは粉粒体において大きい粒子と小さい粒子を同容器に入れ振動を与えると大きい粒子が小さい粒子の上に出てくる現象である。この現象について多くの研究がなされてきたが、未だ詳しい原理は解明されていない。本校では昨年の理数科の先輩方が BN 効果の発生要因についての研究（参考文献 1）を行っており、その発表を聞き BN 効果に興味を持った。その研究では、BN 効果の発生要因は大球の個数により変化することが分かっている。そこで、私達は大球が 1 つの場合における BN 効果の発生条件に着目し、特に振動の観点において実験を行ったのでその詳細を報告する。

(BN 効果の強さ)=(大球の上昇時間の短さ)

と定義する。

3. 本研究に至るまでの経緯と目的

初めに私たちは、ベビーパウダーを用いて摩擦が BN 効果に与える影響を調査した。しかし、BN 効果と摩擦の顕著な関係性は見られなかった。

そこで振動装置で与える振動数を変化させたところ、BN 効果との関係性が伺えた。

BN 効果の発生条件を与える振動の観点から考察する。

実験 I では、図 1 の実験装置を使用し、1 つの

4. 研究方法

今回の実験で使用した実験装置の構成を図 1 に示す。この装置においては、

$$E \propto f^2 A^2$$

が成り立つものとする。また、45mm の発泡スチール球を大球、5mm のものを小球とする。

また、この研究においては、

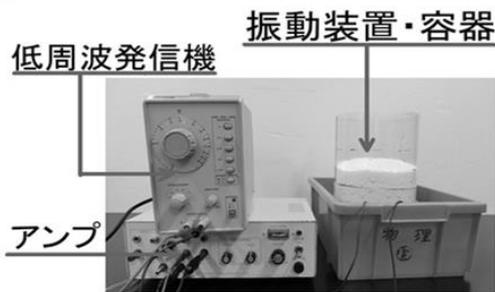
大球と一定量の小球を同容器に入れ、容器全体に振動を与える。実験ごとに与える振動数を変え(20Hz~55Hz)、大球の上端が現われた時間(以下上昇時間と表記)を計測し、同様の試行を 10 回行いその平均をとって、グラフを作成する。この際、振動に使われるエネルギーの総量は一定のため、振動数が増加するにしたがって振幅は減少する。

実験 II では、実験 I と同様に図 I の実験装置と同一の大球、同量の小球を使用して実験を行う。55Hz において振幅のエネルギーを実験 I の 50Hz と同一にして計測を行い、10 回の試行の平

均値をとってグラフを作成し、実験 I と比較する。この際、振幅のエネルギーを増加させるため、振動に使われるエネルギーの総量は増加する。

実験 III でも同様に、図 I の実験装置と同一の大球、同量の小球を使用して実験を行う。振幅のエネルギーは実験 I の 45Hz と同一にし振動数を 50Hz として計測を行い、10 回の試行の平均値をとってグラフを作成し、実験 I と比較する。この際、振動数のエネルギーを増加させるため、振動に使われるエネルギーの総量は増加する。

実験装置



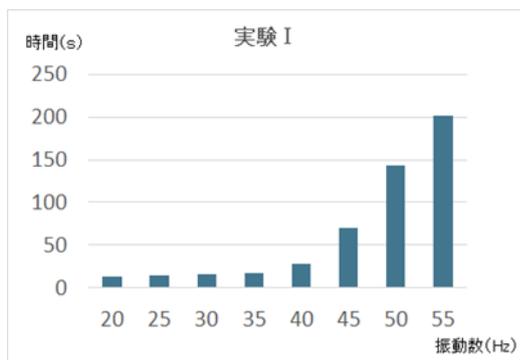
(図 1) 実験装置

5. 結果

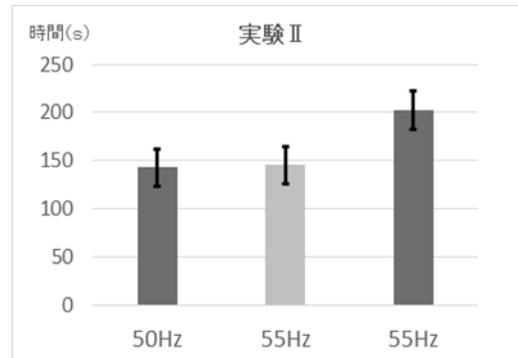
実験 I で作成したグラフを図 2 に示す。振動数が増加するにつれて、上昇時間はより長くなった。また、振動数が増加するにつれて、容器の下のほうにある小球の動きが小さくなる現象が見られた。

次に、実験 II で作成したグラフと実験 I を比較したものを図 3 に示す。実験 II の上昇時間は振幅の等しい実験 I の 50Hz の値に近づいた。

次に、実験 III で作成したグラフを実験 I と比較したものを図 4 に示す。実験 III の上昇時間は振動数の等しい実験 I の 50Hz の値に近づいた。

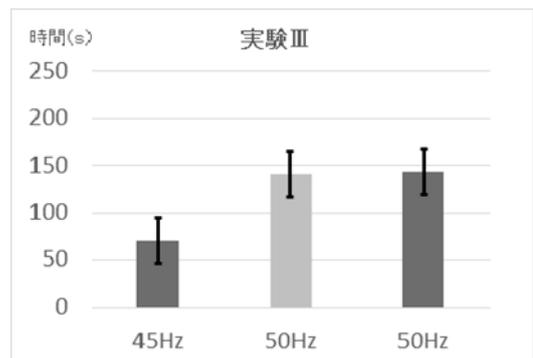


(図 2) 実験 I 結果



(図 3) 実験 II 結果

青色：実験 I 黄色：実験 II



(図 4) 実験 III 結果

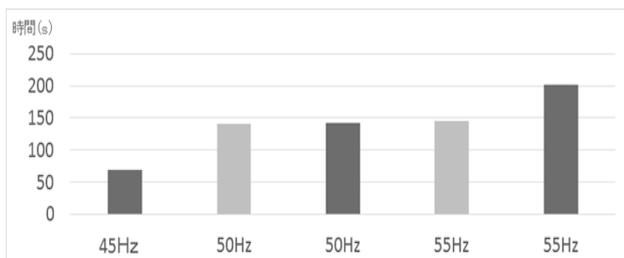
青色：実験 I 黄色：実験 II

6. 結論

実験 I の結果より、振動に使われるエネルギーが一定の場合でも、BN 効果の強さは変化することが分かった。また、振動数と振幅の増減に着目すると、振動数が大きくなるにつれて BN 効果は弱くなり、振幅が大きくなるにつれて BN 効果は強くなると考えられる。よって、BN 効果の強さは振動数と振幅の両方の影響を受けていると言える。また、実験 I で見られた容器の下のほうにある小球の動きが小さくなる現象については、振動数が大きすぎて小球が動きについてこれないことや、振幅が小さすぎて振幅のエネルギーが小球

の重力に打ち消されてしまっていることが原因と考えられる。

実験Ⅱ，Ⅲの結果を比較した実験Ⅰの値とともにまとめたものを図5に示す。実験Ⅱ，Ⅲの結果よりBN効果の強さに対して実験Ⅲのように振動数が大きな影響を及ぼす範囲と，実験Ⅱのように振幅が大きな影響を及ぼす範囲の二つが存在し，その間に境界があると考えることができる。



(図5) 実験Ⅰ，実験Ⅱ，実験Ⅲ 結果
50Hzの左側：実験Ⅲ 右側：実験Ⅱ
青色：実験Ⅰ 黄色：実験Ⅱ，実験Ⅲ

7. 謝辞

本研究を行うにあたり，津山工業高等専門学校
の佐藤紳二先生の指導を受けました。

8. 参考文献

1 粉粒体の粒径がブラジルナッツ効果に与える影響についての基礎的研究

- 平成27年度 津山高校

粉粒体を入れて気柱共鳴をした際にできる周期的な構造について

研究者 小柳 功王 木下 雄太 佐川 瑠霞 土井 八重 福島 奈実
指導者 坪井 民夫 藪木 登

1. 研究の概要

クントの実験の際に気柱共鳴管の中で粒子が積み上がってできる膜のような構造の成因について研究した。そして、膜のような構造ができる原因について3つの仮説をたて、それを1つずつ検証した

2. 動機・目的

修学旅行で訪れた科学館で、音を出すと気柱管の中で粉粒体が振動し、それによって美しい周期的な膜のような構造が形成されるという装置を見た。

どのようにして膜のような構造が形成されているのか不可解だったが、その現象が起こる理由は施設には詳しく記述されていなかった。その後調べると、この現象はクントの実験を行った際にできるものであることがわかった。しかし、膜がなされる直接的な原因がわからなかった。そこで、三つの仮説をたて、立証するために、自分たちで研究を行った。

クントの実験において、気柱共鳴が生じている管内で粒子が積み上がって膜のような周期的な構造が形成される。そこで、私たちはこの膜のような構造ができる原因を解明することを目的とした。

3. はじめに

クントの実験とは、気柱共鳴管の内部に生じた定常波の膜と節を可視化するために考えられた実験である。

また、膜の定義として音を出していない時よりも、音を出しているときの方が粒子の高さが高くなり、それが継続するものを膜とした。

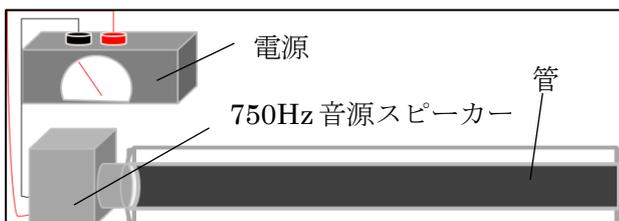


図 1

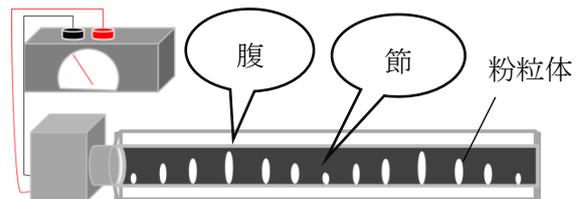


図 2

4. 実験 I

〈目的〉

粒子の性質の違いによって膜が形成されているかどうか膜の間隔の違いが生じるか調べ、今後の実験に適した粒子を見つける。

〈使用した物〉

食塩 重曹 もち粉 片栗粉 小麦粉 砂糖
紙くず 2~3mm の発泡スチロール球

〈実験方法〉

様々な種類の粒子を気柱共鳴装置 (図 1) に入れ共鳴させて膜を形成させる。

〈実験結果〉



図 3



図 4



図 5

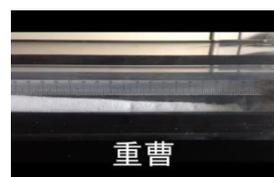


図 6



図 7

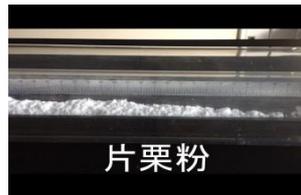


図 8

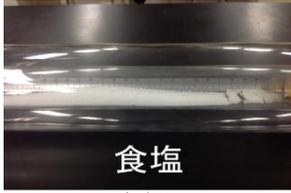


図 9

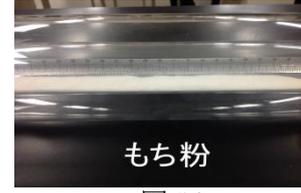


図 10

図 3 では安定的に継続した膜がはっきりと見られた。

図 4 では不安定ではあったがさすがに膜のような構造が見られた。

図 5～図 10 ではさすがに振動していたが膜のような構造は見られなかった。

〈考察〉

図 3～図 10 より膜構造が生じた粒子について、膜の間隔に差は見られなかったことから粒子自体の性質が膜の成因ではないと考えた。

また膜構造ができなかった粒子は密度が大きかったため実験に使った音源の出力が足りなかったのが原因だと考えた。

5. 実験Ⅱ

〈仮説〉

音の発生に伴い粒子同士が擦れ、粒子同士の間に静電気が発生することで膜が形成される。

〈目的〉

膜同士の幅から、静電気によって膜の特徴が変化しているかどうかを調べる。

〈実験方法〉

静電気がある時と静電気防止スプレーを発泡スチロール球に吹きつけ管内にアルミホイルを敷き静電気を減らした時とで対照実験を行う。また、気候条件などをそろえるために実験は同じ日のうちに行った。

膜が形成されている時に 5 秒間隔で写真を撮り、一つの写真につき 3 つの膜をランダムに選び平均の間隔の距離を 1 つのデータとし 100 個のデータをとり図 11 のようにまとめた。

〈結果〉

静電気がある時と静電気を減らした時とで対照実験を行った結果、図 11 のようになった。

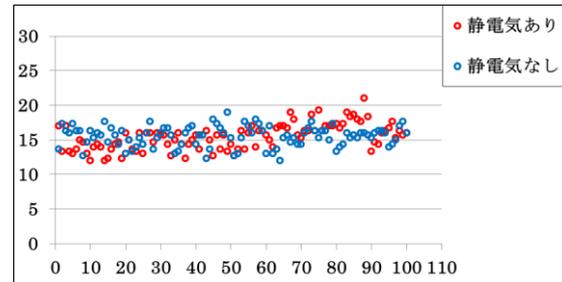


図 11

〈考察〉

図 11 より静電気がある時と減らした時では、散布図のばらつきにほとんど差がないことから静電気は膜の形成に依存しないと考えた。

6. 実験Ⅲ

〈仮説〉

管の固有振動によって発泡スチロール球に震動が伝わり、膜が形成される。

〈目的〉

膜同士の幅から、管の固有振動によって膜の特徴が変化しているかどうか調べる。

〈実験方法〉

管の固有振動を抑えていない時と管の周りを水で満たし管の固有振動を抑えた時とで対照実験を行う。

また、気候条件などをそろえるために実験は同じ日のうちに行った。

実験Ⅱと同様に、膜が形成されている時に 5 秒間隔で写真を撮り、1 つの写真につき 3 つの膜をランダムに選び平均の間隔の距離を 1 つのデータとし 100 個のデータをとり図 12 のようにまとめた。

