

令和 7 年度

探究プログラム I
CD プログラム I
実施報告書

静岡市立高等学校
科学探究科 15 期生

C D I /探 I	項 目	タイトル	頁
C D I	東京大学研修	東京大学研修報告書	1
		東京大学研修報告書	3
		ポスター：東京大学in薬学部	5
		ポスター：研究の現場を訪ねて タンパク質と遺伝子から見る免疫微生物の世界	6
C D I	サイエンスコミュニケーション研修 @静岡科学館る・く・る	サイエンスコミュニケーション研修報告書	7
		ポスター：サイエンスコミュニケーションってなんだ？	9
探プロ I	ミニ課題研究（生物学分野） 「ダンゴムシ」	ダンゴムシの交替性転向反応と周回数の関係について	10
		ポスター：ダンゴムシの交替性転向反応と周回数の関係について	12
		ダンゴムシが起き上がることができる環境とは	13
		ポスター：ダンゴムシの起き上がりに適した地面の素材とは	15
		交替性転向反応を阻止するには	16
		ポスター：ダンゴムシの交替性転向反応の抑制	18
探プロ I	ミニ課題研究（数学分野）	数学と音楽（ピタゴラス音律）講義報告書	19
		ポスター：数学的探究 ～音楽の和音と数学の関係に迫る～	21
		ゲーム理論（ナッシュ均衡）報告書	22
		変分解析（数理モデリング）報告書	24
C D I	富士山フィールドワーク	富士山フィールドワーク報告書	26
		富士山フィールドワーク報告書	28
		ポスター：富士山の歴史と宝永山	30
		ポスター：フィールドワークで読み解く富士山の秘密	31
C D I	最先端科学講義 東京都立大学	数理生物学講義報告書	32
C D I	最先端科学講義 理化学研究所	高分子化学講義報告書	34
C D I	医療倫理講義 静岡市立病院	医療倫理講義報告書	36
探プロ I	ミニ課題研究（化学分野） 「ビタミンC」	ビタミンCと重力の関係	38
		ポスター：ビタミンCと重力の関係	40
		Relationship between Vitamin C and gravity	41
		お茶の抽出時間とビタミンC量の関係	43
		ポスター：お茶の抽出時間とビタミンC量の関係	46
		The relationship between tea extraction time and the amount of Vitamin C	47
		アスコルビン酸による鉄の酸化防止作用	49
		ポスター：アスコルビン酸による鉄の酸化防止作用	51
		Antioxidation effect of ascorbic acid on iron	52

東京大学研修報告書

1 目的

- ・講義を通して学問への興味や関心を高めるとともに、科学者の生き方に触れることで、自己の在り方生き方について考える機会とする。

2 実施日

令和7年4月30日（水）

3 研修場所

東京大学 本郷キャンパス

4 講師

- ・東京大学大学院 薬学系研究科 教授 清水 敏之 先生
- ・静岡県立清水西高等学校 実習助手 原 真由子 先生
- ・東京大学薬学部/大学院 学生4名

5 講義タイトル

薬学部へようこそ

6 講義内容

薬学部には薬剤師を育てる薬学科と、研究者を育てる薬科学科がある。また、薬の研究では、成分を探す。薬効を確かめる。どうして効くのか。どのように合成するか。など様々な研究を行っており、薬学は総合学問とも言えると教わった。

蛋白質は、三大栄養素の一つであるほかに遺伝子の情報に基づいて作られる生命現象の直接的な担い手など様々な関係がある。蛋白質には1～4次の立体構造がありそれぞれ異なる働きをすることが分かった。また、「If you want to understand function, study structure.（機能を理解したければ、構造を学べ）」という言葉が教わった。これは、機能を理解するにはまず構造を知ることが重要だという意味である。蛋白質には多くの構造があり、それぞれ異なる働きを持つので構造を理解する大切さが分かった。

薬効は薬が特定の標的分子である蛋白質と結合し、その機能を人為的に変えることで発揮される。そのため、特定の標的蛋白質とだけ特異的に結合することが大事だ。鍵と鍵穴の関係であり蛋白質の構造（鍵穴）が分かるとより良い薬（鍵）が作れるようになる。

清水先生からはほかにも「偶然に出会った幸運を見逃さない能力」を付けることが重要と教わった。見逃さないためには動き回り、視力をよくすることが必要だ。動き回るとは、実験を行うこと。視力をよくするとは、よく観察することである。将来の幸運を見逃さないために、何事も一所懸命に取り組み全方位に視力を上げる。常に自身の視力を鍛えておくのが大切だと学んだ。

7 研究室見学

（1）有機化学教室

この研究室では色々な分析装置を説明していただいた。例えばLCMSは液体中の成分を分離して検出する装置で、物質の検出と定量ができる。医薬品合成などに役立つ効率的な合成手法の開発を行っていた。

（2）遺伝学教室

この研究室では、昆虫やクラゲなどを使って遺伝子に関する研究を行っていた。特にショウジョウバエを多く用いていたが、ライフサイクルが短く、昔から使用されており、ツールが豊富に存在するためである。また、GFPやYFPなど特定の波長の光が当たると光を放出する蛋白質を使い、目的の遺伝子が正しく入っているのかも調べていた。さらに、細胞死に関するカスパーゼの活性化についても調べていた。

(3) 免疫・微生物教室

この研究室では免疫系がどのように「自己」を定義するのか、主に人の免疫について研究をしていた。免疫系は自己・非自己を識別し、生体を維持するシステムである。フローサイトメトリーという機械を用いて、顕微鏡でもわからない白血球のさらに細かな種類などを識別していた。

(4) 蛋白構造生物学教室

この研究室では、蛋白質の活性、機能、物性、相互作用、生体での役割などの現象を解明していた。巨大分子量のタンパク質の三次元構造を詳細に解析できる蛋白質X線結晶構造解析を用いている。さらにクライオ電子顕微鏡による単粒子構造解析にも取り組んでいた。

8 感想

研究室見学では、研究者たちは大学でどのような研究をしているかを実際に知ることが出来た。同じ学部内でも様々な研究室があり、それぞれ異なるテーマで研究をしていると分かった。

講義では、蛋白質の構造を解明することによって良い薬を作ることができると教わったが、それには「偶然に出会った幸運を見逃さない能力」を身に付けることが重要であり、繰り返し実験を行いしっかり観察すべきであると知った。今まで偶然より計画したことでできた結果のほうが重要であり、偶然は必要ないと思っていた。しかし、講義をきいて、偶然も活用すべきだと感じた。私も探究活動や科学部の活動では、偶然に出会った情報も見逃さないよう普段から事前準備を怠らず、慎重に進めたいと思った。

東京大学の皆さんのお話から、わからないことを解明し、それが世の中に役立つことの良さを知った。私も将来のため、何事も一所懸命に取り組んでいきたい。

東京大学研修報告書

1 目的

- ・講義を通して学問への興味や関心を高めるとともに、科学者の生き方に触れることで、自己の在り方生き方について考える機会とする。

2 実施日

令和7年4月30日（水）

3 研修場所

東京大学 本郷キャンパス

4 講師

- ・東京大学大学院 薬学系研究科 教授 清水 敏之 先生
- ・静岡県立清水西高等学校 実習助手 原 万由子 先生
- ・東京大学薬学部/大学院 学生4名

5 講義タイトル

薬学部へようこそ

6 講義内容

最初に薬学部についての説明を聞いた。薬学科と薬学学科に分かれ、それぞれカリキュラムや目標とするものが違うことなどの話などを聞いた。また、タンパク質について詳しく分かった。

タンパク質とは、数nm～数十nmの物質で遺伝子の情報に基づいて作られる生命活動に必要な物質で、アミノ酸がひも状につながったポリペプチドでできている。また、アミノ酸の線状構造が折りたたまって独特の三次元構造をとっているということが分かった。

その次にメンデルの法則について学んだ。メンデルの法則については中学で少し習ったが、しわ形と丸形に分かれるのは、蛋白質どうしをつなぐ役割を果たす遺伝子の有無で変わるということが分かった。これについて中学ではしわ形と丸形の比率について学んでいなかったが、原理まで理解できた。

最後に Serendipity についてのお話を聞いた。Serendipity とは偶然に出会った幸運を見逃さないことであり、研究者に大切な力、視力（気付き）だということだ。これの力を、全方向に視点を向けられるように、そして将来宝物を見逃さないために、高校のうちから学びを通して鍛えることが大切であるということが分かった。

7 研究室見学

(1) 有機合成化学教室（合成）

色々な機械について学んだ。

- ・エバポレーター - 溶媒を飛ばす機械で、ポンプを使い溶液の沸点を下げ、溶質を気化させてフラスコへ純度の高い状態で集めることができる機械。

- ・LCMS - 混合物を粉の上に乗せ、相互作用を生かし粉を通過するのにかけた時間で分別する。

その後、分子を飛ばし飛んだ量で分子量を量る。

分子量下二桁まで測定でき、沸点が高い物質を分別するのに向いている。

- ・LCMSMS - 混合物を分けて飛ばす機械で、気体が充填されていて、LCMS で測定不能だったものを壁

に当ててから飛ばし測定する。LCMS よりも精密な測定に向いている。
他にも色々な機械について学んだ。

(2) 遺伝学教室 (遺伝)

このラボではプロセスの正常・異常を司る分子について研究している。
昆虫・ショウジョウバエ・クラゲ (クラドネマ) を使った研究をしている。
ショウジョウバエは蛹5日、幼虫4～5日、成虫2週と短命でライフサイクルが短いため、観察がしやすいというメリットがある。
クラゲは触手の再生能力が高く、ポリプーという筒状の組織に触手を4本入れ、観察する研究がよく行われている。

(3) 免疫・微生物教室 (免疫)

制御性T細胞とは、免疫反応を抑制するT細胞の1つだ。これまでは攻撃する免疫細胞しか発見されていなかったが、1995年に大阪大学の教授坂口志文氏が発見した細胞である。
詳しく記述すると、攻撃をする免疫細胞が過剰に反応し、自己を傷つけることを阻止する細胞である。他にも、メモリーCD8⁺細胞という細胞が存在し、一度体内に侵入してきたウイルスや細菌を記憶し、2度目に素早く対応できるようにメカニズムが作られている。これははたらく細胞からの知識なので合っているかは不安だがインフルエンザA型に過去に罹ったとしてもB型等の他の型や変異株への対応はできない。ラボにはフローサイトメトリーという機械があり、これは細胞を識別するものである。分布図がコンピューターに出力され、色で識別することができる。
ラボでは攻撃を受けた時にどうなるのか、細胞のバランスが崩れた時にどういう反応が出るのかを研究している。はたらく細胞から得た知識もあってよく理解できた。

(4) 蛋白構造生物学教室 (構造)

主にその名の通り蛋白質について学んだ。
蛋白質は遺伝子を作るために必要で、20種類のアミノ酸からできている。
蛋白質の並びによって二次元的な形が決まる。
DNAはいったん形を混ぜこぜにしても元に戻るという性質がある。
クライオ電子顕微鏡はグリッドに薄い氷を作り蛋白質を閉じ込めて観察するものである。
また、観察した結果、蛋白質は角ばった立体のようなもので、光を反射しているようにも見えた。
そして、蛋白質を電子顕微鏡から取り出すときは、液体窒素で凍結され、先が輪になっている器具で慎重に取り出す。

8 感想

今回の体験はとても貴重なものであり、自分の未来にかかわる重要な経験になったと思う。
東大生の皆さんが研究している姿や、先生方からの熱心な説明で最初は何もわからなかったが自然とやる気が出てきて大学へのイメージや普段の学習への態度や捉え方もより良い方向へ変化したと思う。
これは免疫での出来事になるが、制御性T細胞やメモリーT細胞、細菌やウイルスを記憶し2回目に備えることなど、自分が知っていることもあり、それらをより詳しく知ることができたので、とても興味が沸いた。ただ、このような体験を大学でするには、清水先生のお話でもあったように高校の頑張りが大切なので、日々の生活や学習の質を向上させ、自分の視野を広げられるようにしたい。

東京大学研修 in薬学部



Fig.1 東京大学 (出典: 東京大学HP)

◆ 研修場所

東京大学 本郷キャンパス

◆ 講義タイトル

薬学部へようこそ

◆ 講義内容

- 大学の理科の物理・化学・生物の三つの分野について
大学では、理科のどの分野をやるにも、ほかの分野が関わってくる
- メンデルの法則を例とした遺伝子と酵素の関係について
酵素とは、自身は変化せずに特定の化学反応を促進する作用を持つタンパク質でDNAを元につくられる
- 遺伝子の中身、ポリペプチドについて
複数のアミノ酸が結合したものをポリペプチドと呼び、アミノ酸は遺伝子をもとに作られる
- タンパク質と薬効の繋がりについて
薬効は、薬が特定の標的分子と結合して、特異な効果を表す

◆ 実施日

令和7年4月30日(水)

◆ 講師

東京大学大学院
薬学系研究科 教授 清水 敏之 先生

◆ 研修目的

講義を通して学問への興味や関心を高めるとともに、科学者の生き方に触れることで、自己の在り方生き方について考える機会とする

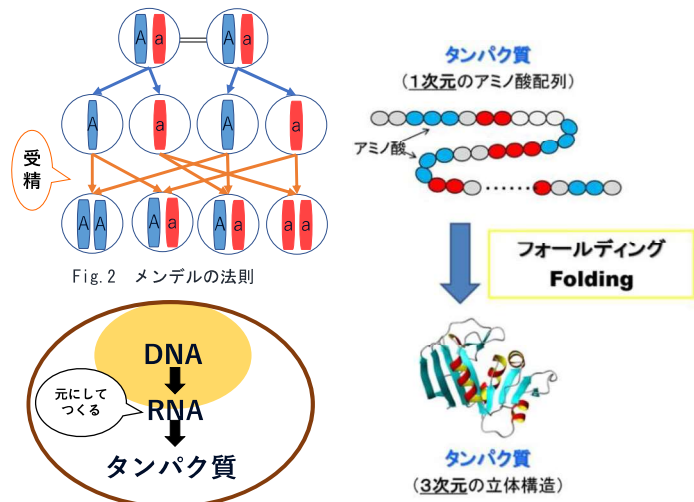


Fig.2 メンデルの法則

Fig.3 DNAとタンパク質

Fig.4 ポリペプチド (出典: 東京大学新井研究室HP)

◆ 研究所見学

- 遺伝学教室
- 免疫・微生物教室
- 蛋白(タンパク)構造生物学教室
- 有機合成化学教室

◆ 遺伝学教室

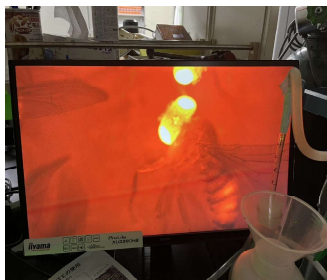


Fig.5 ショウジョウバエの観察



Fig.6 ペニクラゲ (出典: 名古屋港水族館HP)

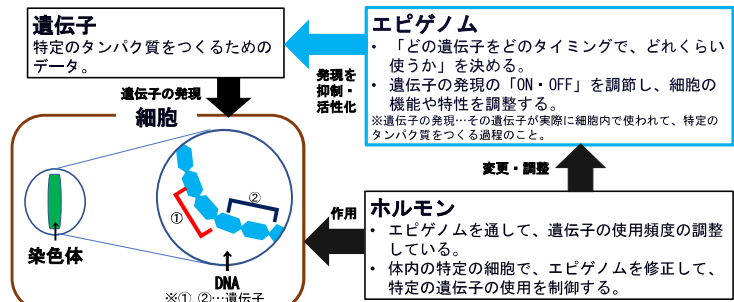
ショウジョウバエとペニクラゲがモデル動物として飼われている。これらのモデル動物を使用した再生能力や成長速度の研究がされている。

● 所感

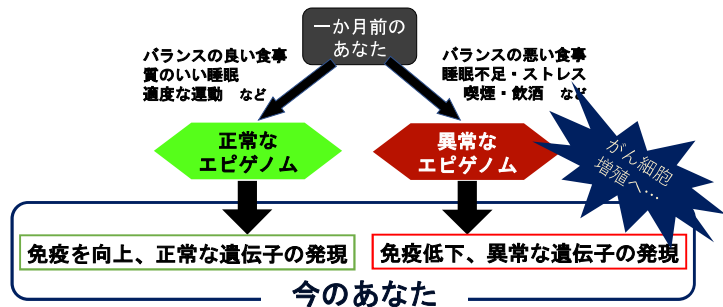
- ・ペニクラゲの足の再生速度や成熟するまでの過程、瀕死状態になったときの行動を知った。
→モデル動物を使った実験に興味を持った。
- ・モデル動物のライフサイクルは、その種類によって違いがあるが、それぞれ維持や繁殖に優れており興味深いと思った。

◆ 遺伝子の役割を決める仕組み

● エピゲノムとは



● エピゲノムの変化例



◆ 感想

研究室をまわったことで、タンパク質や免疫細胞、再生能力などの様々な角度から人間に生かせるもの、薬になりえるものを研究していることが分かり、人を病から救うことや新しい薬をつくることの大変さを感じた

参考文献

- 夢ナビ講義動画『生命を司る遺伝子の「ON・OFF」のしくみ』名古屋大学 農学部 資源生物科学科 ゲノム・エピゲノムダイナミクス研究室 教授 一柳 健司 先生
- 名古屋大学 農学部 資源生物科学科 研究「エピジェネティクス」 <https://shigen.agr.nagoya-u.ac.jp/keyword/key07/>
- 名古屋大学大学院医学系研究科・医学部医学科 腫瘍生物学 <https://www.med.nagoya-u.ac.jp/cancerbio/research/index.html>
- 東京大学 先端科学技術研究センター 代謝医学分野 酒井研究室 https://www.mm.rcast.u-tokyo.ac.jp/research/research_02.html
- 東京大学 新井研究室 https://folding.c.u-tokyo.ac.jp/research_pe.html
- 名古屋港水族館 <http://nagoyaqua.jp/study/column/23104/>

研究の現場を訪ねて

タンパク質と遺伝子から見る免疫微生物の世界

研修場所

東京大学 本郷キャンパス

講師

東京大学大学院薬学系研究科 教授 清水 敏之 先生

目的

講義を通して学問への興味や関心を高めるとともに、科学者の生き方に触れることで、自己の在り方生き方について考える機会とする。

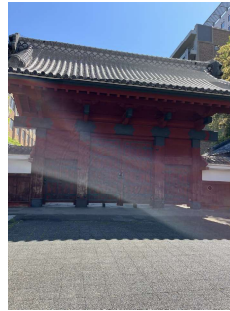


Fig.1 赤門

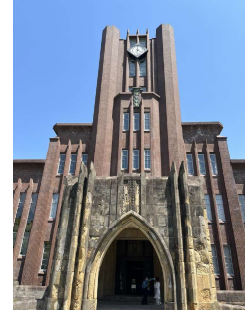


Fig.2 東京大学キャンパス内

講義

タンパク質の構造

タンパク質は生命の直接的な担い手であり、アミノ酸が紐状につながったものでできている。ただし折りたたまることで独特の構造をとり機能をもつタンパク質になる。

タンパク質の構造は、一次構造から四次構造まで、階層性に分類される。一次構造はアミノ酸の配列、二次構造は α ヘリックスや β シートなどの局所的な構造、三次構造は折りたたまれた三次元的な構造、そして四次構造は複数のタンパク質分子が結合して形成される構造である。

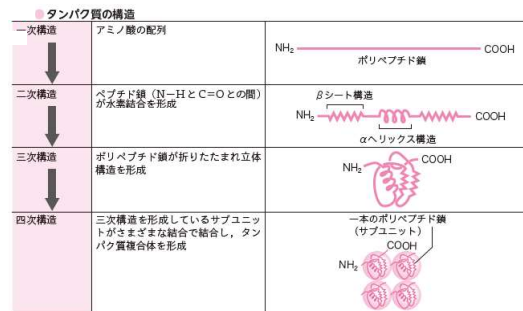


Fig.3 タンパク質の構造 (ニュートリー株式会社 キーワードでわかる臨床実験)

研究室見学

遺伝学教室

ショウジョウバエの遺伝子の約70%は人の遺伝子と相同性があり、基本的な生命現象も共通する。そのショウジョウバエを使用し、様々な性質を持つような生物を生成している。例えば、眼が発光する個体や身体が青く発光する個体などである。その遺伝子を組み替え、人間の病気の治療法や治療薬の開発を研究している。またクラゲの再生する仕組みについて研究する。

免疫・微生物教室

マウスを解剖し、臓器を取り出し、その一つひとつについて研究する。実験では、ネズミにワクチンを打ち、その後本当の菌を感染させ、経過観察を行い、免疫がある状態とない状態を比較し、実験結果を基に考察する。

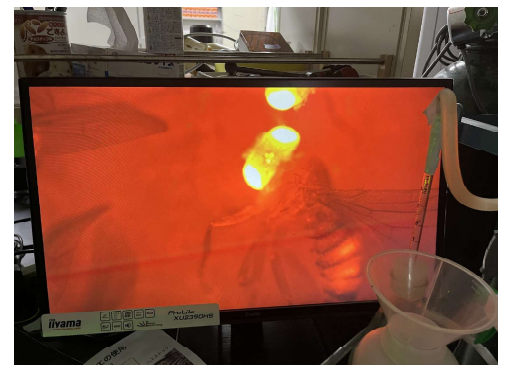


Fig.4 遺伝学教室のハエ

講義を通して得たもの

偶然出会った幸運を逃さない能力

この言葉は講義の最後に清水教授がおっしゃっていた言葉で、これはたまたま得た有益な情報を逃さないことができる能力であり、実験をするときに予想外の結果が出た時もしっかり受け止めなければいけないと感じた。

考察

この講義を通して、科学者は自分たちがやりたいことについて実験しているため、自分たちに説明するときに楽しそうに見えた。自分も自らやりたいと思うことに本気で取り組んでいきたい。

感想

タンパク質の構造を知ってすべての物質は意味を持って複雑な構造をしていることを理解し、生きるために必要な物質の構造をもっと知ってみたいと思った。

ハエの遺伝子組換えでもっといろんな遺伝子を組み換えて、その性質についても詳しく研究したい。また、まだ治療法が解明されていない病気をモデル生物を使って明らかにしてみたい。

科学探究科の活動で最初に立てた仮説を変化させながら実験するため、いらないと思ったことも今後の本実験のために記録しておく癖をつけたい。

サイエンスコミュニケーション研修

1 研修日

令和7年5月16日（金）

2 研修場所

静岡科学館る・く・る

3 目的

- （1）サイエンスコミュニケーションの意義について学ぶ。
- （2）静岡科学館る・く・るの役割について考える。

4 講義1

（1）講師

代島 慶一 先生

（2）内容

科学コミュニケーションとは、科学技術とコミュニケーションを組み合わせ、科学者と社会をつなぐ活動だ。科学的な情報を正しく理解し、興味を持てる形で伝え、一方的な情報発信ではなく、対話を通じて相互に理解し合う「双方向性」が重視されている。科学を専門家だけのものにとどめず、文化として社会に根づかせること、科学者だけでなく市民にも興味を持ってもらうことが目的だ。このような活動を行う人が「科学コミュニケーター」と呼ばれ、科学と社会の橋渡しを担っている。かつては広報や啓発といった一方向的な伝え方が主流だったが、今では市民と共に考える双方向のアプローチが重視されている。科学コミュニケーションに必要なスキルとしては、話す・書く・描写するなどの「コミュニケーション力」、企画や運営を担う「コーディネーション力」、そして科学に関する正確な知識や論理的な理解を持つ「専門性」が挙げられる。活動を行う際には、相手の反応を見ながら伝え方を工夫するなど臨機応変な対応や、体験をして得た情報を整理してわかりやすく伝える力が求められる。