〈結果〉

固有振動がある時と固有振動を減らした時とで対照実験を行った結果、図 12 のようになった。

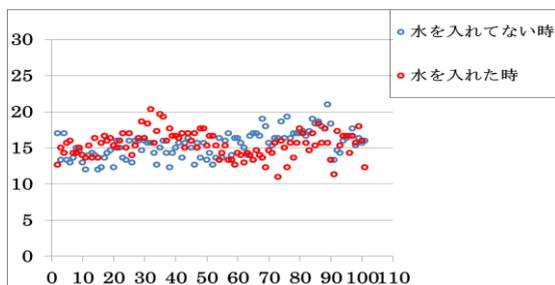


図 12

〈考察〉

図 12 より管の固有振動がある時と減らした時では図 12 のばらつきにほとんど差がないことから管の固有振動は膜の形成に依存しないと考えた。

7. 実験Ⅳ

〈仮説〉

空気の流れによって膜が形成される。

〈目的〉

空気の流れによって膜の特徴が変化しているかどうかを調べる。

〈実験方法〉

発泡スチロール球では空気の流れを見ることができなかつたため、空気の流れを見るために、粒子自体が膜のような構造を形成せず、気柱管内で舞う極微粉（石松子）を発泡スチロール球と混ぜて実験を行った。

そして、それをスーパースローカメラで撮影し空気の流れを観察し図のようにまとめた。

〈結果〉

図 13 のような空気の流れが見られた。

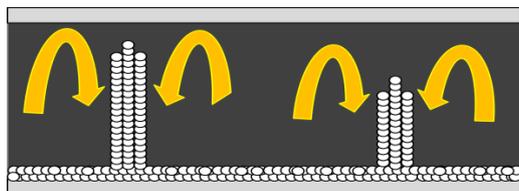


図 13

8. まとめ

実験Ⅰ～実験Ⅳより、発泡スチロール球同士が擦れあって生じる静電気や管の振動は膜の形成に影響しないことがわかった。

また、膜の形成は空気が発泡スチロール球に巻きあげられるような動きが見られたことから、空気の渦のような流れが生じ、膜が形成されることがわかった。

9. 参考文献

気柱共鳴管の中の粒子がつくる構造について

熊本県立熊本工業高等学校 物理部

静止摩擦中に起こる物体接触面の変化の研究

研究者 山根大輝, 辻遼太郎, 中村洸斗, 馬場敬大 指導者 井上 出

1. 研究の概要

本研究では、静止摩擦中の真実接触面積、静止摩擦係数を様々な条件で測定し、静止摩擦中の物体接触面の変化メカニズムを考察した。真実接触面積は、見かけの接触面積とは異なり、目視で測定する事はできない。そのため我々は、電気抵抗が断面積に反比例することを用い、物体接触面の電気抵抗を調べることにより真実接触面積の測定を可能にした。実験の結果、静止摩擦中の接触面の変化は、物体の柔らかさと物体に加える力の増加度に依存することがわかった。これらの結果から、我々はモデルを考察した。

2. 序論

摩擦は様々な要因を含んだ複雑な現象であるのに対し、教科書で示されている内容は経験則である。そのため我々は、そこで加味されていない要素を含んだ摩擦のメカニズムの解明を最終目標として研究を行った。先行研究では、最大摩擦力は物体の凝着を切るのに必要な力であると考えた。また、最大摩擦力は真実接触面積に比例し、凝着力を比例定数として $F=AS$ (F : 最大摩擦力, A : 凝着力, S : 真実接触面積) と表せること、実験から得た真実接触面積は物体の接触時間や垂直抗力により変化するという事を用いて静止摩擦係数の定式化を行った[1]。我々はその研究に興味を持ち、これらの要因の他に、静止摩擦には力を加える際に生じる物体接触面での変化が関係すると思え、その要因を調べる実験を行った。

3. 実験方法

・実験 I 物体に加える力と真実接触面積の関係

図1の実験装置を用いて物体 G1, G2 の間の接触面に平行な向きの力を加えながら、その際の真実接触面積の増減を調べた。物体の表面に均一に導電インクを塗り、物体 G2 が動き始めるまでおもり O を加え、その際の電気抵抗の増減をテスター T で計測した。この実験を、おもり O とテスター T が映るように撮影し、テスターの値を数値化した。なお物体にはゴムを用い、インクは実験ごとに塗りなおした。

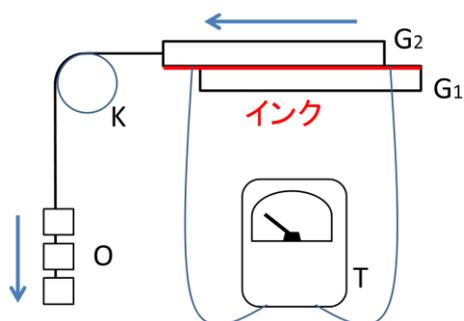


図1 実験 I 装置 G1, G2: 物質
K: 定滑車 T: テスター O: おもり

・実験 II 力の増加度と静止摩擦係数の関係

図2の実験装置を用いて物体 G1, G2 の間に加える力の増加度と静止摩擦係数の関係を調べた。容器 Y1 に水を物体 G2 が動くまで注ぎ、その間に経過した時間を計測する。そして、容器内 Y2 の水の重さを経過時間で割ることにより力の増加度を求めた。水を注ぐ容器 Y1 には、底の空いたペットボトルを使い、キャップには穴を開けた。穴の数の違うキャップを実験ごとに取り換えることにより、力の増加度を変えた。なお、ゴム劣化

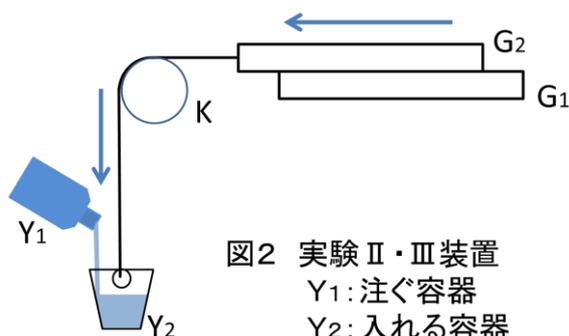


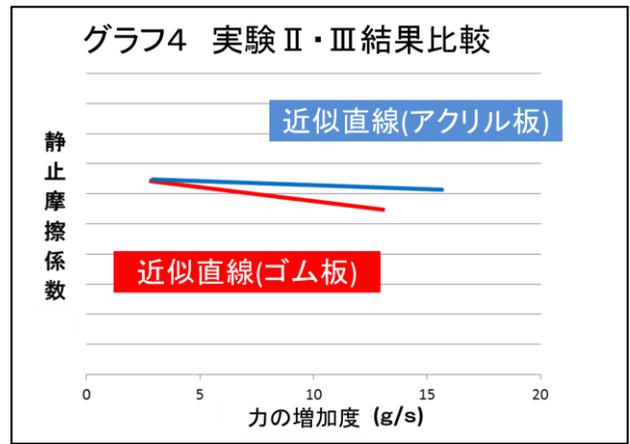
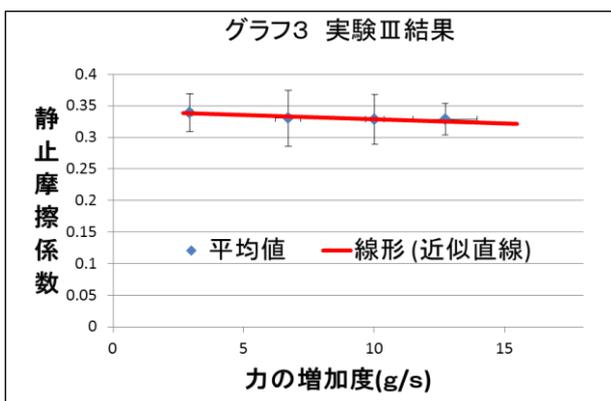
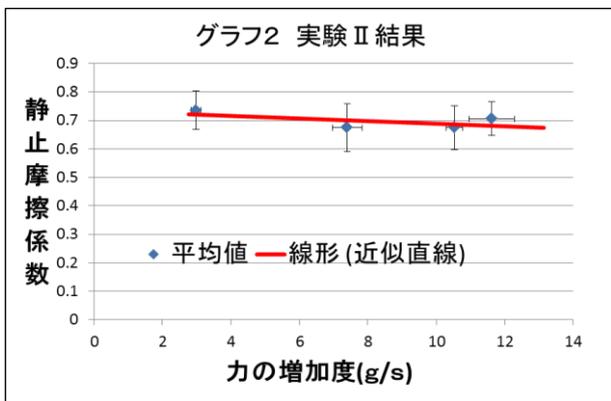
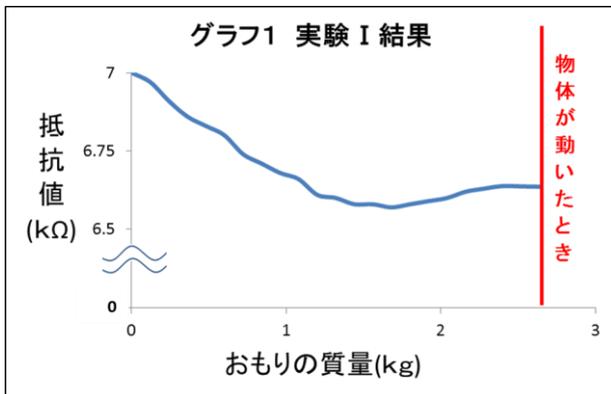
図2 実験 II・III 装置
Y1: 注ぐ容器
Y2: 入れる容器

による誤差よりも個体による誤差の方が大きいと考え、実験には同じ個体のゴムを用いた。また、時間による真実接触面積の増加の誤差をなくすために、実験の準備をしてから十分時間が経った後に実験を行った。

・実験Ⅲ 摩擦の性質と柔らかさの関係

摩擦の物体の柔らかさへの依存性を調べるため、実験Ⅱをゴムとは柔らかさの異なるアクリル板を用いて行い、その結果を実験Ⅱの結果と比較した。

4. 結果



グラフ 1 は実験Ⅰの測定結果の 1 つで、すべてのデータでこのような形のグラフが得られた。この測定から、物体に力を加えると電気抵抗が小さくなり、物体が動き始める前に抵抗が大きくなるのがわかる。言い換えると、物体に力を加えると真実接触面積が大きくなり、動き始める前に真実接触面積が小さくなっていることがわかった。

グラフ 2 に実験Ⅱ，グラフ 3 に実験Ⅲの結果を示している。どちらのグラフも、力の増加度が大きいと静止摩擦係数が小さくなっている。グラフ 4 では、軸の目盛間隔を同じにして、実験Ⅱと実験Ⅲの結果の近似曲線を比較した。これより、ゴムの方がアクリル板よりも減少傾向が大きいことがわかった。また、実験Ⅱの最中、ある程度水を容器に注いだ後にそれを放置すると、数秒後に物体が動くことがあった。

5. 考察

結果から次のことがわかる。

- (A) : 物体に水平方向の力を加える時、真実接触面積は増える。
- (B) : 物体が動く前、真実接触面積は減る。
- (C) : 物体にある程度力を加えた場合、その時点から力を増加させ続けなくても時間の経過によって物体が動くことがある。
- (D) : 力の増加度が大きいほど、小さい力で物体が動く。
- (E) : 柔らかい物質の方が、硬い物質よりも力の増加度の影響を受けやすい。

これらの結果を説明するための先行研究は発見できなかった。

そこで我々は、これらの結果を矛盾なく説明できる、オリジナルの変化メカニズムを考察した。

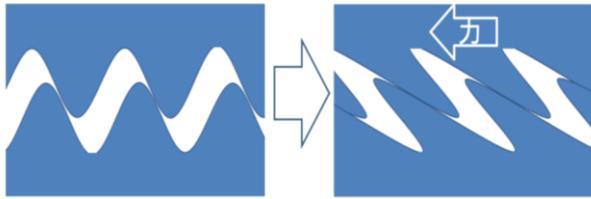


図3 アスペリティの変化イメージ1

物体の表面は、平面ではなく、多数のアスペリティ（固体表面の凸）が存在する [2]。これらが水平方向からの力を加えられることにより、図3のような変形が起こり、真実接触面積が増加する (A)。

また図4のように、アスペリティごとに真実接触面積は異なるはずであるが [2]、各アスペリティに加わる力は同じである。

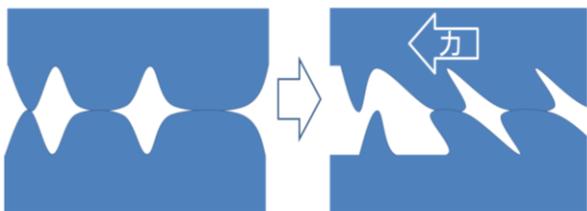


図4 アスペリティの変形イメージ2

よって $F=AS$ より、真実接触面積の小さいアスペリティから凝着が切れる。これにより、物体の真実接触面積が減少する (B)。また、凝着が切れるとそのアスペリティにかかっていた力が、他のアスペリティの凝着を切ることに使われる。これにより、新たに力を加えずともアスペリティの凝着が連鎖的に切れ、物体が動く (C)。

物体の変形には力が必要なため、加えた力は凝着を切ることの他にアスペリティの変形に使われると考えられる。また変形時間はゼロではないので、物体に加わる力の増加度が大きいと変形が追

いつかなくなる。これらの事から、力の増加度が大きいと力が変形に使われず凝着を切ることに力が使われるので、小さい力で物体が動く (D)。また硬い物質は変形が起こりにくく、変形に使われる力の割合が元々少ない。そのため、図5のように柔らかい物質の方が、硬い物質よりも力の増加度の影響を受けやすい (E)。

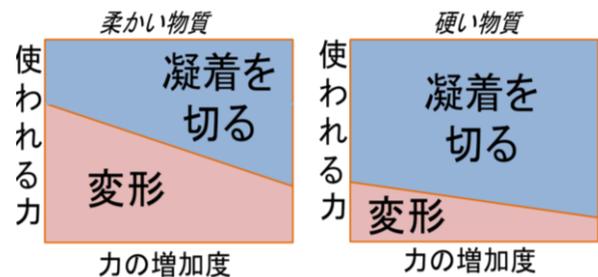


図5 柔らかさによる力の増加度と使われる力の関係図

以上のモデルから、静止摩擦は物体接触面の形状変化および物体加わる力の増加度、物体の柔らかさに依存していると考えられる。

6. 結論

今回の実験で、摩擦はアスペリティの変形が大きく関係しているため、物体の柔らかさと力の増加度に依存することがわかった。また、ある程度力を加えれば、アスペリティの凝着が徐々に切れることにより、それ以上力を加えなくても物体が動くモデルを考えると、実験結果をうまく説明することができた。

7. 参考文献

- [1] 平成 27 年度津山岡山県立津山高等学校理数科課題研究報告書
- [2] 松川 宏 著「摩擦の物理」(岩波書店, 2012 年)