5 講義2

（1）講師

藪寄 清香 先生

（2）内容

科学コミュニケーションとは、専門的な内容をわかりやすく伝え、相手との対話を通じて、理解を深め合うことである。科学の面白さや不思議さ、感動を自分の言葉で表現し、相手に伝わるよう工夫する力が求められる。ただ一方的に話すのではなく、相手の反応を見ながら柔軟に伝え方を変え、相手の興味や理解度に応じた説明を心がけることが重要である。良い科学コミュニケーションを行うためには、まず自分自身が科学の魅力をしっかりと感じ、どこが面白いのか、どのように伝えるのかを考えることが出発点となる。その際、「なぜだろう？」という疑問を持ち、それを解決しようとする姿勢、すなわち科学的思考が不可欠である。こうした姿勢は、研究活動を通じて身につけることができる。

5 感想

静岡科学館「る・く・る」の取り組みは、子どもを対象としながらも、単なる展示や一方向的な説明にとどまらず、対話を軸に科学への親しみを育んでいる点が非常に印象的だった。問いかけや会話を通じて子どもたちを科学の世界へ自然と引き込むその姿勢は、まさに科学コミュニケーションの理想的な形のひとつであると感じた。こうした「科学を伝える」という行為は、単に知識を教えることではなく、相手としっかり向き合いながら共に理解を深めていく過程そのものである。特に「双方向性」という考え方は、教育や情報発信全般において極めて重要な視点であり、自分自身のこれまでのコミュニケーションの在り方を見直すきっかけにもなった。聞き手や参加者とやり取りを重ねながら理解を深めていく姿勢こそが、相手に本質的な気づきや関心を促す鍵になるのだと思う。また、科学コミュニケーターに求められる力として、専門的な知識だけでなく、対話力や企画力といった多様なスキルが必要であるという点も印象深かった。科学を社会に伝えるということは、単に「説明がうまい」だけでは成立せず、人との関わりを大切にしながら、興味を引き出し、共感を得て、共に考える姿勢が求められ、中でも心に残ったのは、「自分が楽しいと思えることを伝えるのが大事」という点だった。自分の内側から自然に湧き出る好奇心や熱意こそが、何よりも強く人に伝わる力になる。無理に興味のないことを説明するのではなく、「おもしろい」「知りたい」「伝えたい」と心から思えることを大切にすることが重要だと感じた。「る・く・る」のような現場に触れたことで、科学を伝える奥深さとやりがい、そしてそこに関わる人々の思いに、あらためて気づくことができた。今後は、自分なりの方法で、相手との対話を大切にしながら、科学に限らずあらゆる「伝える」場面でその学びを活かしていきたい。

サイエンスコミュニケーションってなんだ？

<サイエンスコミュニケーションとは>

- ・ 一方的な説明ではなく双方向の対話
↳相手の考えを引き出す
- ・ 科学技術に対する知識の理解、科学技術の関係性の構築を目的に、社会のあらゆる場面で展開されるもの

<良いコミュニケーションを行うために>

- ・ **相手に興味を持ってもらえるような内容を話す。**
※自分が伝えたい内容が相手の興味を引くこともある
- ・ **伝えたい内容の魅力を自分が知る。**
- ・ **相手の言葉を受け止め、否定しない。**

<科学工作>

- ・ 専門的でわかりにくいことをわかりやすく伝える
- ・ 好奇心や探究心を刺激し、様々な能力を伸ばす
- ・ 楽しく遊び、実験できる



科学が苦手な人でも理解でき、
科学を好きになる



Fig.2 ぴょんぴょんかえる

**疑問を持ち、探究することで、
科学的思考力を養うことができる。**

<伝達ゲーム>

2人1組で互いのカードを見せずに言葉だけで相手に図柄を伝え、それを書き起こすというゲーム

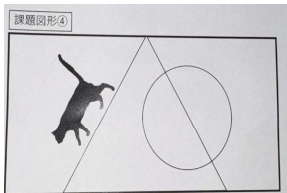


Fig.1 お手本のカード

<例>

自分

猫が下を向いている

猫の顔だけが下を向いている

相手

考え方が異なる

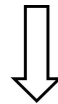
- ・ 人と話したときに違う考え方を共有できることは、コミュニケーションの良いところで楽しいところである。
- ・ 人と話すことで認識のずれを防ぎ、信頼関係が構築される。



双方向の意見が大切！

<まとめ>

- ・ サイエンスコミュニケーションは一方的に話すのではなく、違う考え方を共有することが大切



双方向の対話が重要である。



相手の意見を尊重し、否定しない。

- ・ 科学工作は科学が苦手な人でも理解でき、実際に体験することで好きになる。
作ったものに**疑問を持ち探究することで科学的思考力が養われる。**

<感想>

サイエンスコミュニケーションはあらゆる場面で展開される。富士山の研修に行った時も、繰り広げられた。互いの意見を交わすことで分からないことや発展した内容を理解できる。サイエンスコミュニケーションを通じて科学を理解することで、他へとサイエンスコミュニケーションが行われる。そうすることで社会全体の化学リテラシーが向上すると思う。

ダンゴムシの交替性転向反応と周回数について

1 実施期間

令和7年5月20日（火）～6月13日（金）

2 研究背景

ダンゴムシの交替性転向反応について予備実験で調べ、交替性転向反応を行わなかったことがあった。そのため交替性転向反応を行う理由を調べたところ、理由の一つに「左右での肢の負担を分散するため」とあったことから、「円の中を円周に沿って一定方向に歩かせ続け、その後に壁にぶついたら負担を軽減するために交替性転向反応を崩す。」という仮説を立てた。

3 実験

（1）使用したダンゴムシと器具

ダンゴムシ3匹（田安門付近の土の中から採取）大きなオスのダンゴムシをダンゴムシA、メスの大きなダンゴムシをダンゴムシB、小さなメスのダンゴムシをダンゴムシCとして実験を行った。直径11cm（円周約34.54cm）の円柱、方眼紙で作った迷路（幅・壁の高さは1cm）

（2）方法

円柱の内側を1、3、5周時計回りに歩かせ、外側の肢の移動距離を稼ぐことで負担をかけた。その後、一定距離に壁が設置されている迷路を歩かせ、連続で4回左右交互に転向した場合のみ交替性転向反応を示したと見なした。これをAは6、B、Cは7セットで記録し確率を出した。そして、予備実験で交替性転向反応を示した確率と比較した。



Fig.1 実験で使用した迷路

一つの交差点で何度も転向した場合、最終的に選択した方向を記録した。

（3）実験結果

4回連続して交替性転向反応を示した場合を「交替性転向反応を示した」とし、交替性転向反応を示した確率をとると、全体的な傾向として、円周を歩かせた後の方が予備実験のときよりも交替性転向反応を示す確率が下がった。Aは50.0%から16.7%、Bは70.0%から50.0%、Cは100%から50.0%になった。

Table 1 円周運動の周数と確率（%）

	予備実験（0周）	1周	3周	5周
A	50.0	16.7	83.3	16.7
B	70.0	66.7	50.0	50.0
C	100	50.0	83.3	50.0

ダンゴムシAの場合3周を例外として33.3%下がるという結果になり、Bは周数を1から3周に増やすことで確率が下がり、Cは1、5周と比べ3周での確率が上がったが、予備実験での確率と比べ、下がっていたため交替性転向反応を示した確率は下がった。

4 考察

円周を歩かせ、外側の肢の移動距離を延ばすことで、左肢（円周運動の外側にあたる側面の肢）を右肢に比べて相対的に疲れさせることができる。ダンゴムシが円周を回ることによって片方の肢にの

み負担がかかり、左右の肢の負担に差がない時よりも、交替性転向反応を示しづらくなる傾向にあった。ただし、ダンゴムシ A を 3 周回らせたときのように、この傾向には個体差がある。

円周運動をした後で壁にぶつかると、交替性転向反応を示す確率が下がるが、転向する方向が必ずしも負担を分散する動きではないことから、肢の左右の負担を平等にするためとは別の要因も、ダンゴムシの転向する方向に関わっていると考えられる。

5 結論

円周運動を続けさせることによって片肢に負担をかけると、その負担を軽減させるために交替制転向反応を崩しやすくなる。この傾向には個体差がある。

6 展望

ダンゴムシ間での交替性転向反応を示す確率が違い、温度・湿度等の気候の条件も結果に左右され、連続して実験を行うことによってダンゴムシへの疲労が溜まることがあったため、実験回数を 10 セット以上に増やしたり、他の個体でも試行したりすることでより大きな統計をとり、その傾向を調べたい。

また、負担を軽減させるためには歩かせた円周方向と逆方向に曲がるはずだがそうとは限らなかったため、円周を歩かせる前の状態で交替性転向反応を行った割合が 100% の個体だけを使いたい。

7 感想

ダンゴムシの活発さが湿度や気温によって大きく左右されるため、ダンゴムシ A を 3 周させた時に交替性転向反応を示した確率が予備実験の時よりも上がってしまったため、このデータの扱いが難しかった。

疲労を蓄積させていく実験だったため、同日に行う回数を重ねるごとにダンゴムシの動きが鈍くなっていたため実験のデータに影響していた可能性があった。

8 参考文献

- (1) 富山県立高岡高等学校 (2013) , オカダンゴムシの交替性転向反応はなぜ起こるのか? , 令和 8 年 2 月 19 日
- (2) 大阪府立岸和田高等学校 (2018) , ダンゴムシの交替性転向反応, 令和 8 年 2 月 19 日
- (3) 静岡県立掛川西高等学校 (2022) , 節足動物の交替性転向反応に関する研究, 令和 8 年 2 月 19 日
- (4) 金城学院大学現代文化学部 小野知洋 (2004) , ダンゴムシはジグザグが好き! , 令和 8 年 2 月 19 日

ダンゴムシの交替性転向反応と周回数について

研究背景

ダンゴムシの交替性転向反応について予備実験で調べ、交替性転向反応を行わなかったことがあったため、どのようにしたら交替性転向反応が行われなくなるのか調べたいと思った。

交替性転向反応とは

障害物を認識し、その障害物を避けるときに左右交互に曲がる動きのこと。ダンゴムシの他にもムカデやヤスデ、ヤチグモなど節足動物全般に見られる⁽³⁾。交替性転向反応は緩やかな弧を描くカーブにおいてもみられる⁽⁴⁾。

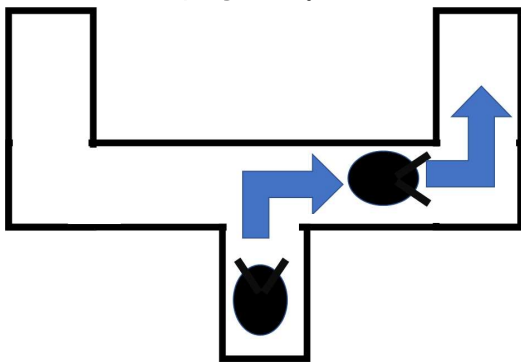


Fig. 1 交替性転向反応

実験方法

- ①片肢に負担をかけるために円の中を円周方向に一定に時計回りに1周、3周、5周と歩かせた。転向角度を2回連続して転回させると活動量に明らかな非対称が生じる⁽⁴⁾。
- ②一定の距離（5cm毎）に壁を作った迷路の中を歩かせ左右どちらに曲がるか調べた。