干し肉に含まれるうま味成分についての研究

研究者 産本龍 中尾太一 阿部真大 澤田光紀 三宅悠太 宗川彰毅
指導者 矢本卓

1. 研究の概要

私たちは干し肉に含まれる「うま味成分」、特にイノシン酸とグルタミン酸について、干し肉の抽出液を用いて研究してきた。イノシン酸を吸着できるイオン交換紙を用いた、吸光度によるイノシン酸の含有量の算出と、アミノ基をニンヒドリン反応で染色し、その吸光度の測定などを行った。イノシン酸、グルタミン酸共に、干すことによる成分変化がないかを調べた。

2. 動機・目的

この津山地域は古くから牛肉を1, 2日干す干し肉製作が盛んである。私たちは実際に干し肉を食べ、そのおいしさと生肉との味の違いに感激し、肉がおいしくなる過程や、その成分変化を化学的に検証することを目的とした。本研究では、一般的なうま味成分であり、定量が容易なイノシン酸と、肉に多く含まれるとされるグルタミン酸に着目し、干し肉のおいしさとの関連を検証した。

3. 事前実験

我々はまず、上記の成分の測定方法を模索するため、市販の生肉や干し肉を用いて実験を行った。

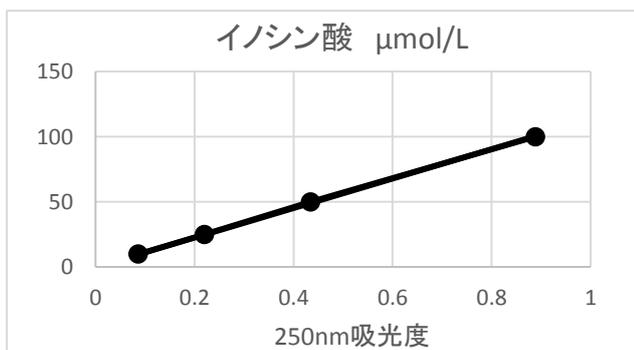


図1 イノシン酸検量線

イノシン酸に関しては、イノシン酸を吸着するイオン交換紙「ECTEOLA セルロース」を用いることで、吸着前の250nm吸光度の値と、何回か使用して値が変化しなくなった時の250nm吸光度の値を比較し、差を算出することで、間接的にイノシン酸のみの吸光度を求めることができる。またイノシン酸は、図1のように検量線を引くことで吸光度から定量でき、代

表的なうま味成分の1つであることから、有効な指標であると思われた。

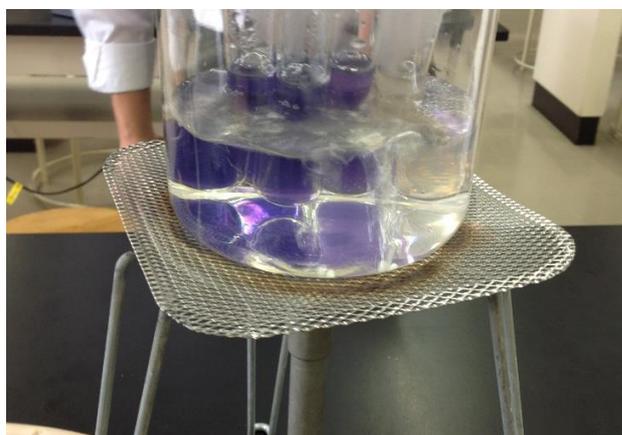


図2 ニンヒドリン反応

生肉と干し肉の成分の差異を比べるには、牛肉に含まれる主なうま味成分である水溶性アミノ酸のアミノ基と反応してルーヘマン紫を生じるニンヒドリン反応が同様に有効であると思われた。我々は、研究の概要にあるように、牛肉に多く含まれるというグルタミン酸に着目した。しかしグルタミン酸は学校の設備ではそれ単体のみを検出することは不可能であることが分かった。そこで、干し肉中のアミノ酸の中には少なからずグルタミン酸が含まれているので、アミノ基が増えればグルタミン酸も増えているという仮説を立て、アミノ基に着目した。

4. 干し肉の作製⁴⁾⁷⁾

また、前述の通り我々は、当初市販の生肉、干し肉を用いたが、実験を行う中、生肉にはそれぞれ個体差がある、干し肉は店によって製法が異なる、調味液が使用されており純粋な肉の成分のみを測定できない

などの問題が付きまとうことがわかった。すなわち、単一の肉塊から作成した肉片を、調味液を使用しない方法で、独自に作製する必要があった。そこで我々はいくつか干し肉のサンプルを作製し、どんな製法が実験に向き、かつおいしく食べられ、津山の干し肉の基本的な製法に順ずる干し肉が作製できるのかを模索して、以下の手順で干し肉を作製することに決めた。



図3 干し肉作成手順

- I 牛もも肉を使用し、一切れおよそ 50g の肉片を作製する(筋繊維に対し平行に切断)。
- II 食塩を肉片の断面に 0.25g ずつ均等に振る。
- III ラップでくるみ、24 時間冷蔵庫で寝かせる。
- IV ネットの中に吊るし、2 日間陰干しする(この時、2 切れを比較のため冷蔵庫に置いたままにした。この 2 切れを冷蔵肉とする)。

作成方法について順に説明すると、干し肉は伝統的に牛もも肉を使用する。また、50g が食べやすく、切りやすい大きさである。食塩は干し肉重量の 1% で適切な塩味を感じる。24 時間冷所で寝かせるのも伝統的な製法である。ネットに入れ鳥などからの襲撃を防いだ。天日干しは天候差が生じやすいので陰干しにした。

これらの事前実験により、今回の研究の最低条件が整った。同時に以降、これらの条件下で我々が作製したものを干し肉と呼ぶことにする。

5. サンプル作製

干し肉の製法が定まったところで、次はサンプル(抽出液)作製方法の確立に取り組んだ。市販の肉を使用していた頃、我々は乳鉢で肉をすりつぶし、そこから 5g 採取して沸騰させた精製水に投入し、10 分間攪拌した後ろ過したものをサンプルとして使用していた。沸騰させた精製水を用いたのは、ニンヒドリン反応は湯煎して起こすため、測定邪魔になるタンパク質の沈殿が生じるので、それを事前に除去するためである。しかしこの手法では、肉をすり潰す過程を人

力で行うため、誤差が生じやすいと考えられた。そこで我々はホモジナイザーを導入して、より均一に肉をすり潰せるようにした。

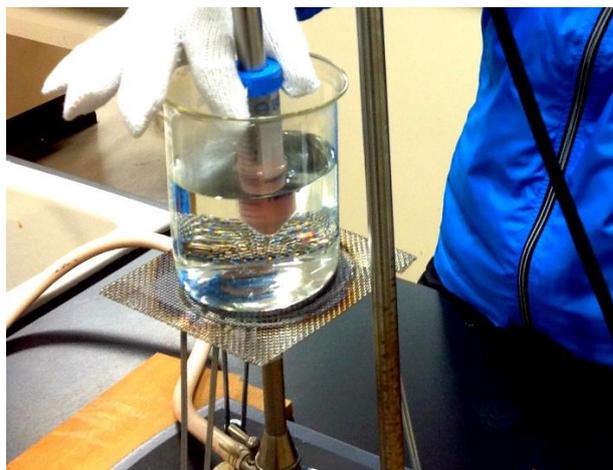


図4 ホモジナイザー

また、我々は肉をすり潰すことで肉の表面積を増やし、アミノ酸を水に溶けやすくしているが、温度による溶解度の変化を考慮し、図4のように湯煎しながら肉をすり潰すことで、溶解度を均一にしつつ、タンパク質を変性除去することができるようになった。最終的なサンプル作成手順は以下の通りである。

- I 干し肉、冷蔵肉を採取する。
- II $(5 \times \text{乾燥後質量} / \text{乾燥前質量})g$ の肉片を作る。
- III 湯煎しながら肉片をホモジナイザーですり潰す。
- IV II で算出した値 + 100g となるように、沸騰した精製水を加える。
- V ろ液をサンプリングチューブに小分けし、冷凍保存する。
- VI 干し始めから 4 時間ごとに I ~ V を行う。

以上の手順を計 12 回、44 時間にわたり連続して行い、干し肉 1 つにつき 50 個、冷蔵肉 1 つにつき 5 個のサンプル(1 つあたり 3.0mL)を作製した。冷蔵肉に関しては、質量変化はないものとして扱った。

6. 食味テスト

サンプルの作製に際して、冷蔵肉と干し肉との味の変化を味覚的に検証した。

- I 被験者は目を手で覆う。
- II 試験者が焼いた冷蔵肉、干し肉を、被験者に順番を知らせずに食べさせる。
- III 被験者は干し肉だと思う方を答える。

結果 9人中9人が、干すことによる味の変化を感じた。

考察 生肉から干し肉に移行する過程に何かがあるのは確実であるといえる。

7. イノシン酸の定量³⁾

- I サンプルを 20 倍に希釈した溶液を作製する。
- II 希釈液の 250nm 吸光度を測定する。
- III 希釈液に、イノシン酸を吸着する ECTEOLA セルロースを加え、10 分間攪拌する。
- IV 攪拌後の希釈液をろ過して ECTEOLA セルロースを取り除き、再度 250nm 吸光度を測定する。
- V II～IVまでの手順を、250nm 吸光度の値が変化しなくなるまで繰り返す。
- VI IIの値と最終的なIVの値を比較する。

結果 I 上記の手順で、3. で述べたように、値の差を図1の検量線の方程式に代入し、溶液に含まれるイノシン酸ナトリウムのモル濃度を求めることができる。しかしこの実験では、2回目の ECTEOLA セルロース使用時に 250nm 吸光度の値が上昇し、イノシン酸ナトリウムの物質量を求めることはできなかった。

考察 I ECTEOLA セルロースの既製品には不純物が含まれているため洗浄後に使用するが、本実験では洗浄が不十分であり、不純物が混入していたと考えた。そこで ECTEOLA セルロースを洗浄し直し、再度同じ手順で実験を行った。

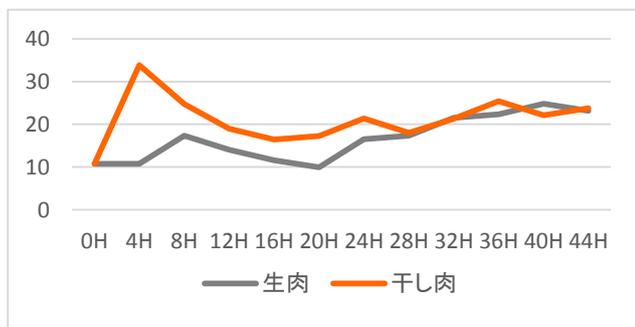


図5 生肉 100g あたりイノシン酸(mg)

結果 II ECTEOLA セルロースを 2 回使用したところで 250nm 吸光度の値が変化しなくなったため、1 回目の使用時の値を用いて定量を行った。すると図5のような結果が得られ、イノ

シン酸は継続的に増加していた。しかし、冷蔵肉と干し肉の間で差異はほとんどなかった。

考察 II 冷蔵肉も干し肉も、一度値が大きく増加した後値が減少し、その後再び増加した。この結果を受けて文献調査を行ったところ、牛肉中のイノシン酸は死後 10 日までは増加し、それ以降は減少することが分かった。今回使用した牛肉が死後何日経過したものか特定することはできなかったが、ちょうど 10 日目であったと仮定すると、干し肉と生肉で 1 度目のピークの時間に 4 時間の差があることから、肉を干すことで、より速いイノシン酸の増加が望める。またその場合、なぜ値が再び増加したかについては、これは継続的に増加するその他の値が、250nm 吸光度に影響を与えている可能性がある。その物質は特定できていないが、今後精度を上げていきたい。

8. アミノ基の総量の比較¹⁾

- I サンプル、0.90%ニヒドリン水溶液を、それぞれ 2.8mL ずつ試験管にとり、よく攪拌する。
- II 10 分間湯煎する（この時、放置しているとルーヘマン紫が試験管の淵に付着するため、付着を確認次第、その都度湯の中で振った）。
- III 蒸発量の差を無くすため、メスシリンダーを用いて、液量が 15mL になるように精製水で調整する。
- IV 遠心分離にかけられるスピッチグラスに溶液を適量移し、2Gで 90 秒間遠心分離する。
- V 上澄み液の 570nm 吸光度を測定する。

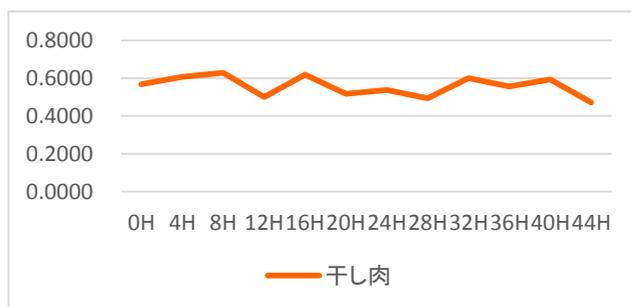


図6 ニヒドリン反応吸光度

結果 図6より、アミノ基の総量の増加は確認できなかった。

考察 実はこの実験では、最初誤った波長を用いて、ルーヘマン紫の吸光度を測定していた。

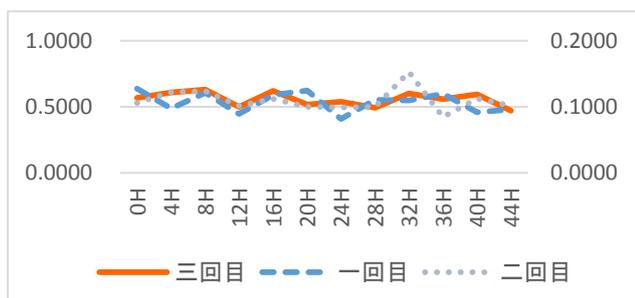


図7 実験データの比較

650nm 吸光度で測定した値が、図6の1回目、2回目である。1、2回目のデータに関しては第2軸をとり、見やすいように調整してある。こうして並べると、極端に値が高く、もしくは低くなる干し時間に、ある程度の相関がみられることが分かる。すなわち、肉片の個体差が大きい可能性がある。またこの結果を受けて文献調査を行ったところ、ニンヒドリン水溶液は不安定な物質であり、正常な機能を発揮させるには、作製したその日に、還元剤（第一塩化スズ水溶液）を用いて使用する必要があることが分かった。以上よりこの実験は誤差による不確定要素が大きく、データの信憑性は低いと考えられる。

9. 全体の考察

まず結果として、干すことに依る成分の変化はなかった。イノシン酸に関しても、1度目のピークが訪れる干し時間に差があったが、最終的な値に差はなかった。ドライエイジングに関する文献²⁾で調べたところ、牛肉に含まれるうま味成分は、本来1ヵ月かけて緩やかに増加するようだ。しかし津山の干し肉は2日間干した牛肉であり、しかも酵素の活性が低い低温環境で作製する。このことから、津山の干し肉のおいしさの秘訣は、成分増加ではなく、成分凝縮や、食感の変化など味ではない部分との相乗効果である可能性がある。ただしこの研究は全体的に誤差が大きいため、一概に成分が変化していないとも言い切れないので、T検定を行う必要がある。

また実験に直接関係ないところで、我々は新たな発見をした。我々はサンプルの作製に際し、干し肉を採取するごとに干し肉を焼いて食し、味の変化を記録していた。



図8 調理中 (←生肉 干し肉→)

その時の写真が図8である。生肉の方が、圧倒的に水分の流出量が多いことがわかる。干すという行為が水分を飛ばす行為であることを考えると当然のことだが、この流出した水分にうまみ成分が凝縮されると仮定すると、この現象こそが干すことによる利益である。

10. 今後の展望

アミノ基の総量の比較については、ニンヒドリン水溶液を適切に運用し、データを取り直す。また、肉の個体差を減少させる方法を模索する。

焼いた際の水分流出に関しては、焼く前と焼いた後でイノシン酸含有量、ニンヒドリン反応後のルーヘマン紫の吸光度を比較し、値に差がないか調べる。同時に、前述の食感などといった、成分以外の領域で計測できるものがないか、模索していく。

これらの研究結果をよりおいしい干し肉作成のための方法改善に役立てていきたい。

11. 参考文献, 謝辞

- 1) 『絵で見る食品化学総合実験書』(農業図書)
- 2) 『プロのための肉料理専門書』(柴田書店)
- 3) 全国すり身協会 4) 中山精肉店 5) 幸屋精肉店 6) 山本精肉店 7) おおやま精肉店

水溶液の溶質が物性に及ぼす影響についての 基礎的研究

研究者 和田 美月, 大釜 友香, 坂本 愛莉, 下山 絢女, 久宗 未怜
指導者 貴志 貴

1. 研究の概要

表面張力と粘度の大きさを変える要因を探究するため、装置を自作し、直鎖の第一級アルコール類や塩類を用いて実験した。実験結果から、水溶液の表面張力は溶かした溶質の水分子との相互作用が強いほど表面張力が小さくなり、粘度は溶かした溶質の水分子との相互作用が強いほど粘度が大きくなることがわかった。

2. 序論

科学部のボランティアで、シャボン玉で遊ぶブースを担当し地域の子供たちと一緒にシャボン玉を作製したとき、シャボン液の配合の仕方、シャボン玉の強度が異なった。そこで、配合の仕方に注目してみると、大きく強いシャボン玉を作るにはシャボン液の表面張力と粘度が関係していると思われた。しかし、表面張力と粘度の大きさを変える要因について調べてみたがはっきりと分からなかった。よって、大きく強いシャボン玉を作製するために、まず表面張力と粘度の大きさを変える要因について解明しようと思った。

3. 研究内容

<実験方法>

表面張力の測定をするにあたって、プラスチックの容器などを用いて、デュヌイ表面張力計をモデルに装置を自作した(図1)。実験手順の模式図を図2に示す。まず測定する水溶液を一定量測りとして容器Aに入れ、カップB(ポリスチレン製)を水溶液につけた。次にカップBが液面から離れるまで、カップCに精製水を一滴ずつ加えた。カップCに加えた水の質量を測り、これを力 f [mN] に換算し、円環法の式①に代入し、表面張力を求めた。このとき、大気圧の影響を減らすためにカップBに小さな穴をあけておいた。今回の測定で使用した溶液は全て 2 mol/L とした。1-ブタノールは溶解度が低く、水のみでは 2 mol/L の水溶液を調製できなかったため、メタノールを少量加えて溶かした。

$$\gamma = f / 4\pi R \dots \textcircled{1}$$

γ : 表面張力 (mN/m)
 f : 加えた力 (mN)
 R : カップ B の半径 (m)



図1 自作した表面張力計

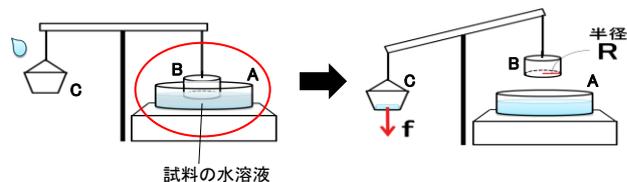


図2 実験の模式図

粘度の測定では、ガラス管やゴム管などを用いてオストワルド相対粘度計をモデルに装置を自作した(図3)。まず、測定する水溶液を一定量測りとして装置に入れ、ポンプで上の標線まで押し上げた。そのあとポンプから手を放し、水が下の標線まで流下する時間を計測した(図4)。そして溶液の密度と流下時間を用いて粘度に関する式②に代入し、粘度を求めた。

$$\eta / \eta_w = \rho t / \rho_w t_w$$

$\eta(w)$: 水溶液(水)の粘度 (mPa・s)
 $\rho(w)$: 水溶液(水)の密度 (g/cm³)
 $t(w)$: 水溶液(水)の流下時間 (s)



図3 自作した粘度計

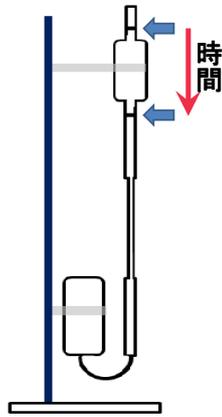


図4 実験の模式図

<結果と考察>

水の表面張力を1としたときの各水溶液の表面張力の比を図5に示す。

まず、アルコール類に注目すると、メタノール、エタノール、1-プロパノール、1-ブタノールを溶質とした水溶液には、相関があると考えた。これらの構造式を見てみると、疎水基となるメチレン基の数が変わっていることが分かる(図6)。これらについて横軸に1分子あたりのメチレン基の数をとると、疎水基の数が増えるごとに表面張力が下がることが分かり、直線的な相関が見られた(図7)。

つづいて、親水基であるヒドロキシ基(-OH)の数が異なるエタノールとエチレングリコール、1-プロパノールとグリセリンを溶質とした水溶液

をそれぞれ比べた。それぞれエチレングリコール、グリセリンの方が表面張力は下がりやすくなっていることが分かる。これは、親水基が多いほど、水との相互作用が強くなるためだと考えた。

同じように、水との相互作用が強いヨウ化カリウムなどの塩やグルコースなどの糖を溶質とした水溶液を見てみると、表面張力は下がりやすくなっていることがわかった(図8)。

これらのことから、溶質と水との相互作用が弱くなるほど、水溶液の表面張力は下がりやすく、強くなるほど、下がりやすくなることが分かった。液体の分子同士は、分子間力によって、お互いに引きつけ合っている。しかし、液面の分子はその周りに分子がないため、内側にしか引かれず、球のようになる。この作用が表面張力であり、水溶液では、液面付近の溶質分子と水との相互作用の大きさが水溶液の表面張力に大きな影響を与えることが実験的にも明らかにされた(図9)。

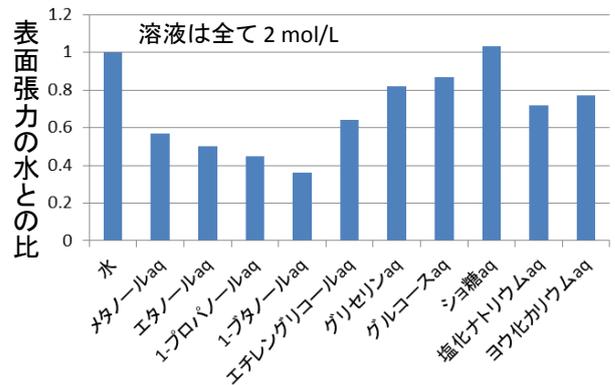


図5 各種水溶液の表面張力の測定結果

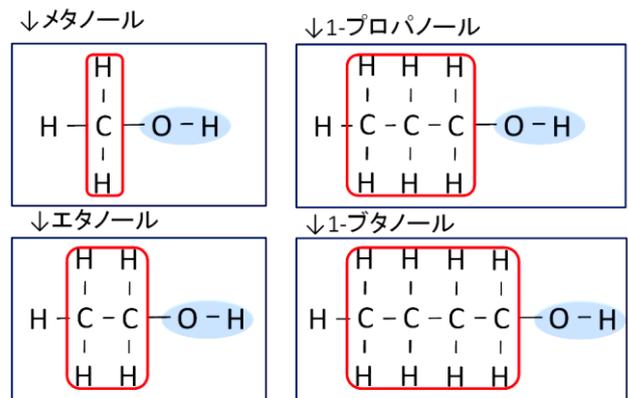


図5 用いたアルコール類の構造式

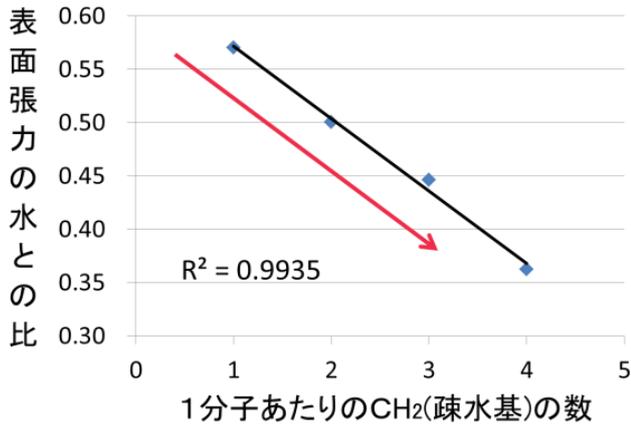


図7 直鎖の第一級アルコール類の表面張力のグラフ

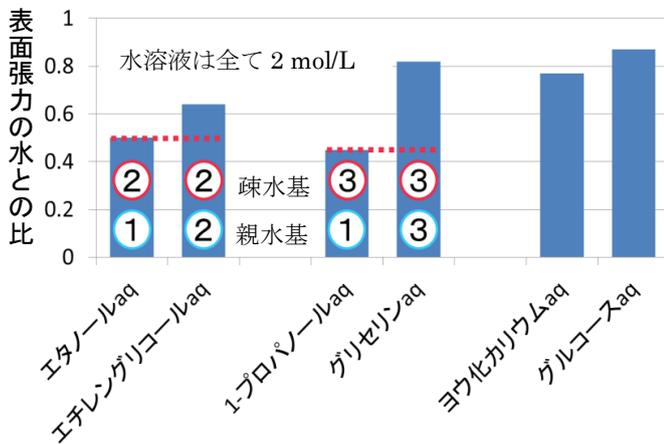


図8 親水基の数，糖類の表面張力のグラフ

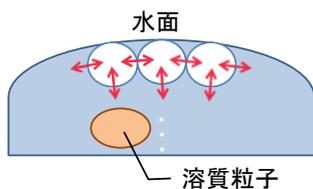


図9 水溶液における表面張力と溶質の関係

粘度の測定では、溶質粒子が水溶液の粘度に与える影響をみるため、「単位物質あたりの流下時間」を求めた。その値を、水を1として比を取った(図10)。

塩の陽イオンに着目すると、ナトリウムイオンを含む塩のほうがカリウムイオンを含む塩よりも水溶液の粘度を上げる傾向があることがわかった

(図11)。これは、ナトリウムイオンのほうが静電的に水分子を引き付ける力が強く、より多くの水分子を引き付けることで、大きなクラスターを作るので、自由な水分子がクラスターに妨げられ、全体として粘度が大きくなったためと考えた(図12)。

用いたアルコール4種で比較すると、メタノール、エタノール、1-プロパノールの間で相関が見られた。このことから、疎水基であるメチレン基の数が多きほど水の妨げとなるミセルが大きくなり、自由な水分子がミセルに邪魔されるので、水溶液の粘度は大きくなると考えた(図13, 14)。

2 mol/Lの1-ブタノール水溶液が相関から外れた理由として、1-ブタノールは溶解度が低く、作った水溶液はほぼ飽和状態だったため、自由な水分子が少なくなり、粘度がとても大きくなったと考えた。飽和状態でないようにするために1 mol/Lの水溶液で同様に実験してみると、1-ブタノールまで直線的な相関に含まれた。また、グルコースやシヨ糖も2 mol/Lでは飽和状態にかなり近く、そういった水溶液はすべて水の何倍も単位物質あたりの流下時間が大きいことがわかった(図15)。