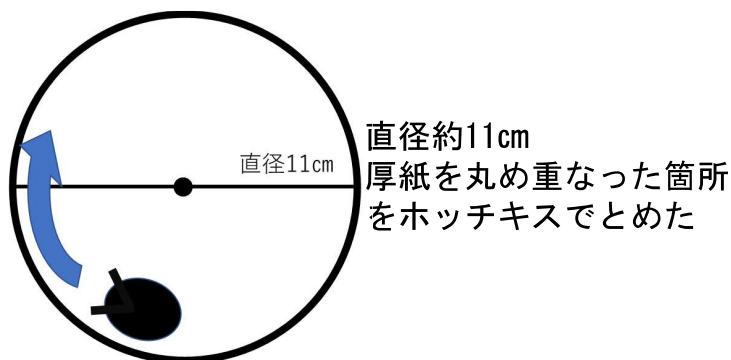


Fig. 2 円筒

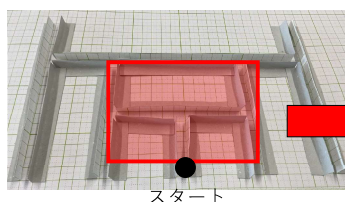


Fig. 3 迷路

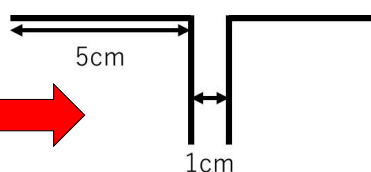


Fig. 4 迷路の拡大図

実験結果

赤実線: ダンゴムシA
青点線: ダンゴムシB
緑丸線: ダンゴムシC

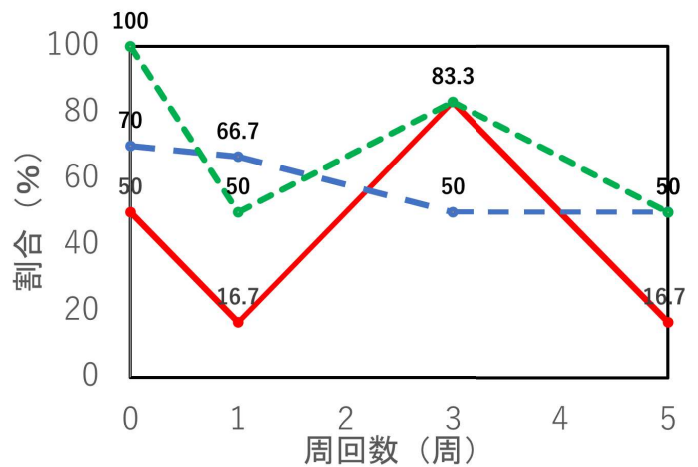


Fig. 5 個体別の交替性転向反応を行った割合

考察

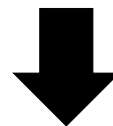
周回数を増やすことで交替性転向反応を崩しやすくなった。

結論

円周運動を続けさせることによって片肢に負担をかけると、その負担を軽減させるために交替性転向反応を崩しやすくなる。ただしこの傾向には個体差がある。

展望

- ・負担を軽減させるためには歩かせた円周方向と逆方向に曲がるはずだがそうとは限らなかった。→予備実験時点で交替性転向反応を行った割合が100%の個体だけを使う。
- ・周回数を増やす。
- ・交替性転向反応を行う要因と考えられる他の仮説に注目して実験を行う。



他の仮説

- ・走触性仮説
壁に接触した状態を維持しようとする
→左右交互に方向を変える

参考文献

- (1) 富山県立高岡高等学校(2013), オカダンゴムシの交替性転向反応はなぜ起こるのか?
- (2) 大阪府立岸和田高等学校(2018), ダンゴムシの交替性転向反応
- (3) 静岡県立掛川西高等学校(2022), 節足動物の交替性転向反応に関する研究
- (4) 金城学院大学現代文化学部 小野知洋(2004), ダンゴムシはジグザグが好き!

ダンゴムシが起き上がることができる環境とは

1 実施期間

令和7年5月21日（水）～6月14日（土）

2 研究背景

土の上でダンゴムシをひっくり返しても、すべての個体が早く起き上がることができていた。また、地面の環境をシャーレや新聞紙に変えてひっくり返した場合、すべての個体が起き上がることができなかった。そのため、ダンゴムシは地面の環境を土の凹凸に近い、粗さ40のやすりにすると起き上がることができると仮説を立て、実験を行った。

3 実験

（1）使用したダンゴムシと器具

ダンゴムシ6匹（田安門付近の花壇）、シャーレ、iPad、ダンボール、発泡スチロール
粗さ40のやすり、粗さ180のやすり、粗さ2000のやすり

（2）方法

雌雄の違いは考慮せず、体長が等しいダンゴムシでペアを作り、粗さ40のやすり、粗さ180のやすり、粗さ2000のやすり、ダンボールの切れ端、発泡スチロールの上に一匹ずつひっくり返して置き30秒を目安に起き上がることができるかを観察した。

（3）結果

Table 1 起き上がるまでの時間（秒）

	0.7cm		0.8cm		0.9cm	
	A3	B1	B2	B4	A2	A5
やすり（40）	×	×	×	×	26	×
やすり（180）	10	1	×	2	1	4
やすり（2000）	30	×	×	×	×	10
ダンボール	23	×	×	24	×	7
発泡スチロール	×	×	×	×	×	×

粗さ40のやすりを使って実験を行った場合、6中1匹の個体が起き上がることができた。しかし、左右の動きが少なく、その場で伸び縮みをしていたため、起き上がるまでに30秒かかった。粗さ180のやすりを使って実験した場合、6匹中5匹の個体が起き上がることができていた。そして、起き上がった5匹のうち、4匹は2秒以内に起き上がることができた。観察から左右の動きが多く、伸び縮みの頻度も多かったため、スムーズに起き上がれていた。粗さ2000のやすりを使った場合、6匹のうち、2匹の個体が起き上がることができた。左右の動きが多かったが、起き上がった時間にばらつきがあり、10秒で起き上れた個体と、30秒で起き上れた個体があった。ダンボールを使って実験を行った場合、左右の動きが多くみられた。そのため、6匹のうち、3匹の個体が起き上ることができた。発泡スチロールを使って実験した場合、6匹のうち、1匹の個体しか起き上ることができなかった。表面には足を引っ掛けられるほどの凹凸があったが、起き上がるまでに30秒近くかかった。

（4）考察

粗さ 180 のやすりを使って実験を行ったとき、左右の動きが多く、伸び縮みの頻度も多かった。そのため、今回の実験の中で最も起き上がることができた個体が多かった。この実験結果から、ダンゴムシが起き上がるには脚を引っ掛ける凹凸があり、体を左右に動かすことができるほどの摩擦がある地面が必要である。

4 結論

ダンゴムシの脚は先端が爪のように尖っているため、起き上がるには先端を引っ掛けるための凹凸が必要である。また、起き上がる際には体を左右に動かすことも必要である。

5 展望

今回の実験では、地面を土の凹凸に近い粗さ 40 のやすりに変えることによって起き上がることができるかを実験した。しかし、実験から、粗さ 180 のやすりがダンゴムシにとって起き上がりやすい環境だということがわかった。そのため、粗さ 180 のやすりに近い粗さのものをを使って観察すると、どうなるのかを調べたい。また、ダンゴムシの体長や雄雌の違いによって起き上がり方に特徴があるのかを調べたい。

6 感想

今回のダンゴムシについての実験は私たちにとって初めての探究プログラムだった。実験をしている最中には、虫籠の中に土を入れなかったことが原因でダンゴムシが全滅してしまうというアクシデントや、ダンゴムシが脱走してしまうというアクシデントが起き、自分達の思った通りの実験をすることが難しかった。そのため、そのようなアクシデントが発生しないように考慮し、計画性を持って実験を行っていきたい。

7 参考文献

- (1) ダンゴムシジャパン (2017 年) , ダンゴムシの構造&体のつくりを徹底解剖
<http://dango64jp.starypages.net> (最終閲覧日 2025 年 6 月 10 日)
- (2) 第 36 回山崎賞 (2019 年) , ダンゴムシの起き上がり方に必要なことは何？
gakusyu.shizuoka-c.ed.jp (最終閲覧日 2025 年 6 月 10 日)
- (3) 第 60 回自然科学監査コンクール文化科学大臣賞, (2020 年) ダンゴムシの生態を探る！？
<https://www.shizucon.net> (最終閲覧日 2025 年 6 月 10 日)

ダンゴムシの起き上がりに適した地面の素材とは

研究背景

ダンゴムシを背中を下にして土の上に置くと素早く起き上がることができた。しかし、シャーレや新聞紙の上では、素早く起き上がることができなかった。

そこで、地面の素材を変えたとき、起き上がる速さにどう影響するのかを調べた。

ダンゴムシの起き上がりは爪をひっかけるための凹凸が必要であると考え、「土の質感に近いと感じた粗さ#40のやすりに置くことで素早く起き上がることができる。」と仮説をたて実験を行った。

方法・材料

1. 実験に用いた生物・器具

ダンゴムシ6匹（雄3匹 雌3匹）
シャーレ iPad 段ボール 発泡スチロール
やすり（#40,#180,#2000）

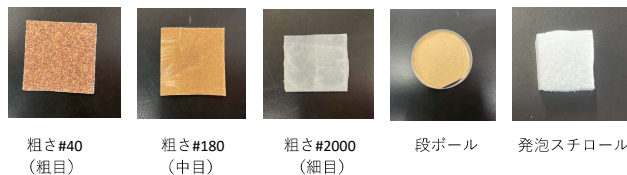


Fig.1 使用した地面の素材

2. 実験方法

- ①体長が等しいダンゴムシでペアをつくった。
- ②ダンゴムシのペアから一匹ごとに、粗さ#40, 粗さ#180,粗さ#2000,段ボール, 発泡スチロールの順に背中を下にして置いた。
- ③iPadでダンゴムシが起き上がる様子を撮影し、30秒で起き上がることができるかを観察した。

結果

Table 1 地面の素材を変えたときの起き上がるまでの時間（s）

地面の現状	0.7cm		0.8cm		0.9cm	
	A3	B1	B2	B4	A2	A5
やすり#40	×	×	×	×	26s	×
やすり#180	10s	1s	×	2s	1s	4s
やすり#2000	30s	×	×	×	×	10s
段ボール	23s	×	×	24s	×	7s
発泡スチロール	×	×	×	×	×	×

×：30秒で起き上がることが出来なかった。

※ 雄の個体をA、雌の個体をBとする。

考察

やすり#40の結果から、1/6匹しか起き上がることができなかった。そして、26秒かかった。

したがって、土の質感に近いと考えていた、やすり#40は起き上がりにくい。

ダンゴムシは足の先端にある爪を地面に引っ掛けることで起き上がると知られている。¹²⁾しかし、今回の結果から、地面を粗くしたとしても起き上がりやすくなるとは限らないことが分かった。
やすり#180に注目すると5/6匹が平均3.6秒で起き上がることができた。

このことから、ダンゴムシの起き上がりに適している地面の素材は、用いた中ではやすり#180ということが分かった。

今回の実験では等しい体長のダンゴムシをペアにし、実験を行った。しかし、結果は個体によってばらつきがあり、期待していたような体長での共通点はあまり見られなかった。

展望

中目のやすり(#180)で最も多くの個体が速く起きたことから、#180に近い粗さ#160,#170,#190,#200,を用意しより起き上がりに適した素材を見つけたい

また、実験の回数が少なく誤差が出てしまったと考えられるので、回数を増やし、正確性を高めていけるようにしたい。

そして、仮説で最も起き上がりやすいと考えていたやすり#40や、やすり#2000や発泡スチロール、段ボールがなぜ起き上がりにくかったのかを確かめたい。

参考文献

- (1) ダンゴムシジャパン(2017年)
ダンゴムシの構造案&体のつくりを徹底解剖
<http://dango64jp.starypages.net> 2025年6月10日
- (2) 第36回山崎賞(2019年)
ダンゴムシの起き上がり方に必要なこととはなに？
gakugyu.shizuoka-c.ed.jp 2025年6月10日
- (3) 第60回自然科学監査コンクール文化科学大臣賞
ダンゴムシの生態を探る（2020年）
<http://www.shizucon.net> 2025年6月10日