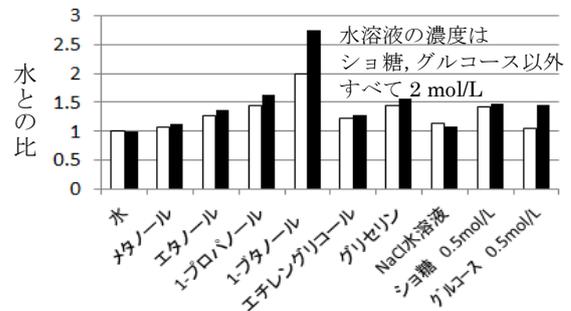


図10 各水溶液の粘度(□)と単位物質あたりの流下時間(■)の水との比

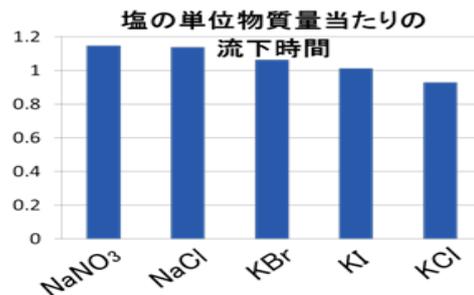


図11 塩5種類の水溶液の粘性に関するグラフ

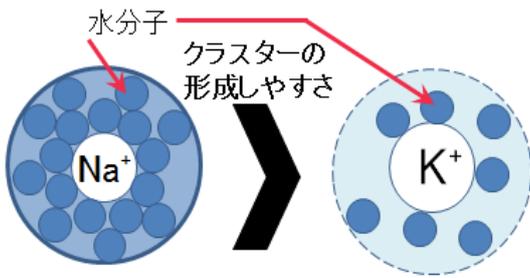


図 1 2 クラスターの大きさの考察

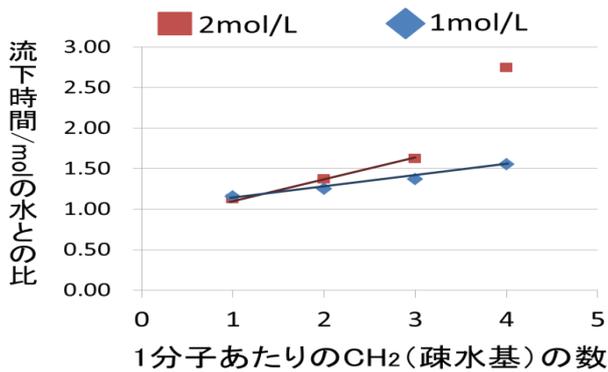


図 1 3 直鎖の第一級アルコール 4 種のグラフ

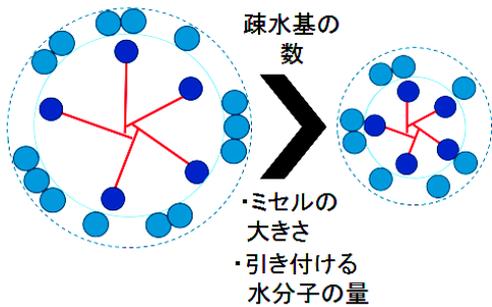


図 1 4 ミセルの大きさの考察

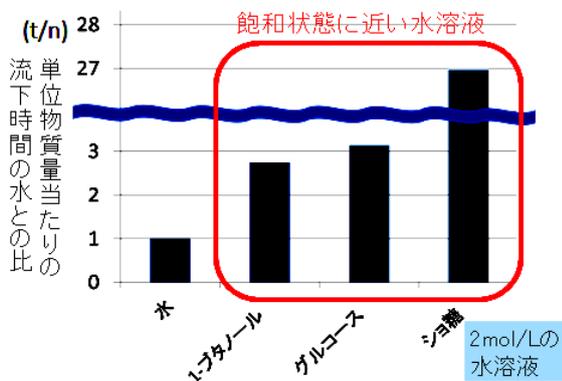


図 1 5 飽和状態に近い水溶液の流下時間

5. 結論

表面張力と粘度が異なる 3 つの溶液にポンプで空気を送り込み、泡立たせた。1-ブタノールの泡がきめ細かく、多かった (図 1 6)。泡のきめ細かさは泡の消えにくさにつながると考えられるため、表面張力と粘度の大きさが、泡の消えにくさに大きく影響することが確認できた。今回の実験では、モル濃度を 2 mol にして測定したのみだったので、今後は濃度を変えて実験したり、発展として、泡のでき方と表面張力、粘度との関係性を深く考察していく。



図 1 6 液体の物性と泡のでき方の違い

個体の密度が行動に与える影響について

研究者 志茂 暉月 稲岡 慧太 戸田 遥香

指導者 國定 義憲

1. 研究の概要

ゼブラフィッシュの水槽内の個体数の増加に伴い、活動量が減少する個体が観察された。そこで、水槽内の個体群密度がゼブラフィッシュの行動を変化させていると考えて、研究をおこなった。個体群密度の増加に伴い停止時間が増加する傾向が見られた。

2. 序論

オヤニラミは縄張り意識の強い魚だが、複数匹になるとその場にとどまり絵のように動けなくなる行動をとることを知人の話で知った。私達はその行動に疑問を持ち、個体群密度に着目してその行動の解明を目指した。

3. 実験内容

【実験①】

オヤニラミの代わりに、入手が容易なモデル生物であるゼブラフィッシュを用いて、実際に活動量の減少が見られるかを確かめるために行った。

〈目的〉

個体数と攻撃性の変化の関係性をみる。

〈仮説〉

攻撃性が個体数の増加に伴って低下する。

〈実験方法〉

1匹から12匹まで一匹ずつ水槽内の個体数を増やしていく。周りからの影響を抑えるため、実験水槽を囲いで囲む。

〈結果〉

実験水槽内の個体数が2匹の時には後から入れた個体を攻撃する様子が観察されたが、

時間の経過と共に攻撃の頻度は低下し、それ以降は個体数を増やしても、攻撃性に大きな変化は生じないという事が確認された。

しかし、各個体に注目すると活動量自体低下する様子が観察された。

〈考察〉

この予備実験において、全体的に各個体の行動が活発な様子が観察された。しかし私たちは、ゼブラフィッシュを実験水槽に移した直後に動画の撮影を行ったため、その行動の様子はゼブラフィッシュが新しい環境に慣れていなかった為に生じた差異であると考えられる。

この実験で観察された行動の変化はゼブラフィッシュが天敵と長時間過ごすようなストレスのかかる状況で見られるうつ行動

と似ていたため、このような行動をうつ様行動と呼ぶことにした。

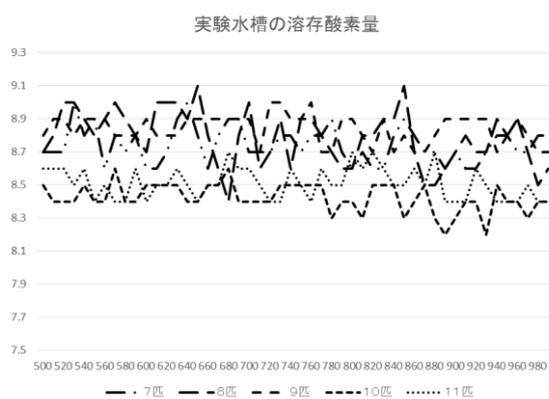
【実験②】

実験を行う上で溶存酸素量による魚の行動への影響が考えられる。そこで各個体群における溶存酸素量の変化を確認した。

〈目的〉 個体数の増加にともなう溶存酸素量の変化を確認する。

〈方法〉 7～11匹を入れたそれぞれの実験水槽において溶存酸素計を用いて計測を行った。

〈結果〉 計測の結果をグラフに示した。各個体群における溶存酸素量の変化はほぼ見られず、長時間の計測後も同様に一定であった。溶存酸素量にはほとんど変化が見られなかったため、下のグラフには計測開始後500秒～1000秒のものを示している。



【実験③】

実験①から八匹の時から活動量が減るようすが見られたため、七匹から一匹ずつ増や

していき、平均停止時間の変化を観察する

〈目的〉

個体群密度と行動の変化を観察する。

〈仮説〉

実験①から2Lの水槽内にゼブラフィッシュが8匹いるときから活動量が減る様子が見られたため、7匹の時はうつ様行動を起さず8匹の時からうつ様行動を示し、個体数が増えるごとに徐々に停止時間が増える。

〈実験方法〉

1 ゼブラフィッシュの飼育は60cm水槽で行った。飼育水槽から7～11匹をランダムに取り出し実験水槽に入れて実験をした。実験室内に人が入らないようにしたうえで、水槽の様子をビデオカメラで撮影した。

2 ゼブラフィッシュの個体数を変え、個体数の変化と停止時間の関係を見る。撮影した映像は実験開始後20分から10分間を使用した。

3 得られた動画を用いて各個体の停止時間をストップウォッチで計測した。水槽の底で停滞して動かなくなっている状態を停止時間とした。

・ 餌：一匹当たり0.005gになる量を計算して与えた。

・ 撮影時間：17:00以降

・ 水替え 毎日1/10（休日は除く）

・ 温度：20℃ 一定

〈実験器具〉

実験水槽 12.0×19.5×13.3 カメラ 三脚
ストップウォッチ

囲い（裏表紙にカラー有り）



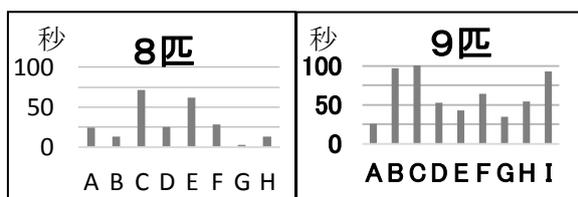
【実験の様子】

〈結果〉

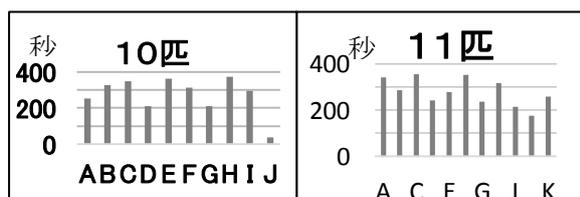
個体数が増え個体群密度が高くなると、水槽の底へ停滞する個体が増加する傾向が見られた。



7匹水槽についてはほとんど停滞している様子は観察されなかった。

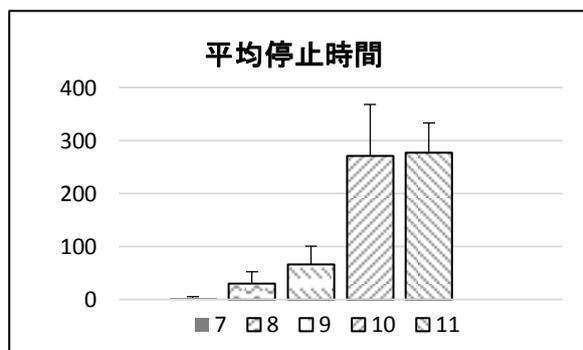


8匹水槽、9匹水槽では個体数が増えるにつれて、停滞時間の増加傾向も見られたが、ほとんどの個体で停滞時間が100秒を超えていないことが観察された。



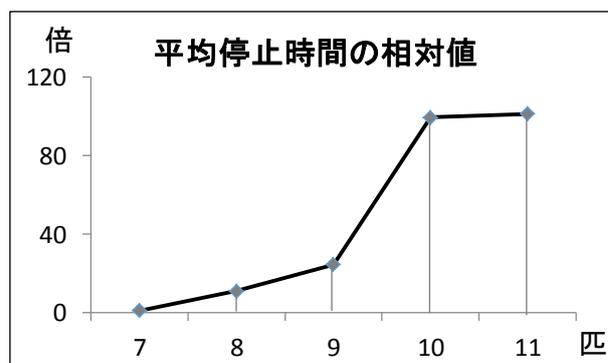
しかし、9から10匹水槽にかけて平均停

止時間はおよそ4倍に増加し、10～11匹にかけてはあまり変化が見られなかったことからこの個体群密度の間には何らかの大きな要因があることが考えられる。



個体数	7	8	9	10	11
平均停止時間	2.7	30	66.9	272.4	277.5

各個体数の水槽の平均停止時間を見ると、7匹から9匹の間では徐々に停止時間が増加しているのに対し、9匹から10匹のあいだは急激な増加が見られた。また、10匹から11匹の間の変化はほとんどない。実験水槽の個体数が7匹の時うつ様行動が見られなかったため、うつ様行動を示さない最大の個体数であると考えた。そこで7匹水槽の平均停止時間を基準とすると、8匹水槽は約11倍、9匹水槽は約24倍、10匹水槽は約99倍、11匹は101倍になっている。



個体数	7	8	9	10	11
平均停止時間の相対値	1	11.1	24.4	99.4	101

平均停止時間の相対値の増加が9匹までは比例する様に増えているのに対して、9匹から10匹までには約4倍になっている。また、10匹から11匹までにはあまり増加していない。

4. 考察

実験水槽内の個体数が9匹から10匹になったときに急激な平均停止時間の増加が現れたことから、1匹当たりの占める水の量が222mL以下になったときうつ様行動をすべての個体が起こすようになったと考えられる。

7匹～9匹水槽にかけて停止時間は徐々に増加している。この変化は個体数の増加に起因していることが考えられる。9匹水槽と10匹水槽を比較すると停止時間は10匹水槽で大きく増加しており、個体密度の増加によってゼブラフィッシュに加わるストレスが限界を超えたためであると考えられる。10匹水槽と11匹水槽で停止時間に大きな変化が見られなかったのは、ゼブラフィッシュに加わるストレスが10匹水槽の時に限界を超えたためであると考えられる。

5. 展望

この研究を深めより詳細なデータを得て、人間のパーソナルスペースの傾向を掴む基礎研究を目指し、以下の実験をしていきたい。

- i) 今回の実験で、大きく変化が起こる前の2L中に9匹入れた水槽を基準とし、そこから40mLずつ水を抜いていき一匹当たりに必要な水量を正確に調べる。
- ii) 9匹を18匹、2Lを4Lに変えた時の行動の変化を観察し、行動に変化の現れる個体数をより正確に求める。

今回観察された行動の変化は、避難所で生活する人々のパーソナルスペースについて考えていく上で基礎的な研究に成り得るのではなかろうか。しかし、この問題について言及をしていくためには今回の実験では不十分であり、今後の課題としてマウスを用いる等の、より人間に近い動物を用いた実験が必要であろう。

6. 参考文献

動物の争いでいつ降参するかを決める神経回路—手綱核-脚間核神経回路が争いの優劣を決めるメカニズムに関与—(理化学研究所)

果実成分のうつ様症状の改善効果について～香気成分について～ (美作大学 栗脇淳一)

モジホコリカビの走性に関する研究 —アデノシン受容体に注目して—

研究者 西田 一葉 安東 咲里 片山 葉月 岸田 萌花 延原 愛
指導者 宮脇 良太 國府島 将平

1. 研究の概要

本研究では、モジホコリカビにおいてアデノシン受容体が存在しているという仮説を立てた。実験の結果、モジホコリカビにはアデノシン受容体が存在すると考えられ、リガンドに対して正の走性を示した。また、カフェインはアデノシン受容体に対して競争的阻害を行うと確認された。

2. 目的

モジホコリカビにはアデノシン受容体が存在し、リガンドに対して正の走性を示すという仮説と、カフェインはアデノシン受容体に対して阻害作用を持つという仮説を立証する。

3. 研究方法

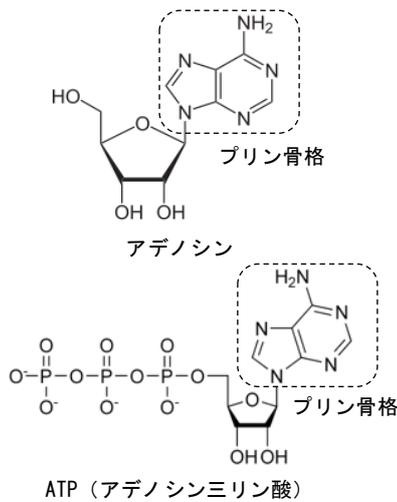
実験 1

[目的]

モジホコリカビにおけるアデノシン受容体の有無を確認する。

[仮説]

モジホコリカビにはアデノシン受容体が存在し、アデノシンと同様にプリン骨格を持つ ATP に対して正の走性を示す。



[実験手順]

① 2%寒天培地に、滅菌したろ紙を置き、

精製水で湿らせ、この上で粘菌を培養させた(培地1とする)。

② 2%寒天培地シャーレの直径と中心に油性ペンで印を付けた(培地2とする)。

③ ATP 溶液 20 μ L を培地2に滴下し、印を目安に図1のようにコンラージ棒で塗り広げた。なお、ATP 溶液は Kowa アデホス-L を 1 nmol/L, 19700 nmol/L に調整したものをを用いた。

④ 培地1の粘菌の変形体先端部分(図1)をろ紙ごと切り取り、培地2の中央に配置した(図2)。

⑤ 培地2で粘菌を 19 $^{\circ}$ C で培養した。15時間後、培地2全体が写るように写真を撮影し、写真用紙に印刷した。写真の中の粘菌が占める領域を切り取り、重さを測定した。重さを元に、培地全体のうち ATP 領域に存在している粘菌の割合を(図2)の式を用いて算出した。

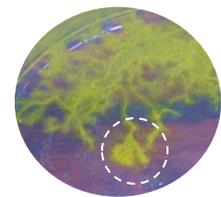
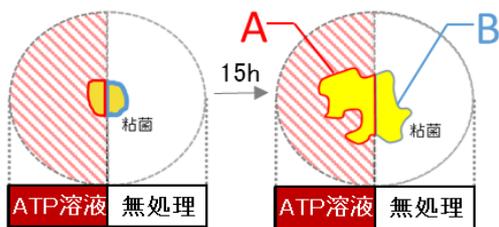


図1(巻末に写真あり)



$$(\text{粘菌の ATP 領域占有面積の割合}) = \frac{A}{A+B} \times 100$$

A : ATP 領域内のモジホコリカビ

B : 無処理領域内のモジホコリカビ

図 2

[結果] (巻末に写真あり)

ATP 領域に占める粘菌面積の割合(平均値)が上昇した(図 3)。これは、シャーレ中央に置いた粘菌が ATP 領域へ移動したといえる。よって、モジホコリカビは ATP 領域に対して正の走性を示した。

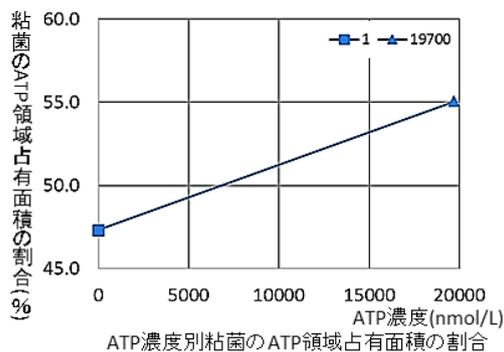


図 3

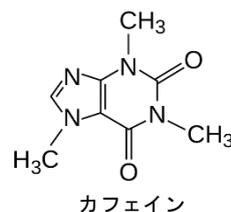
[考察]

モジホコリカビには、プリン骨格を受容するアデノシン受容体が存在し、ATP がリガンドとして結合すると考えられる。リガンドの結合が誘因のシグナルとなり、モジホコリカビは ATP に対して正の走性を示したと考えられる。

実験 2 (1)

[目的]

カフェインがアデノシン受容体に対して阻害作用を持つことを確認する。



[仮説]

モジホコリカビは、ATP とカフェインの混合溶液(ATP・カフェイン溶液とする)領域よりも ATP 領域に対して正の走性を示す。

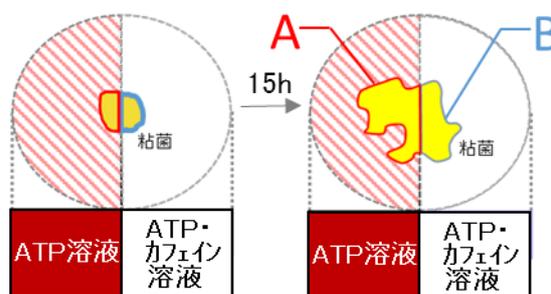
[実験手順]

- ①実験 1 と同様に 1nmol/L, 19700nmol/L の ATP 溶液を作成する。
- ②ATP・カフェイン溶液の濃度を 2 種類作る。(表 1)

表 1 測定に用いた ATP・カフェインの組成

No	ATP (nmol/L)	カフェイン (mol/L)
1	1	0.05
2	1	0.10

- ③実験 1 と同様に粘菌の反応を測定する。ただし作成した培地や移動した粘菌の割合を算出するための式は図 2 を用いた。



$$(\text{粘菌のカフェイン領域占有面積の割合}) = \frac{B}{A+B} \times 100$$

A : ATP 領域内のモジホコリカビ

B : カフェイン・ATP 混合溶液のモジホコリカビ

図 4

[結果] (巻末に写真あり)

カフェイン領域に占める粘菌面積の割合が低下した(図5)。これは、シャーレ中央に置いた粘菌がカフェイン領域から ATP 領域へ移動したと考えられる。

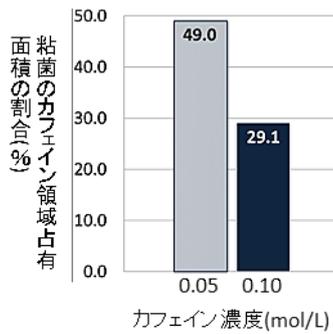


図5

[考察]

ATP 領域への粘菌の移動は、受容体へのリガンド結合の頻度がより高い方向への移動であると考えられる。この現象から、カフェインはアデノシン受容体に対して阻害作用があると推測される。ATP・カフェイン領域のアデノシン受容体はカフェインによりリガンド結合を阻害されているため、誘因シグナルが小さくなり、大きな誘因シグナルが発生している ATP 領域側へ移動したと考えられる。

実験2(2)

実験1, 2(1)より、モジホコリカビにアデノシン受容体が存在し、カフェインが阻害的に結合していることがわかった。そこで、酵素の阻害様式を応用させてカフェインの阻害様式を推測しようと試みた。カフェインが競争的に阻害するならば、リガンド濃度の上昇に伴い阻害効果の差は低下し、非競争的に阻害するならば、リガンド濃度の上昇に関わらず阻害効果は一定となる。

[目的]

カフェインの阻害様式を確認する。

[仮説]

カフェインはプリン骨格に類似した構造をもつため、競争的阻害を行う。

[方法]

- ① 1 nmol/L, 100nmol/L, 19700nmol/L の ATP 溶液を作成する。
- ② ATP・カフェイン混合溶液の濃度を6種類作る。(表2)

表2 測定に用いたATP・カフェインの組成

No	ATP (nmol/L)	カフェイン (mol/L)
1	1	
2	100	0.05
3	19700	
4	1	
5	100	0.10
6	19700	

[結果] (巻末に写真あり)

ATP 濃度の上昇に伴い、カフェイン領域に占める粘菌の面積の割合(阻害効果)が減少した(図6)。

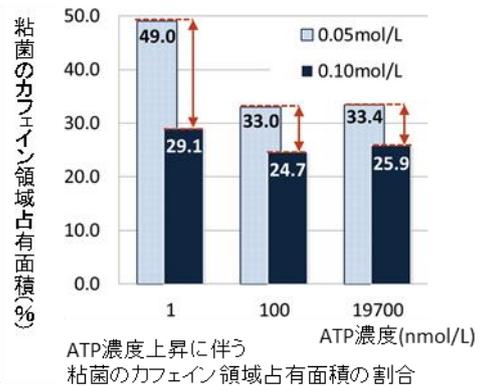


図6

また、ATP 濃度が同じとき、カフェイン濃度の違いによって阻害効果に差が生じて

おり、この差がATP濃度の上昇によって低下した(図7)。これは競争的阻害の特徴であるため、カフェインはアデノシン受容体に対して競争的阻害をしていると考えられる。

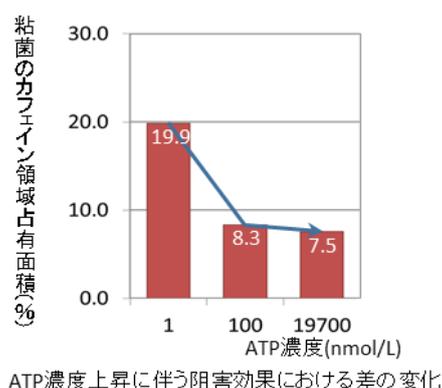


図7

[考察]

ATP濃度上昇に伴い、異なる濃度間での阻害効果の差が減少した。これは競争的阻害の特徴である。カフェインはアデノシン受容体のリガンド結合部位に結合して阻害をする競争的阻害であると推測される。

4. 結論

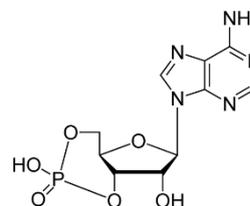
本研究によって以下のことが推測される。

モジホコリカビにはATPのようなプリン骨格を受容するアデノシン受容体が存在する。アデノシン受容体にリガンドが結合すると誘因シグナルが発生する。つまり、モジホコリカビはリガンドとして作用する物質に対して正の走性を示す。さらにカフェインは、アデノシン受容体のリガンドに対して競争的阻害を示す。

モジホコリカビと同様に、細胞が集合して集合体としてふるまう現象がみられるキイロタマホコリカビにはアデノシン受容体の存在が報告されている。アデノシン受容

体は細胞体が飢餓状態で放出する *c* AMP(ATPと同様にプリン骨格を持つ)をリガンドとしており、リガンド結合によって誘因シグナルが発生する。また、哺乳類がカフェインを接種すると、中枢神経のアデノシン受容体に対して競争的阻害をすることも報告されている。

以上の報告からモジホコリカビにはアデノシン受容体が存在し、リガンドに対して正の走性を示し、カフェインはアデノシン受容体に対して競争的阻害作用を持つ可能性が高いと考えられる。



c AMP (環状アデノシン一リン酸)

5. 今後の課題・展望

実験2(2)を継続して実施し、阻害効果を詳細に明らかにする必要がある。また、リガンドとして結合して正の走性を示す物質と、阻害剤として作用する物質の構造の特徴を明らかにし、アデノシン受容体の構造を明らかにしたい。このような研究を通じて粘菌の走性を解明することで、粘菌のバイオセンサーとしての利用が期待される。

6. 参考文献・URL

- ・「アルカロイドに対する粘菌の走性について」(H27年度 本校課題研究)
- ・
<http://www.fbs.osaka-u.ac.jp/labs/ueda/dicty.html> (大阪大学大学院理学研究科・1分子生物学研究)

広戸風と地形の関係性

研究者 日野田圭祐 高橋彰人 早瀬大貴 福田悠佑 近藤葵
指導者 福田良輔 坪井民夫

1. 概要

岡山・鳥取県境にある那岐山南側山麓（奈義・勝北・勝央）付近で発生する広戸風という地域特有のおろし風について研究し、地形と風の特徴からその発生メカニズムの解明を目指し模型実験を行い、気象庁の観測データの解析を通してメカニズムを考察した。

2. 研究目的

広戸風の発生メカニズムを解明することで、広戸風予報につなげ、地元で猛威を振るう広戸風の人的被害を軽減する。

広戸風とは

岡山・鳥取県境にある那岐山（1240m）の南側山麓に位置する奈義町・旧勝北町・勝央町付近に吹く局地的な風であり、日本三大悪風（広戸風・清川だし・やまじ風）の1つである。

台風が紀伊半島付近を通過する際に、鳥取平野で収束した風が、那岐連山を越えて吹き下ろす風で、風向は北寄り、最大瞬間風速は50m/sを超え、建造物・農作物に甚大な被害を出す。

安定層とは

広戸風の研究を行う前に先行研究を調査した。その中で「安定層」という言葉がどの論文にも記載されていた。そこでこの研究における安定層を我々で定義した。台風の空気は暖かく台風周辺が温暖な空気に覆われる、このとき台風は強い引き込む力をもっていて、大陸付近の冷たい空気が温暖な空気の下に引き込まれて地上付近と上空の空気に温度差が発生することでできる境界であると考えた。

(図1, 図2)



図1

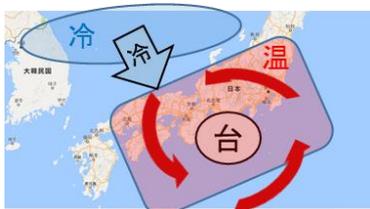


図2

3. 調査

研究と同時進行で広戸風の実態調査のため、過去38年の全台風の気象庁データ収集・分析、独自アンケートの実施・分析を以下の分野で行った。

1. 台風進路と発生の関係性

台風が紀伊半島付近を通過する際に発生（図3）



2. 被害発生地域と周辺地域の発生時風速差

広戸風発生時奈義では津山などの周辺地域に比べ2～4倍の風速となっていた（図4, 図5）

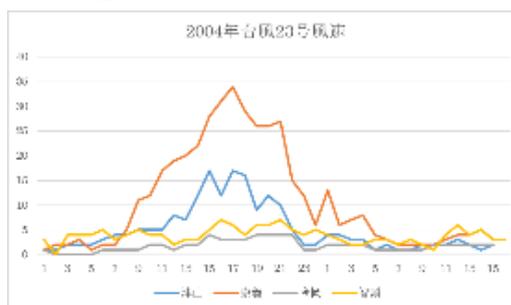


図4

3. 発生時の気温変化調べたうちの1つだけ広戸風の発生

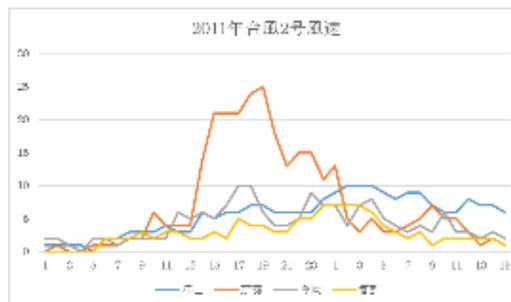


図5

した時間帯に気温が大幅に下がったものがあったが、それ以外では特に大きな気温の変化は見られなかった。

(図6, 図7)

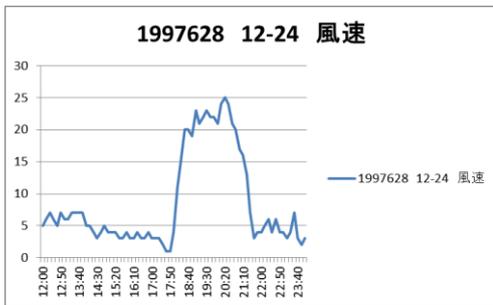


図6

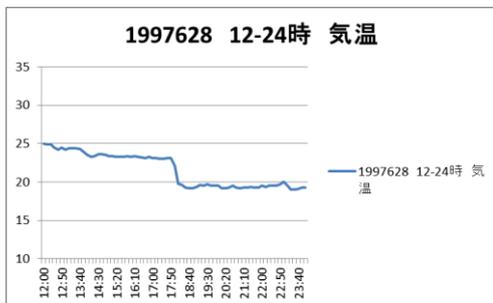


図7

4. 発生時の降水の有無

雨が降っているものもあれば降っていないものもあり、他の観測地と比べてところ智頭の方が多く降っている事が多いが降水量は同じように変動していた。(図8)