交替性転向反応を阻止するには

1 実施期間

令和7年5月21日（水）～6月18日（水）

2 研究背景

予備実験でダンゴムシに交替性転向反応とは逆の反応をさせる方法を調べるために迷路を使用し、ダンゴムシの進行方向に障害を設置したり、進行方向の逆にダンゴムシの好む環境を再現したりした。

3 実験

(1) 使用したダンゴムシと器具

ダンゴムシ4匹（田安門付近で採取）、厚紙、ビニールテープ、アルボナース、塩化ナトリウム、ビーカー（100ml）

(2) 方法

厚紙を使って迷路を作成し、それぞれの条件下での交替性転向反応による動きを調べた。

ア 餌をBとCにおき、ダンゴムシがCとDに動いたら、交替性転向反応を阻止できたとし、雄と雌で分けて実験を行った。

イ 陰をBとCにつくり、ダンゴムシがCとDに動いたら交替性転向反応を阻止できたとし、実験を行った。

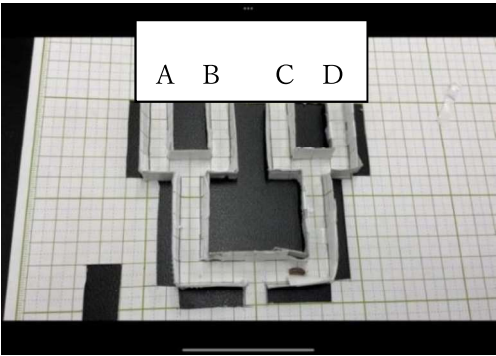


Fig.1 実験に使用した迷路

4 結果

陰をつくった迷路では、五回中、四回ダンゴムシが本来向かう方向とは逆の方向へ進み、交替性転向反応とは逆の動きを見せた。また、餌を置いて行った実験では五回中、三回雌のみ交替性転向反応とは逆の動きを見せた。

Table 1 餌を置いた時の雄の動き

分岐回数	1	2	3	4
1	L	R	L	R
2	L	R	L	R
3	L	R	L	R
4	R	L	R	L
5	R	L	R	L

Table 2 餌を置いた時の雌の動き

分岐回数	分岐路1	分岐路2	分岐路3	分岐路4
一回目	L	R	R	L
二回目	L	R	R	L
三回目	L	R	R	L
四回目	L	R	L	R
五回目	L	R	L	R

Table 3 陰をつくったときの動き

分岐 回数	分岐 路 1	分岐 路 2	分岐 路 3	分岐 路 4
一回目	L	R	L	R
二回目	L	R	R	L
三回目	L	R	R	L
四回目	R	L	L	R
五回目	L	R	R	L

5 考察

迷路の A と D にエタノールを散布し、ダンゴムシの動きを観察した。ダンゴムシは、エタノールをよけずに、交替性転向反応を優先した。このことから、ダンゴムシは外的な刺激による影響に強く、交替性転向反応は非常に強い本能的行動だと分かった。餌を使った実験では結果が異なる場合があった。雌は餌によって交替性転向反応を阻止でき、特に産卵期と思われる個体は一時的に食欲が高まり餌に引き寄せられたと考えられることから、交替性転向反応を阻止するには個体の生理的状态を考慮する必要があると考えた。

6 結論

実験から、ダンゴムシの交替性転向反応は非常に強い本能的行動であるとわかった。また、特定の条件下では、交替性転向反応を示さなかった。このことから、ダンゴムシは、自分に適した環境を発見すると、交替性転向反応よりも、自分に適した環境への移動を優先する。

7 展望

実験の精度を上げるために同じ個体で全ての実験を行った。しかし、何度も同じ迷路を歩かせると次第にダンゴムシの速度が遅くなり、とても時間がかかった。それにより実験回数が少なくなってしまった。土を使って実験を行ったが、匂いなどが残ってしまい、次の実験に影響が出てしまった可能性があるため、実験の確実性が低い。実験を行う順番も考える必要があった。

8 感想

ダンゴムシの研究を通して、小さな生き物でもただ動いているだけではなく、決まったパターンや条件に応じて行動を変えていることに気づいた。特に、交替性転向反応の様に、前に曲がった方向と逆に進むような傾向が見られることに驚いた。思い通りに動かないことも多く、何度もやり直す中で、どうすれば自然な動きを観察できるのかを考えながら工夫する大切さを学んだ。予想通りにいかない行動も、データとして意味があると分かり、研究する面白さを感じた。身近なダンゴムシでも、実際に観察してみないと分からないことが多く自分で確かめることの大切さを改めて感じた。

9 参考文献

- (1) 岩田清二・渡辺宗孝 (1957), ダンゴムシにおける交替性転向反応

ダンゴムシの交替性転向反応の抑制

〈背景〉

交替性転向反応：右に曲がった後は左に、左に曲がった後は右に曲がる性質。

その理由として、BALM仮説、走解性仮説がある。

BALM仮説：ダンゴムシが角を曲がる際、カーブの外側の脚の方が内側の脚より作業量が大きくなる。
この差を平均化するために交替性転向反応をするという仮説。

Table 1 陰の有無による交代性転向反応

予備実験結果	1回目	2回目	3回目
個体A	×	○	○
個体B	×	○	○
個体C	×	○	×

○：交替性転向反応をした。
×：交替性転向反応をしなかった。

交替性転向反応は状況によって抑制できる可能性があると考えた。しかし、実験数が少なく、信憑性に欠けるため、より多くデータを集める必要があった。

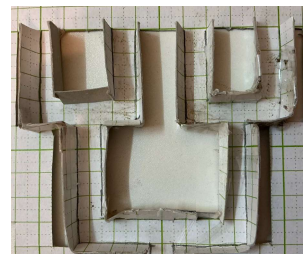


Fig.1 使用した迷路

〈仮説〉 ダンゴムシの交替性転向反応は、誘引される条件を示すことで抑制できる。

〈方法〉

- (1) 黄色の部分にダンゴムシを置いた。
- (2) 実験を以下の①～⑥の条件に分けて行った。

- | | |
|------------|------------|
| ①雄、区間Aに落ち葉 | ②雌、区間Aに落ち葉 |
| ③？、区間Aに陰 | ④雌、区間Aに土 |
| ⑤雄、区間Aに土 | ⑥？、区間Bに食塩水 |

- (3) 各条件を5回行った。

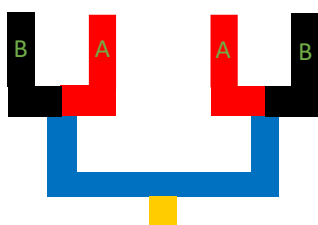


Fig.2 使用した迷路の模式図

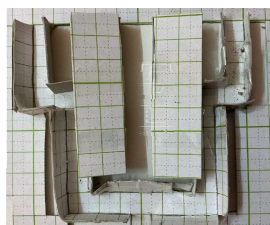


Fig.3 ③で実際に使用した迷路

〈結果〉

Table 2 各条件下での交代性転向反応の結果

実験結果	1回目	2回目	3回目	4回目	5回目
①	○	○	○	○	○
②	○	×	×	×	×
③	×	×	×	○	○
④	○	○	×	○	○
⑤	○	○	○	○	○
⑥	○	○	○	○	○

○：交替性転向反応をした。
×：交替性転向反応をしなかった。

- ・①、②から雌は落ち葉によって交替性転向反応を抑制できる。また、雄は落ち葉の影響を受けない。
- ・ダンゴムシは、陰によって交替性転向反応を抑制できる可能性がある。

〈考察〉

- ・雄は全ての条件で交替性転向反応を優先したことから、ダンゴムシは外的な刺激による行動の変化が起きにくく、環境変化では左右されないほど非常に強い本能行動だと考えられる。
- ・雌は餌によって反応を抑制できることが示唆された。雌が繁殖期だったことや、ダンゴムシの殻形成においてカルシウムが不可欠なこと²⁾、落ち葉にカルシウムが含まれていることから³⁾、食欲が高まり落ち葉に引き寄せられたと考えられるので、交替性転向反応を抑制するには個体の生理的状态を考慮する必要がある。

〈結論〉 ダンゴムシの交替性転向反応は、特に雌において誘引される条件を示すことで抑制できる。

- ### 〈展望〉
- ・繁殖期の雌とそうでない雌で同様の実験を行いたい。
 - ・飢餓状態にすると結果に差が出るか確かめたい。
 - ・結果の精度を上げるために、同じ個体で実験を行い、実験回数を増やしたい。

〈参考文献〉

- (1) 岩田清二・渡辺宗孝, (1957) ,ダンゴムシにおける交替性転向反応
- (2) 横尾直樹ら, (2009) ,オカダンゴムシの外骨格における炭酸カルシウムの結晶学的解析
- (3) 河原, 輝彦; 堤, 利夫, (1971) , Litter fallによる養分還元量について (I): 養分含有率の季節変化

数学と音楽（ピタゴラス音律）講義報告書

1 目的

講義を通じて、音楽と数学の関係について考え、数学への知識を深める。

2 実施日

令和7年7月1日（火）

3 研修場所

静岡市立高等学校 4階 物理室

4 講師

常葉大学保育学部 倉藤 理大 先生

5 講義タイトル

音楽の和音と数学の関係に迫る

6 講義内容

まず、ヨハン・ゼバスティアン・バッハのゴルトベルク変奏曲から「アリア」という曲を鑑賞した。この曲は当時、不眠症に悩まされていたヘルマン・カール・カイザーリンク伯爵が、眠れない夜に少しでも気を晴らしてくれるような音楽が欲しいという願いから作曲されたと言われている。そのため、明るくゆったりとした曲だと思った。音楽鑑賞を行う上で感想を書く際に、「何を書いていいかわからない」「何が正しいのかわからない」と困る人が多い。音楽鑑賞での感想を書くコツは、簡単でいいから何でも書き、それを具体的に書くことだ。例えば、「穏やかだった」で終わらすのではなく、「どう穏やかだった」などと内容を掘り下げるように書く方が良い。だが、音楽鑑賞に答えはないので、自由に書くことが大切。音楽はメロディー、リズム、ハーモニーの三つの要素で構成されている。メロディーは、曲の主題や主張を担い、聴き手の注意を最も引く部分だ。音の高さや長さが連続して変化することで生まれる、歌や主旋律のことだ。ハーモニーは、複数の音が同時に響き合うことで生まれる調和のことだ。曲に深みや色彩を与え、メロディーを支える役割がある。リズムは、音の長短や強弱によって時間的な秩序を与えるものだ。音楽に動きやグルーブを生み出し、リズムなくして音楽は存在しえないと言われている。これらをまとめて「音楽の三要素」という。そして、音の振動数の比について話された。ギター弦をはじくとドが鳴るように設定された弦を弾いた。音の比が1 : 1の時は同じ音が鳴る。弦の抑え方を1 : 2の時は完全八度、すなわち1オクターブ上の同じ音が鳴る。弦の抑え方を2 : 3の時は完全五度、すなわちドとソの関係である。この比率の差が小さいほど、気持ちの悪い音が鳴る。ドとソの関係のように七音の差があるとよく調和する。七音の差ずつ音を入れていくと、ドとソ、ソとレ、レとラ、ラとミ…と埋まっていき最終的に12音ちょうど埋まる。だから音は12音だと考えられる。4 : 3 : 5だと明るい長調となり、3 : 4 : 5だと暗い短調となる。だから、ドとミとソは明るい長調となる。

次に、ライラックの名言について話された。「音楽は隠れた算術と営みであるが、そこに携わ

っていない人は、自分が数を操作していることに気づかない。」という言葉だ。音楽をやっている時は数学を勉強しようと思っていなくても勝手に数学を勉強している。このように、数学は気づかない所で関わっている。

音楽は古代ギリシャの時代からあり、数的秩序に基づいていると発見されている。ピタゴラス学派は、音楽の美しさと秩序を数学的に解明しようとし、音楽理論の発展が促進された。中世ヨーロッパでは、人間が身につけるべき教養として自由七科が重要とされていた。その中には音楽が含まれている。

7 感想

私は今回の講義を通じて、音楽と数学の関係について詳しく知ることができた。音楽と数学の関係は、拍やHzしかないと思っていたが、数学譜や比などたくさんある。特に比が大きく関係している。比を使ったから12音階になり、きれいな調和が出来るようになった。このことに私はとても驚いた。また、ギターの弦を押さえる位置の比で音を比べることにより、音の比について理解することができた。調和する音を自分で鳴らして、どれが良い音でどれが嫌な音か比べることで、より音楽と数学の関係について考えることができた。ここでも比が関わっており、その比がピタゴラス数と同じだったので、ピタゴラスの凄さに感心した。音楽では自分で意識をしていなくても計算をしていたように、自分が気づかない所で数学はあらゆる物に関わっている。だから、気づくことが難しい。どこに関わっているかを見つけるのは数学の問題も一緒だと思う。何の公式を使うか、どのように工夫したほうがいいのかなど、問題を解くうえで気づくことは必要な力だ。私にはこの力がなく、気づくことができない。私は数学が苦手なのはこれが原因だと思う。日常生活で数学に気づいたり、公式に気付いたりするために、数学について探究していきたい。そして、今後の探求活動へ活かし、自分の力をつけていきたい。また、数学のおかげで音楽が成り立つように、数学は様々なことで日常に関わっている。例えば、機械が使えることや、物を作ること、遊ぶことなど数学があるおかげでできることが多くある。数学の便利さに改めて感心した。

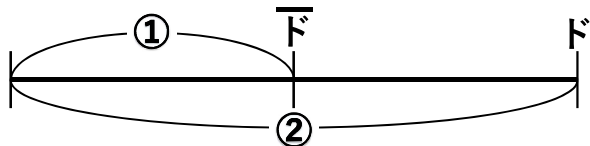
数学的探究～音楽の和音と数学の関係に迫る～

予備知識

オクターブ：高さが違うけれど同じ名前の音
三和音：3つの音で構成される和音

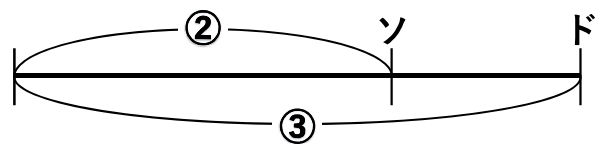
弦

オクターブの関係 $\text{ド} : \overline{\text{ド}} = 2 : 1$



ドの弦の半分の長さの弦は
1オクターブ高いド（ $\overline{\text{ド}}$ ）になる

ドとソの関係 $\text{ド} : \text{ソ} = 3 : 2$



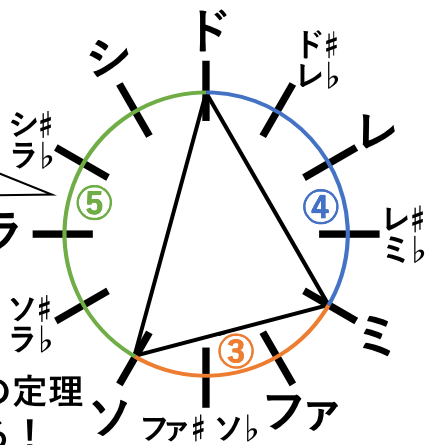
ドの弦の3分の2の長さの弦はソになる

弦の長さが2分の1になると振動数は
2倍になるが、これが1オクターブ高い音

和音

- ①12音を輪に並べる
- ②ド、ミ、ソを頂点とする円に内接する三角形を描く
- ③各弧の比を調べる

弧の長さが
4 : 3 : 5になる



和音にはピタゴラスの定理
と同じ数が隠れている！

1オクターブを12分割した音階はピタゴラス
が作った！（周波数比3:2の音程を基準）

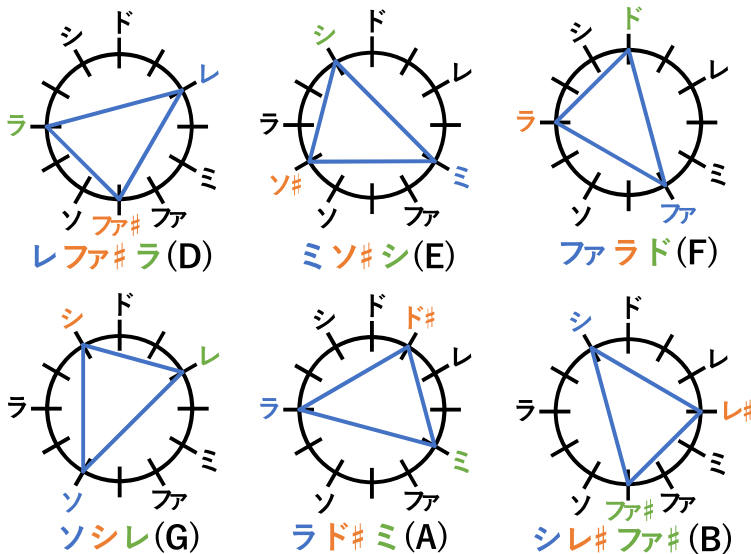
感想

12音を輪に並べてドミソの和音をプロットすると、弧が4:3:5の三角形を知り、ほかの和音でも三角形を作ったと、メジャーコードではすべて4:3:5になっていることが確認できた。

人間が心地よく感じる和音に秩序があるのはなぜか、さらに調べてみたい。

ド、ミ、ソ以外の和音

レファ#ラ、ミソ#シなどのドミソ以外のあまり知られていない和音も4:3:5になる。



メジャーコードは、すべて4:3:5

古代ギリシャでは

音楽が数学的秩序に基づいていると発見

音楽が数学と結び付けられた

音楽の美しさと秩序を数学的に解明しようとし
これにより音楽理論の発展が促進された

中世ヨーロッパでは

人間が身に付けるべき教養として自由七科
（三学四科）が重要とされていた

三学：文学、修辞、論理学

四科：算学、幾何学、天文学、音楽

算学と音楽が同じ四科に入れていることから
中世ヨーロッパでも数学と音楽は結びついて
考えられていた。

音楽は隠れた算術の営みであるが、
これに携わっている人は、自分が数を
操作していることに気づいていない
（ライプニッツ:17～18世紀の科学者・哲学者）

参考文献

- (1) 読めば分かるくどい楽典 (2025年), オクターブとは? 楽譜なしで超わかりやすく解説! | 読めば分かるくどい楽典, https://umikane.com/musical_grammar/read_music_for_beginners/octave_gakuhunasi/, 最終閲覧日:2025/07/30
- (2) OTO×NOMA, コードの基本中の基本! 主要な三和音&四和音を理解しよう! - OTO×NOMA, https://kensukeinage.com/chord_basic_triadtetrad/, 最終閲覧日:2025/07/30
- (3) ピアノ塾 (2018年), 初心者必見! 最初に覚えるピアノコード一覧 | ピアノ塾, <https://pianojuku.info/piano-beginner-chord/>, 最終閲覧日:2025/07/29

ゲーム理論（ナッシュ均衡）報告書

1 目的

世の中の事象の中からゲーム理論を用いてナッシュ均衡を見つけ出すことで、数学的に捉える有用性を学び、数学的な探究における視野を広げる。

2 研修日

令和7年12月9日

3 研修場所

静岡市立高等学校 物理室

4 講師

静岡市立高校 富永 周吾 先生

5 講義タイトル

ゲーム理論～ナッシュ均衡と現実社会のジレンマ～

6 講義内容

（1）ゲーム理論について

ア ゲーム理論の定義

ゲーム理論とは、複数のプレイヤーが互いに影響を与え合う状況を数学的にモデル化し、各プレイヤーが自身の利益を最大化するにはどんな選択をするかを分析する学問である。

イ ジョン・フォン・ノイマン

ゲーム理論の起源は、1944年で、ノイマンがオスカー・モルゲンシュテルンとの共著の『ゲームの理論と経済行動』である。内容は、自分だけでなく相手の行動も含めて自分が出せる最高の手段を考える。例えば、じゃんけんでは、相手が何を出すか考えて手を決める。同業者同士の価格競争では、他の店が値下げするかどうかを予想して自分の店の商品の価格を決める。

ウ ジョン・ナッシュ

1950年代にナッシュが「ナッシュ均衡」を発表し、経済学や政治学、ビジネスなど様々な分野で活用された。内容は、ゲーム理論において、複数のプレイヤーが互いに最適な戦略を選び合っており、どのプレイヤーも自分一人だけ戦略を変えたとき得をしない状態。

エ 利得表とは

ゲーム理論において、複数のプレイヤーが取りうる選択の組み合わせごとに、各プレイヤーが得られる利得（報酬や損益）を数字で示した表のことである。複雑な状況で直観に頼らず、合理的な選択をするために、状況をモデル化して考えるためのものだ。

（2）利得表とナッシュ均衡について

ア 囚人のジレンマ

二人の共犯を疑われている囚人が、それぞれ個室に呼ばれて相手を裏切って情報を吐くことで減刑してもらえるという条件を出された。そのとき囚人は、それぞれ自分の利益を最大化しようと合理的に行動し相手を裏切

った結果、協力した時よりも全体として悪い結果に陥ってしまっている。この状況を囚人のジレンマと言う。お互い自白しないことを信じる、もしくは自分の利益だけを考えなければ、全体としていい結果（お互い黙秘）となる（Table 1）。

イ ナッシュ均衡

複数のプレイヤーが互いに合理的に読み合い、その選択を変える必要がなくなる、安定した状態をこのゲームの「解」と呼ぶ。そして、複数のプレイヤーが互いに最適な選択をして、その状態から自分だけ選択を変えたとしても利益を増やせない状態のことをナッシュ均衡という。（Table 1）-赤枠線

ウ ただ乗りのジレンマ

ある集団の利益（公共財）に対し、自分は負担せず、他者の貢献によって得られる利益だけを受け取ろうとする行動が、結果的に集団全体の利益を損ねてしまう現象のこと。別名フリーライダー問題とも呼ばれる社会的な問題である。貢献しない方が利益だけ得られるので、個人は「タダ乗り」を選びたくなり、さらにエスカレートし、全員がタダ乗りをすれば、公共財は供給されず、全員が損をすることとなる。

エ なぜ傍観者は傍観するのか

今も減ることのないいじめ問題も利得表を用いて表すと傍観者が傍観する理由が見えてくる。（Table 2）傍観者であるBさんがいじめを注意するという選択をしたとき、傍観者の集団が注意するという選択をしたとする。このとき、Bと集団が一体となり注意するのでいじめは改善に向かうが個人の利得は低い。次に、集団が見逃すという選択をしたとすると、Bは一人で注意することとなる。すると、Bだけが目立ち、立場も悪くなるためBの利得は極端に下がる。一方、Bが見逃すという選択をしたとき、集団が注意するという選択をしたとすると、Bは標的にされるリスクを負わずに済むので利得は上がる。集団の誰かの立場が悪くなるので利得は下がる。また、集団も見逃すという選択をしたとすると、現状維持でいじめが継続してしまう。このように考えてみるとなぜ見逃すという選択を多くの人がしてしまうのかというと、このゲームの解が「見逃す」だからである。いじめを止めることはリスクでしかなく、リスクを回避することが合理的判断だと言える。傍観者が傍観してしまうのは単に勇気がないのではなく、止めると損をする構造にあると言えるわけである。