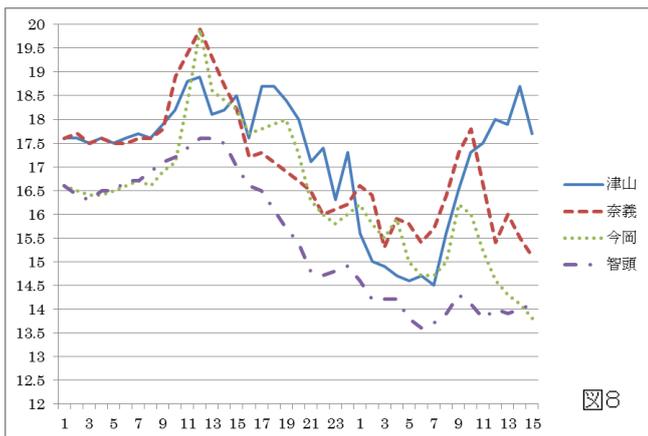


図8

5. アンケートによる発生地域の特定

過去の被害状況・台風10・16・18号接近時における発生状況を本校生徒対象（奈義・勝央・勝北・美作・津山・久米南・美咲・英田）にアンケートを行い強風の発生状況などを調査した。

気象庁のデータを元に風の指標を作製し使用した。

- ・主に奈義・勝央・勝北地域で発生している
- ・一般的に認識されている範囲とほぼ同じ (図9)



図9

4. 実験

風洞実験で使用する模型・実験装置を作製する。

送風装置：実験で用いる空気の流れを整ったものにするため、送風装置を自作した。

模型：岡山県北部・鳥取県の模型を作製。

空気による安定層の再現ができなかったため実験ではアクリル板を用いた。

可視化：先行研究はCO₂(ドライアイス)を用いて実験していたが、CO₂は空気よりも重たいため、おろし風でなくても、地形に沿って空気が流れているように見える。そのため実験に信憑性を持たせるため、CO₂でない気体、気化させたエチレングリコールを用いた。

実験 1

～安定層の高さと風の強さによる風の流れの関係～

論文中の「安定層」の高さが不明。那岐山上空の安定層の高さによっておろし風の発生に影響がある。

目的：安定層と風速の関係性を発見する

仮説：広戸風の発生には安定層の高さ・風速が関係している

実験方法

模型にアクリル板で再現した安定層を設置し、スモークマシンの煙を模型に溜めた後、ブローアの風を送風機を通して模型に流した。

その際安定層の高さを4段階、風の強さを3段階の計12通りの実験を行った。

実験結果

風速/安定層	28cm	30cm
弱	巻いていた	巻いていた
中	巻いていた	巻いていた 那岐山の両側から 回り込んでいた
強	煙が残った	残った煙が 上に吸い込まれた

風速/安定層	32cm	34cm
弱	残った煙が 上に吸い込まれた	残った煙が 上に吸い込まれた
中	残った煙が 上に吸い込まれた	残った煙が 上に吸い込まれた
強	那岐山の両側から 回りこんでいた	初めだけ吹き降ろした

- ・安定層の高さによって煙が巻き返しの有無が見られた。
- ・煙が山の南側にたまった後に、上に吸い込まれて徐々に薄くなっていった。

考察

- ・煙の流れが安定層にぶつかって巻き返している。
- ・安定層が低い時は山頂から安定層までの距離が近いため、風の流れに変化が出たと思われる。
- ・風速が強くなるほど那岐山の南側に煙が残りやすい。

実験 2

～地形の変化による風の流れの変化～

先行研究では鳥取平野の形状が発生に大きく関係している記載、本当に関係しているのか確認する。

目的：架空の地形では発生しないことを確認する

仮説：鳥取平野が無い場合広戸風は発生しない

実験方法

実験 1 と同様に実験を行った。

その際模型 5 種で安定層の高さ、風の強さ 3 段階の計 45 通りの実験を行った。

使用模型

実験をするにあたり、5 種類の模型を作製した。

模型 1~4 は広戸風が発生しないと思われる地形、模型 5 は実際と同じ地形、つまり発生すると思われる地形とした。

模型 1

一般的に鳥取平野が風を収束することが広戸風発生の一因であると言われているため、逆三角形の平野部が無く常に緩やかな傾斜の模型を作製した。

模型 2

山までは常に平坦で逆三角形の平野も無く、山も少し低めにした。

模型 3

本来は逆三角形上の平野で収束するため、逆に山に向かって広がるような平野部にした。

模型 4

平野部は逆三角形だがその平野部にもう 1 つ山を作り二つの山が連続するようにした。

実験結果

模型1	低	中	高
弱	特になし	特になし	特になし
中	煙が残った巻き返した	煙が残った巻き返した	特になし
強	煙が残った巻き返した	煙が残った巻き返した	煙が残った巻き返した

模型2	低	中	高
弱	煙が残った巻き返した	山肌と煙の間に隙間ができる	山を越えた後巻き返した
中	煙が残った巻き返した	山を越えた後安定層に沿って流れた	山肌と煙の間に隙間ができる
強	特になし	少し山に沿って流れた	特になし

模型3	低	中	高
弱	煙が残った	巻き返した	巻き返した
中	拡散しつつ吹き降ろした	吹き降ろした	巻き返した(弱より低い位置で)
強	巻き返した	吹き降ろした	特になし

模型4	低	中	高
弱	山肌から離れて煙が流れた	拡散するのが早い	巻き返した
中	山肌に沿って煙が流れた	拡散するのが早い	特になし
強	特になし	山頂を越えた後煙が拡散した	特になし

実験 3

～那岐山両側の谷の存在と発生の関係性～

地図にて那岐山の東西に谷があることを発見、谷の存在が広戸風に影響する(図 10)

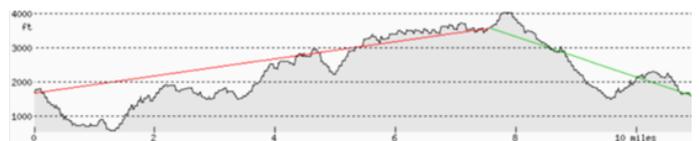


図10

実験 1 同様の区域の模型を制作し谷を粘土で埋める・埋めない(谷有・無)で実験をする。

目的：那岐山両側の谷の存在と発生の関係性の確認

仮説：谷と広戸風は関係ない

実験方法

紙で図のように山と谷を作り、山に糸を付けたピンを立てた状態で風を 3 か所から送り、安定層の有無・高さ・風の強弱を変え糸の動きで風の流れを観察した。

この実験での風は鳥取平野を通過し既に収束している風であるとした。

実験結果

谷への風を止め中央のみ送ったところ、3か所すべてから送った時に比べ山の南側の風は弱まった。

谷の2か所のみ風を流したところ、糸が谷の方（東西方向）へとなびいた。

考察

広戸風発生の一因として谷の存在が関係している可能性があると思われる。

5. 結論

実験1より安定層の高さにより南側の風の流れに変化が見られたため、やはり安定層が広戸風に関係していると思われる。

実験2より明確に吹き降ろしたものはなかったため、この実験にない条件も関係していると考えられる。また表において吹き降ろしたとあるが、煙が風の吹く前に流れ出た可能性が高い。

実験3よりこれまで考えていなかった谷の存在が関係している可能性がある。しかし今回の実験だけでは詳しい原因まではわからなかった。

6. 参考文献

那岐山における観測からみたおろし風(広戸風)の発生条件 中村みゆき

2004年台風23号による局地風「広戸風」の大規模発生の強風解析 大塚清敏 川口彰久

広戸風(岡山県の局地風)に伴うロール雲 佐橋謙

大気境界層の気象変化 東海支部 関谷不二夫

Tom Bradbury

A Look at Temperature Inversion

Sailplane & Gliding Dec. 1989/Jan. 1990

トム・ブラッバリー

甲府盆地周縁部に見られる帯状の雲の発生条件 安江裕太 菅原しずか 廣瀬奏絵

本校広戸風先行研究 (H23. 24. 25. 26)

台風学入門 最新データによる傾向と対策 村山貢司

謎解き・海洋と大気の物理地球規模でおきる「流れ」のしくみ 保坂直紀

身近な気象の辞典 新田尚(監修)

図解・台風の科学 発生・発達の仕組みから地球温暖化の影響まで 上野充

新ルート岡山の山百選 福田明夫(編集)

局地風のいろいろ(気象ブックス) 荒川正一

風はなぜ吹くのか、どこからやってくるのか(BERTE SCIENCE) 杉本憲彦

雲の図鑑(ベスト新書) 岩槻秀明

雲のカタログ 空がわかる全種分類図鑑 村井昭夫

いちばんやさしい天気と気象の事典 武田康男

雲の中では何が起きているのか 雲をつかもうとしている話 荒木健太郎

竜巻のふしぎ 地上最強の気象現象を探る 森田正光

やさしい山のお天気教室 粟沢徹

気象庁 <http://www.jma.go.jp/index.html>

その他 多数

7. 謝辞

中部大学客員教授 福田良輔

津山高専科学部 花房拓豊

本研究に協力して下さった皆様に心より感謝を申し上げます。

津山海消滅過程についての研究 ～自作の無定位磁力計を用いた古地磁気測定～

研究者 戸田悠貴 加納哲 三宅康太 青山穂高 指導者 山本隆史

1. 概要

私達は津山の海（以後、津山海と呼称）が消滅した過程を解明するために研究をしている。私達は先行研究の文献調査から仮説を設定し、玄武岩岩脈の露頭調査や玄武岩の古地磁気測定を自作の無定位磁力計で行い、津山海消滅の過程を明らかにしようとした。

2. 序論

1600 万年前頃の津山市は海であったこと（図 1）が知られているが、現在では陸地となっている。私達は津山海がなぜ消滅したのか疑問に思い、この研究を始めた。津山海消滅の過程については、「津山北部の山地（以後、脊梁山脈と呼称）が隆起したことで日本海と津山海が分断され、海水が消失し、津山海が消滅した」という説がある。私達はこの説に基づいて先行研究調査を行った。

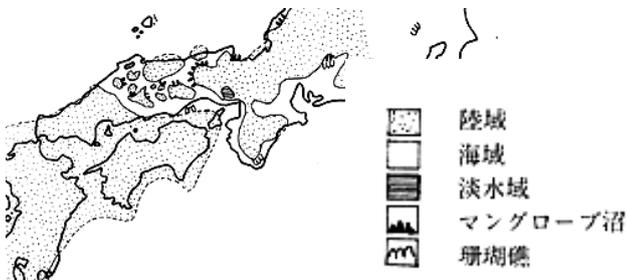


図 1 中新世中期の古地理図（糸魚川，1986）

3. 仮説設定のための調査

<目的>

私達は津山海が消滅した原因を脊梁山脈の隆起により、日本海と津山海が分断され、海水が消失したとして先行研究調査を行った。

① 脊梁山脈の隆起について

河合（1957）によると津山北部に美作衝上断層（図 2）があるが、断層面の傾斜角が 45° 以上の箇所があることから、脊梁山脈は、逆断層（図 3）によって隆起したと考えられる。



図 2 美作衝上断層

また、山路（2010）には、東北日本では、日本海拡大時の南北に伸張する力によって正断層が日本海側に形成されたと記載されている。私たちはこの正断層形成が津山北部でも起こっており、図 2 の逆断層はこの正断層面を利用して隆起したと考えた。



図 3 逆断層解説（気象庁ホームページから引用）

② 津山と他地域の新第三紀層の共通点

日本地方地質誌 6 中国地方によると、1200～400 万年前に、フィリピン海プレートの沈み込みによって西南日本の各地で火山活動があったとされている。また、西南日本の 9 つの地域（長崎県長崎市神浦地域、長崎県五島市富江地域、福岡県福岡地域、山口県長門市仙崎地域、山口県萩市須佐地域、島根半島、丹後半島、北松浦半島、兵庫県養父市妙見山）の新第三紀層または新第三紀層のある地域に 1200～400 万年前に形成された南北走向の玄武岩岩脈の記載があった（図 4）。また、本校の先行研究でも津山市皿地区皿川の新第三紀層に沸石が見られる玄武岩岩脈を発見している。



図 4 西南日本各地の玄武岩岩脈

また、岩脈は形成時の圧縮方向と平行に形成される。これらのことから、西南日本各地の玄武岩岩脈と津山市皿川の玄武岩岩脈は新第三紀層を貫く共通点があり、同時期に同方向の圧縮でこれらの岩脈が形成されたと考えた。また、この圧縮は脊梁山脈を隆起させた圧縮と同じと考えた。

③ 隆起と関連のある日本列島の形成過程

堤（2015）によると日本列島は3000万年前から観音開きに動き、1500万年前には移動が終了した（図5）。したがって、これ以降日本列島の位置はほぼ変化していない。この移動終了はフィリピン海プレートの南北圧縮があったためと考えた。また、日本地方地質誌6中国地方によると1200~400万年前にフィリピン海プレートの影響による火山活動があったとの記載があり、その活動のさなか西南日本の南北方向の圧縮が卓越した。私達はこの圧縮はフィリピン海プレートによるもので、脊梁山脈を隆起させ、また、同時期に皿川玄武岩岩脈を形成させたのではないかと考えた。

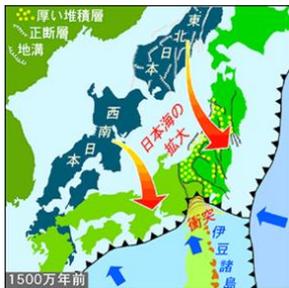
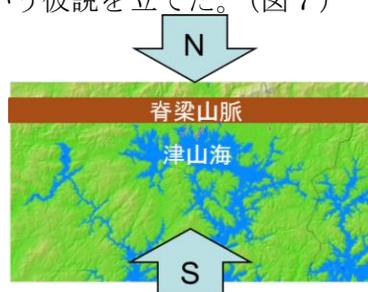