Table 1 囚人のジレンマの利得表

A / K	黙秘	自白
黙秘	(1, 1)	(5, 0)
自白	(0, 5)	(3, 3)

Table 2 傍観者のBと集団の利得表

B / クラス	注意する	見逃す
注意する	(1, 1)	(-5, 2)
見逃す	(2, -2)	(-1, -1)

7 感想

今回の講義を受けて、問題の原因を構造としてとらえる視点や人の行動を感情ではなく構造で理解することを学ぶことができた。また、合理的に考えると最も望ましい行動が選ばれやすい行動とは限らないことが分かりました。このことから、人を動かすには感情ではなく状況や仕組みであると考えました。身の回りにある、人間の非合理的な行動も利得表をつくれれば納得できるようになるのかもしれないと考え、とても良い学問だと感じました。

変分解析（数理モデリング） 報告書

1 実施期間

令和2年2月10日（火）

2 講義場所

静岡市立高校 物理室

3 目的

- ・数学の研究の仕方や数学者の視点を専門の大学の先生から学ぶ。
- ・数学を用いて、自然界における様々な条件の中で、最適な形状を見つける。

4 講師

- ・東京都立大学 理学研究科 数理科学専攻 シュワドレンカ カレル 先生

5 講義タイトル

ちょうどいいカタチを見つけるための数学
～最適性を大事にする自然界と数学者～

6 講義内容

数理モデリングを用いて、形における最適解を数学的に発見することを目的とした。数理モデリングにおける有名な問題を3つ用いた。その3つの問題は、ディド女王の問題（Fig. 1）、ガリレオの梁の問題（Fig. 2）、最急降下曲線の問題（Fig. 3）である。

ディド女王の問題では、決められた長さをどのように線を引きれば最大となる面積を手に入れられるかを数学的に考えるものである。この問題を考える際、同じ周長をもつ n 角形では、 n の値が大きいほど、面積は大きくなるという特性を利用した。同じ面積をもつ図形では、 n の値が大きいほど、周長が短くなる。この特徴から、周長が限られている場合に、最大の面積を求めるには円を用いると良いと考えられる。

ガリレオの梁の問題では、見えているものを単純な図で表し、その図を用いて表現できるようにした。この時、言葉で表現できるようにすることが重要である。

最急降下曲線の問題では、微分法や積分法を用いて問題に取り組んだ。この問題の結論として、サイクロイドを用いると良いということが判明した。サイクロイドとは、円が規則に従い、直線状を転がる際に、円周上にある一点が描く曲線である。微分法は、曲線の傾きを求める際に用いられ、接線を求めることにつながる。積分法は、面積を求める際に用いられる。微分と積分を用いることで、最大面積を求めることができる。最大化または最小化を求める際に用いられるオイラー＝ラグランジュ方程式と呼



Fig.1 ディド女王の問題

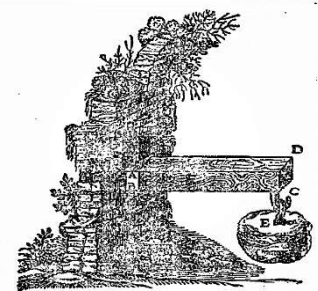


Fig.2 ガリレオの梁の問題

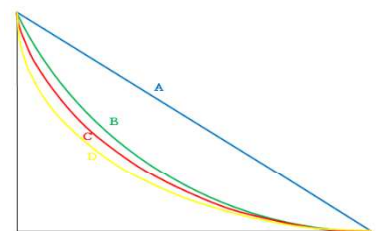


Fig.3 最急降下曲線の問題

ばれる変分数もあり、これはサイクロイドに関連するものであると学んだ。関数を用いて解を探することができるが、関数には無限の次元がある。形において最も重要なものは関数を用いることである。

生物の細胞の形の変化を観測する際にも、数学的に考えることができる。細胞の形が、数学的に最も合理的なものに近づく傾向にあるものが、数多く存在する。数学で解明できるものは数学の範囲にとどまらず、生物や物理など、さまざまな学問において活用されている。

ディド女王の問題では紀元前にできたものだとされており証明されるまで、さまざまな研究者の発見があり証明することができた。問題によっては何世紀もの時間を経て証明されるものもある。

7 感想

今回の講義で扱った数学は、私が知らないもの、触れたことのないものがあり、新たな考え方や学んだ知識の使い方の変化が期待できる。数理モデリングで重要になることは関数を扱うことであり、さらにその関数を上手く扱う事だろう。数学は様々な発見が積み重なり応用しそれらを使い、新しいことに挑戦できる。ディド女王の問題のように、どのようにして最大の面積を導くかの問題は地形によっても異なる場合があるため、地形も考慮しなければならない。考慮しなければ、正確な解から遠ざかってしまうので数学で重要になるものは知識だけではなく、深く考える力もやはり重要だった。ガリレオの梁の問題は、物理学に近いものとなっているため、数学は自然科学を表すために、用いられるという事を強く実感した。最急降下曲線では、道のりが一番短いはずの直線よりも道のりが長い曲線の方が速く目的地に到着したため、なぜそのような結果に至ったのか、どのようにして、その考え方を導くことができたかを知れた重要な機会になった。答えの知られていない問題では、高校数学で習うような答えが既にわかっている問題ではないため、間違えていても気づくことが難しい。そのため、今回扱った3つの問題が証明されていく過程で考慮しきれなかったものもあった。だからこそ、数学を探究するには一人きりだと非常に困難だと感じた。微分積分は物理基礎でも登場しているが、微分積分の説明は省かれていたため、なぜそのような接線をとるのか、と疑問であった。しかし、その接線が微分の考え方を使っていることを知り、今回の講義では、疑問に思っていたことへの理解も深まった。今回の講義では、自分でなぜ同じ面積の図形では正 n 角形のとき、 n の自然数の値が大きいほど、周長が長いかを証明する時間をいただいた。このとき、まだ数学の授業では扱っていないので解けないと感じたが、知っている知識を応用することによって証明することができた。数学には、まだ見つかっていない性質や法則がある可能性があり、それが見つかれば、さらに新しい発見や未解決問題も解ける可能性がある。

8 参考文献

- (1) 「ディドー問題」を知っていますか？https://note.com/hot_yucca2985/n/n1f92c36b6c9e
(最終閲覧日 2026 年 2 月 18 日)
- (2) スキーの最急降下曲線 <https://www7b.bioloobe.ne.jp/~math-tota/su3/ski.htm> (最終閲覧日 2026 年 2 月 18 日)

富士山フィールドワーク報告書

1 目的

- ・自然を対象に探究する手法を学び、自然とのかかわりについて理解を深める能力や態度を養う。
- ・富士山の地質学的な特徴を学ぶとともに、自然環境を総合的に捉える視点を養う。

2 実施日

令和7年7月20日（日）、25日（金）

3 研修場所

7月20日（日） 宝永火口

7月25日（金） 紅葉台、コウモリ穴、白糸の滝

4 講師

- ・常葉大学 社会環境学部 社会環境学科 西原 歩 先生
- ・静岡大学理学部地球科学科、静岡大学総合科学技術研究科理学専攻地球科学コース学生4名 (Teaching Assistant)

5 内容

(1) 宝永火口

宝永火口は上から順に第一火口、第二火口、第三火口という3つの火口で構成されている。これらの火口の大きさはとても大きいことから約300年前の宝永の噴火がとても激しいものだったということがわかる。まず第二火口、第三火口で噴火し、次に宝永山ができ、その後第一火口で噴火したと地形から推測できる。しかし、宝永山がどのようにしてできたかは詳しくわかっていない。



Fig. 1 宝永火口

富士山の周りにはいくつかの火口がある。山頂の火口が最後に噴火したのは今から約2300年前であり、その後は富士山の山腹や山麓の側火口で噴火した。現在残っている大きな噴火口は山頂の噴火口と宝永火口であるが、これは以前に噴火した多くの火口はその後の噴火の影響で削れたり埋まったりしてなくなってしまったからである。実際には山頂の火口と宝永火口以外の多くの火口で噴火が起こった。

斜面の崩壊などで富士山の姿は常に変化しているため、今と同じ姿の富士山は今しか見ることができない。

(2) 紅葉台

富士山は864年から866年にかけて起こった貞観の噴火によって地表に溶岩が大量に堆積した。このとき堆積した溶岩を青木ヶ原溶岩という。かつて剱の海があったと考えられる場所で行ったボーリング調査から、青木ヶ原溶岩はある地点では135mもの厚さで堆積していることがわかった。青木ヶ原溶岩が堆積した地域は焼け野原となったが、その後1000年以上もの長い時間をかけて再生し、現在の青木ヶ原樹海となった。また、このとき大量の溶岩が堆積したことによりもともとあった剱の海という湖が埋め立てられた。剱の海が埋め立てられずに残った部

分が現在の西湖と精進湖である。刻の海が埋め立てられたことは歴史書からわかる。もともと1つの湖だったため、この2つの湖は現在も水面の高さが同じである。

溶岩は高い場所から低い場所へ流れるため、火山の噴火などで溶岩が流れてきたときにはなるべく高い場所に移動するとよい。

(3) コウモリ穴

コウモリ穴は富士山の貞観噴火の際に流れ出た青木ヶ原溶岩の内部にある溶岩トンネルである。溶岩鍾乳石で構成されている。

地中を流れる溶岩が先に進めなくなると上に移動する。溶岩は地表に出て空気にふれると表面の部分は固まって流れなくなるが、溶岩の内側はまだ熱いため、下流に向かって流れていく。このような溶岩の移動や火山ガスが抜けることにより溶岩の中に空洞ができ、溶岩トンネルができる。



Fig. 2 コウモリ穴

(4) 白糸の滝

白糸の滝は1万4000年前の溶岩である白糸溶岩のある場所に位置している。そのため、地学的に考えると白糸溶岩よりも下の堆積物は1万4000年以上前の堆積物ということになる。

水は一か所だけでなく複数の場所から流れている。白糸の滝の水は川の影響で出ているものだけでなく、水を通しにくい地層を避けて地下から出てきた地下水も含まれている。

白糸の滝は水の力で地面が削られ、年に約2cm後退している。



Fig. 3 白糸の滝

6 感想

フィールドワークを通して、富士山の大沢崩れや白糸の滝の後退について知り、自然は常に移り変わっていくものであることを実感した。そのため、富士山や白糸の滝などの自然の現在の姿を記録して将来の世代に伝えることは、人々の自然へ理解を深めるうえで大切だと思った。

フィールドワークを通して、富士山やその周囲の自然について今までよりも魅力を感じるようになった。現在、富士山やその周囲では観光客の増加などによる様々な問題が起こっている。美しい富士山を守るために観光などの人々の活動と自然環境の維持を両立していく方法を考えていく必要があると思った。

フィールドワークで実際の体験を通して学習でき、授業や自習などの普段の学習よりも実感をもって、楽しく学ぶことができた。このように実際の体験を通して学ぶと経験としての深く理解することができるため、大切だと思った。これからも体験を通して学ぶということを大切にしていきたい。

7 参考文献

- (1) 静岡大学 防災総合センター (2009 年), 活火山富士山がわかる本 宝永火口, <https://www.cnh.shizuoka.ac.jp/research/barchive/mtfuji/012-2/>
- (2) 特定非営利活動法人 日本火山学会 安井真也 (2002 年), 火山学者に聞いてみよう ― トピック編 ― 火山の形状と地形 溶岩洞穴 Question #2519, <https://kazan-g.sakura.ne.jp/J/QA/topic/topic25.html>

富士山フィールドワーク報告書

1 目的

- ・自然を対象に探求する手法を学び、自然とのかかわりについて理解を深める能力や態度を養う。
- ・富士山の地質学的な特徴を学ぶとともに、自然環境を総合的に捉える視点を養う。