図5 日本列島及び日本海形成イメージ図（気象庁ホームページより引用）

4. 仮説

仮説設定のための調査から、私たちは『日本列島形成終了後、1200~400万年前のフィリピン海プレートによる南北圧縮で皿川玄武岩岩脈が形成されたのと同時期に、津山北部の脊梁山脈が逆断層で隆起し、日本海と津山海の分断が起こり、日本海から津山海への海水の流入が止まり、海水が消失して津山海が消滅した。』という仮説を立てた。（図7）

図7 仮説イメージ図



5. 研究Ⅰ 玄武岩岩脈の露頭調査

<目的>

未調査である皿川の玄武岩岩脈の露頭調査と採取をする。

<方法>

津山市皿地区皿川の玄武岩岩脈の位置を調べ、露頭調査を4か所で行い、クリノメーターで各地点の走向を測り、玄武岩の採取を行う。

<結果>

位置は北緯 35.0374°，東経 133.9668° であった。また、走向は平均で N 2° E であった。すなわちほぼ南北走向と考えられる。（図8）

図8 皿川玄武岩岩脈



6. 研究Ⅱ 無定位磁力計の製作と装置の誤差測定

<目的>

皿川玄武岩岩脈の残留磁気の磁北が現在の磁北と一致すれば、現在の位置で岩脈が形成されたことと、形成時に南北圧縮があったことが分かる。そこで、残留磁気を測定するために無定位磁力計を自作し、誤差を測定する。

① 無定位磁力計の製作

図9のように磁石と鏡をアルミパイプに取り付けた装置を製作する（図10）。また、渦電流を防ぐために、銅版を巻いたプラスチック製の保護管を作る。

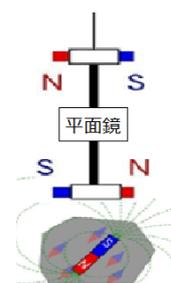


図9 無定位磁力計イメージ

図10 自作した無定位磁力計



全長 13cm

② 装置を台座に吊るし (図 11~13), 鏡にレーザー光を当て, ホワイトボードに反射した位置を記録する。

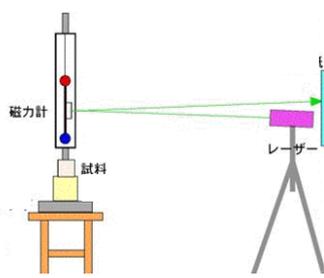


図 12 装置設置模式図
(石川尚人先生ホームページより引用)

1m
図 11 装置



図 13 装置拡大図

③ 装置の下に採取時の磁北を記録した玄武岩を測定場所の磁北に合わせて置くと, 玄武岩の磁気で装置が回転し, 反射光が動く。

④ レーザー光の移動距離から残留磁気の北成分を測定, 玄武岩を 90° 西に回転させ西成分を測定する。

⑤ 各成分から三角比を用いて形成当時の磁北を求める (図 14)。

残留磁気はベクトルで考える。



図 14

残留磁気イメージ図

斜め矢印: 残留磁気 上向き矢印: 北成分
左向き矢印: 西成分

<誤差測定方法>

磁化させた針金を発泡スチロールで挟んだ 5cm 四方の試料で測定を行った。また, 電流や鉄筋の影響の少ない木造の津山高校旧本館を測定場所とした (図 15)。



図 15 津山高校旧本館

<測定誤差結果>

誤差は文献では $\pm 5^\circ \sim 20^\circ$ であったが, 私達の磁力計では $\pm 5^\circ$ 以内であった。

7. 研究Ⅲ 玄武岩岩脈の残留磁気測定

<目的>

皿川玄武岩岩脈の残留磁気を自作した無定位磁力計で測定する。また, 形成当時の磁北を調べる。

<方法>

5cm 四方の試料にした皿川の玄武岩 (図 16) を使って測定を行った。また, 研究Ⅱと同じく津山高校旧本館を測定場所とした。

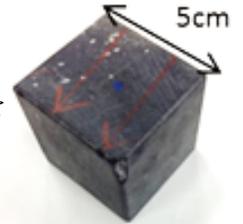


図 16 玄武岩試料

<結果>

3回測定した結果, 平均 $N 4^\circ W$ であった (図 17)。

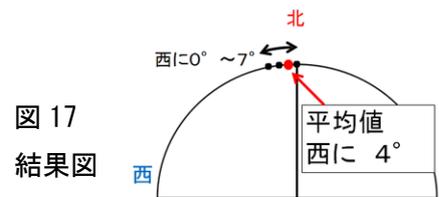


図 17
結果図

<考察>

結果より, 皿川玄武岩岩脈の形成時に南北圧縮があり, この岩脈は日本列島形成終了後に形成されたと考えられる。

8. 結論

3000 万年前, 日本列島は大陸の一部だったが (図 18-a), 3000~1500 万年前にかけて, 日本海拡大及び日本列島の移動が起こり, 日本海拡大時の南北に伸張する力によって正断層が日本海側に形成された (図 18-b)。そして 1500 万年前頃に日本海拡大及び日本列島の移動が終了した (図 18-c)。そして, 1200~400 万年前の南北圧縮で皿川玄武岩岩脈が形成されるとともに, 日本海側の正断層面を利用して脊梁山脈が逆断層として隆起したことで日本海と津山海が分断され, 日本海から津山海への海水の流入が止まり, 海水が消失して津山海が消滅した (図 18-d)。

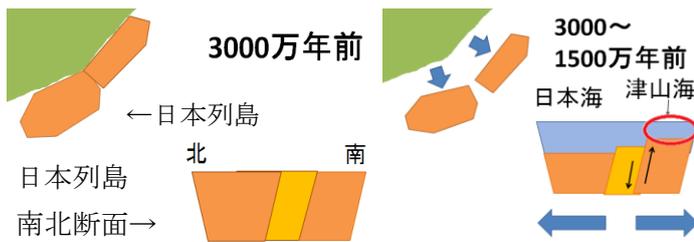


図 18-a

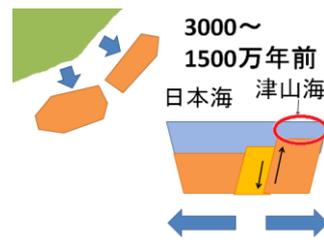


図 18-b

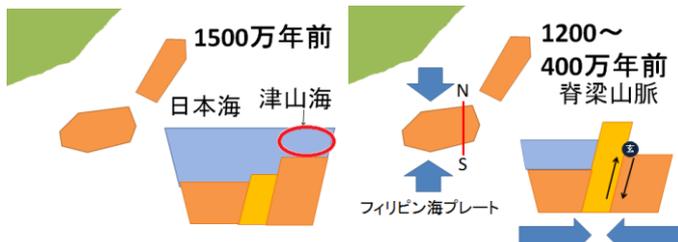


図 18-c

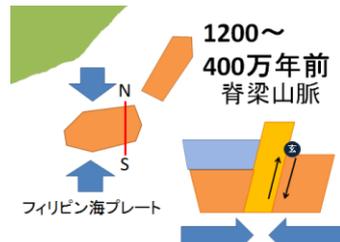


図 18-d

図 18 津山海消滅までの過程

(a → b → c → d)

9. 今後の課題

無定位磁力計の精度向上と皿川玄武岩岩脈の年代測定を行う。

10. 謝辞

玄武岩岩脈の試料を作製して下さった石隆石材本店、研究の助言をして下さった小網晴男先生（岡山朝日高校教諭）、無定位磁力計を見せていただいた石川尚人先生（京都大学）、ありがとうございました。

11. 参考文献

- 1) 日本地方地質誌 6 中国地方（日本地質学会 朝倉書店）
- 2) 日本海はどう出来たか（能田成 ナカニシヤ出版）
- 3) 絵でわかるシリーズ 絵でわかる日本列島の誕生（堤之恭 講談社）
- 4) 新装ワイド版 自然景観の読み方 日本列島の生い立ちを読む（斉藤靖二 岩波書店）
- 5) ブルーボックス B-1756 山はどうしてできるのか ダイナミックな地球科学入門（藤岡換太郎 講談社）

6) 津山周辺における新第三紀海成層の研究（2015 山下ら）

7) 5 万分の 1 地質図説明書 津山東部（1957 河合正虎）

8) 岡山県津山市の勝田郡層から化石十脚類オキナワアナジャコ属の産出（2015 岸本眞五）

9) 日本海拡大：新潟地域の現在の地殻変動を背景として（2010 山路敦）

10) 15 万分の 1 岡山県内地質図 津山東部（西部技術コンサルタント株式会社）

11) 15 万分の 1 岡山県内地質図 津山西部（西部技術コンサルタント株式会社）

12) 富江地域の地質（1977 松井ら）

13) 佐世保地域の地質（1989 松井ら）

14) 神浦地域の地質（1993 服部ら）

15) 福岡地域の地質（1994 唐木田ら）

16) 仙崎地域の地質（2006 尾崎ら）

17) 西南日本内帯における新第三紀後半の岩脈群と広域応力場（1979 小林洋二）

18) 地球物理シリーズ 地球物理学 実験と演習（力武常次ら 学会誌刊行センター）

19) 地磁気素材の教材化（2000 比嘉）

20) 考古地磁気学における試料採取および形成 - 測定精度向上に向けて（2016 畠山ら）

21) 京都大学 石川尚人教授ホームページ

<http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~ishikawa/>
(2016 12.17)

<http://www.gaia.h.kyoto-u.ac.jp/~ishikawa/RPIab/Astatic%20magnetometer.htm>
(2016 12.17)

22) 日本列島の地質構造の変遷 日本列島の地質構造の変遷について

(https://www.numo.or.jp/technology/technical_report/tr0402pdf/TR0402-04c3-2.pdf)

(2016.3.7)

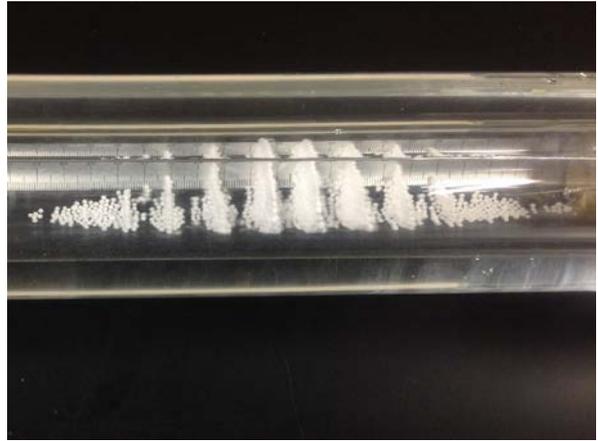
23) 中新世中期の日本の古環境（1986 糸魚川淳二）

— 卷 末 図 —

【粉粒体を入れて気柱共鳴をした際にできる周期的な構造について】



実験Ⅰ おがくず



実験Ⅲ 発泡スチロール (管の周りを水で満たす)

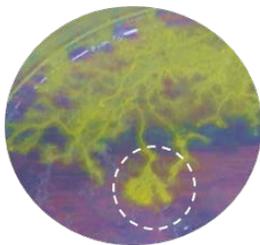
【干し肉に含まれるうま味成分についての研究】



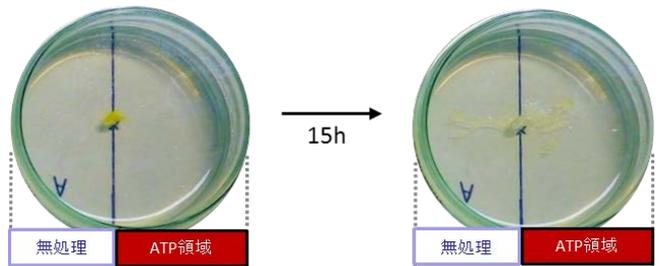
図8 調理中 (←生肉 干し肉→)

図2 ニンヒドリン反応

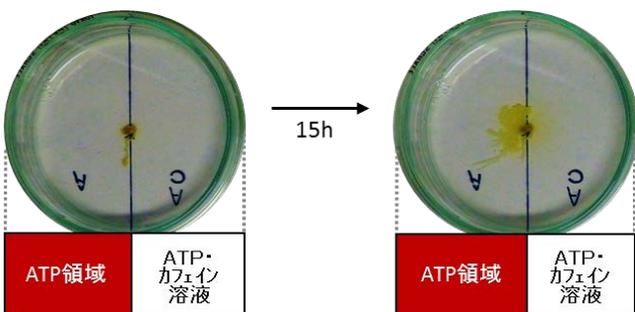
【モジホコリカビの走性に関する研究 —アデノシン受容体に注目して—】



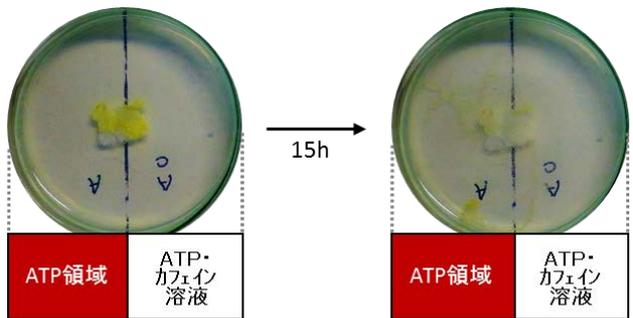
実験1(図1)



実験1 結果



実験2(1) 結果



実験2(2) 結果

【広戸風と地形の関係性】



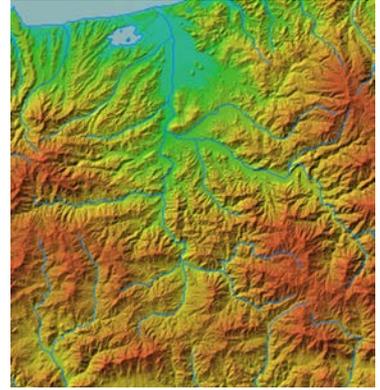
実験1 模型 写真



実験2 模型3 南側から



実験2 巻き返し



鳥取平野 地図

【津山海消滅過程についての研究 ～自作の無定位磁力計を用いた古地磁気測定～】



図8 玄武岩眼脈

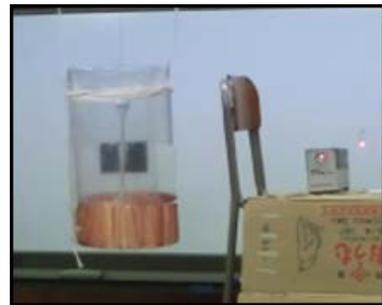


図13 装置拡大図

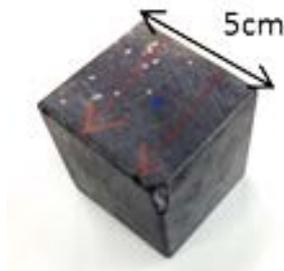


図16 玄武岩試料