2 実施日

令和7年7月20日(日)

令和7年7月25日(金)

3 研修場所

令和7年7月20日(日) 宝永火口

7月25日(金) 紅葉台、コウモリ穴、白糸の滝

4 講師

- ・常葉大学 社会環境学部 社会環境学科 西原 歩 講師
- ・静岡大学理学部地球科学科、静岡大学総合科学技術研究科理学専攻地球科学コース学生4名 (Teaching Assistant)

5 内容

(1) スコリア

スコリアは、火山活動によって噴出した溶岩が急冷し、内部に多くの気泡を含んだまま固まった多孔質の火山岩だ。色は黒色や暗褐色が多く、表面はざらざらとして軽いのが特徴だ。形成時には、マグマに溶け込んでいたガスが急激に膨張し、泡状の空洞が無数にできるため、密度は低く、水に浮く場合もある。スコリアには主に玄武岩質や安山岩質のマグマから生じ、火山の噴石や火山礫として堆積する。多孔質ゆえに断熱性や通気性が高く、軽量骨材、造園材、排水材などに利用される。また、見た目が似ている軽石と比べると色が暗く、密度がやや高いという違いがある。また5合目付近では赤色のスコリアが見られた。火口から少し離れたスコリアは火山の噴火で高く打ち上げられ約900度から0度以下に変化するため。スコリアが酸化し赤さびのような色になる。また、山頂付近に多い赤いスコリアは、高温のマグマが噴火し、火口付近に堆積した多量のマグマが、長い間保温され熱を帯び、酸素と多く触れて赤く変化した。

(2) 成層火山噴火仕組み

富士山は、成層火山である。溶岩や火山灰、火山礫などが何度も積み重なった結果、現在の美しい円錐形の山体が形成された。富士山は、ユーラシアプレート・北アメリカプレート・フィリピン海プレートの3つのプレートが交差する場所に位置している。このプレートの境界では沈み込み帯が形成されており、沈み込んだプレートが加熱、溶融されてマグマが生成される。このマグマが上昇して地表に噴出することで、あの形ができた。これが富士山の継続的な火山活動の根

本的な要因である。火山は、地下のマグマだまりにガスが溜まり、圧力が限界を超えたときに噴火する。噴火には溶岩流・火山灰・火山弾・火砕流などがある。発生の規模や性質は火山ごとに異なる。特に火山弾は大きな被害を出す火山噴出物の1つだ。

(3) 富士山の噴火

富士山のマグマは玄武岩質で粘性が低く、比較的穏やかな噴火が多いためなだらかな坂の形をしている。そのような歴史の中の富士山の記録上最大の噴火は1707年の宝永噴火だ、この噴火は山頂からではなく南東斜面の中腹にある「宝永火口」から大量の火山灰が噴出した。この火山灰は江戸（現在の東京）にも降り積もり、農業や生活に深刻な影響を与えた。富士山はそれ以降300年以上噴火していないが、現在も活火山に分類されており、今後の噴火が懸念されている。そして、富士山の過去の噴火傾向や噴火口の場所から、南東方向や頂付近が噴火の中心となりやすいと考えられている。噴火に伴う危険な現象としては、火砕流・溶岩流・降灰・噴石などがあり、とくに火砕流は高温・高速で斜面を下るため甚大な被害を及ぼす可能性がある。また、富士山には大規模な山体崩壊の痕跡もあり、将来的に地震などが影響して再び崩壊する可能性がある。さらに噴火時には、空中に飛ばされたマグマが急冷されてできるスコリアや火山弾、さらには火山灰なども多量に放出される。これらの火山噴出物から、噴火の性質や規模を推定することができる。

6 感想

火山と共生するには、科学的理解と防災意識の両立が不可欠であると強く感じた。また、火山は災害をもたらす一方で、地熱エネルギー、温泉資源、観光資源など、多くの恩恵を与えてくれる存在でもある。富士山周辺では、温泉や観光地としての活用が進んでおり、特に白糸の滝やこうもり穴などは、多くの人々が訪れる地域となっている。また、将来の噴火に備えてハザードマップの整備・避難訓練・監視体制の強化が進められており、「災害と共に生きる」ための取り組みが重視されていると感じた。今後も自然の脅威と恩恵を正しく理解し、富士山と向き合いながら生きていく姿勢が求められていると考える。

また、西原さんに質問をしたところ、白糸の滝を見学した時に流れている水は約2009年に降った雨であるらしく約15年であり自分が生まれたときに降っていた雨の水だと感動した。

富士山の歴史と宝永山

目的

- ・自然を対象に探究する方法を学び、自然との関わりについて理解を深める能力や態度を養う。
- ・富士山の地質学的な特徴を学ぶとともに、自然環境を総合的に捉える視点を養う。

火山

噴火をする地形
平地やくぼ地も含まれる。

噴火

マグマや火山噴出物を吹き出す現象。

火山噴出物

- ・スコリア

噴火で上空に飛ばされ、空中で急激に
冷え固まった溶岩。



Fig.1 スコリア

- ・スパター

上空に飛ばされず、
地表でゆっくりと冷え固まった溶岩。

富士山

- ・約10万年前に活動を始めた比較的新しい火山
- ・宝永噴火以来300年以上噴火していない
- ・活動は続いている



Fig. 2 水ヶ塚駐車場から見た富士山

記録的な噴火

- ・貞観噴火

864年の6月中旬に発生

大量の溶岩が流れ出し、1立方キロメートル以上を覆った。せの湖という広大な湖を埋め立て、現在の精進湖と西湖に分断した。

広がった溶岩の上に
青木ヶ原樹海が形成された。



Fig.3 青木ヶ原樹海

- ・宝永噴火

1707年12月16日から翌年1月1日まで。中腹で発生。はじめは安山岩質を噴出し、その後は玄武岩質のマグマの激しい爆発的な噴火をした。

感想

実際に現地に行くことで、調べるだけでは分からないことまで知見を得ることができた。また、現地では分からなかったことを自分で調べることで、さらに理解を深めることができた。これらの経験で得た広い視野や多角的な視点をこれからの活動で活かしていきたい。

宝永山

宝永噴火によりできた山。
第一火口、第二火口と一部重なっている。
地形から宝永山が形成されたのは第二火口が形成されてから第一火口が形成されるまでの間の期間ということがわかる。

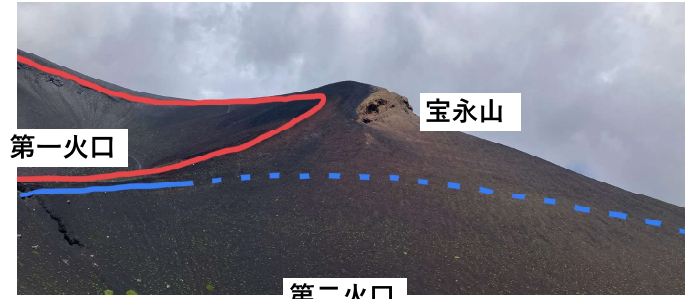


Fig.4 宝永山と火口

宝永山がどのように形成されたか

- ・噴火での噴出物が堆積してできた説
 - ・噴火による地面の隆起によりできた説
- * どちらの説も確証はない

付近には溶岩やまれに黒曜石が落ちている。

黒曜石

流紋岩質マグマの
ガラス成分のみが
急激に冷え固まって
できた火山岩の一種。



Fig.5
宝永山近くで発見した黒曜石

富士付近の地形

コウモリ穴

貞観噴火によってできた溶岩トンネルの一つ。
溶岩の流れの痕跡が多数みられる。

- ・縄状溶岩

粘性の少ない溶岩が緩やかな
傾斜を流れ、表面が固まり、
その下の固まっていない溶岩に
引っ張られて縄を何本も並べた
ような模様を持った溶岩。

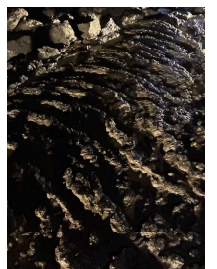


Fig.6 縄状溶岩

白糸の滝・音止の滝

溶岩内にしみ込んだ
雪解け水や雨水などが溶岩を通り、
崖からしみだして
滝となった。

1年に2cmずつ
後退している。



Fig.7 白糸の滝

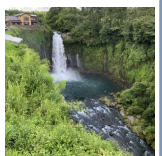


Fig.8 音止の滝

フィールドワークで読み解く富士山の秘密

〈目的〉 ・自然を対象に探究する手法を学び、自然とのかかわりについて理解を深める力や態度を養う。

・富士山の地質学的な特徴を学ぶとともに、自然環境を総合的にとらえる視点を養う。

〈実施日〉 7月20日(日) 7月25日(金)

〈場所〉 宝永火口・紅葉台・コウモリ穴・白糸の滝

〈講師〉 常葉大学 社会環境学部 社会環境学科 西原 歩 先生

1,火山とは？

地下に存在するマグマが地表に噴き出てきた地形

- ①爆発的噴火(噴火が激しいもの)
 - ②非爆発的噴火(噴火が穏やかなもの)
- ガスの抜け具合によって爆発の仕方が変わる

火山で出てくるもの(噴出物)

- ・軽石・スコリア
溶岩が急に冷えて、固まったもの。
- ・火山灰
火山から噴出した細かい鉱物などの集まり。
- ・火山弾
火口から飛び出した溶岩の塊。



Fig.3 火山灰



Fig.2 火山弾

富士山の二大噴火

- ・864年 貞観噴火
広範囲に溶岩流が流れ込んだ大噴火。爆発が弱く、溶岩流を噴出させた。
- ・1707年 宝永噴火
富士山の噴火の中で最も激しかった噴火。大量の火山灰・軽石を出した。



Fig.1 宝永大噴火

2,宝永火口



Fig.4 火口近くの赤いスコリア



Fig.5 火口から遠い黒いスコリア



Fig.6 斑レイ岩

- ・斑レイ岩
深成岩の一種で、富士山の近くにある。



Fig.7 黒曜石

- ・赤いスコリア
堆積物が積み、熱が冷めにくくなるため、ゆっくり酸素と反応して、酸化した。
- ・黒いスコリア
噴出した900℃~1000℃のスコリアが、大気に触れ、一瞬で冷えた。

- ・黒曜石
スコリアよりも速く冷え、表面がガラス状になった。

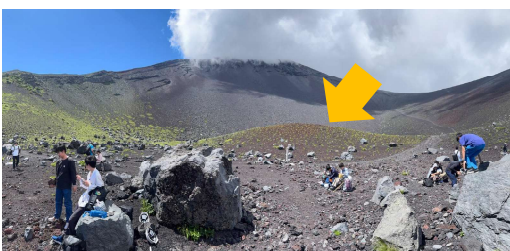


Fig.8 宝永火口の様子

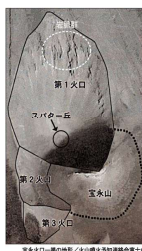


Fig.9 宝永火口の衛星写真

- ・岩脈
マグマが地層などの間を上がり、そのまま冷え固まることでできる板状の岩の集まり。
- ・火砕丘(スパター丘)
火口のへこんだ部分にできる小さな丘のこと。火砕丘は噴火で出た多くの噴出物が降り積もってできたもの。

〈溶岩による地層のでき方〉

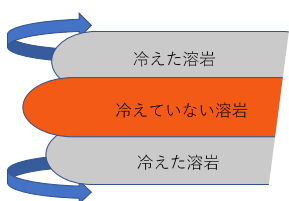


Fig.10 溶岩でできた地層

3,紅葉台



Fig.11 紅葉台からの景色

- ・大室山

噴火によって出てきた噴出物が堆積した山
北東から南西にかけて一直線上に並んでいる
→フィリピン海プレートと、ユーラシアプレートの境目であるため
富士山の5合目の手前までは山ができる
→五合目からは勾配が急になるため、下に転がる

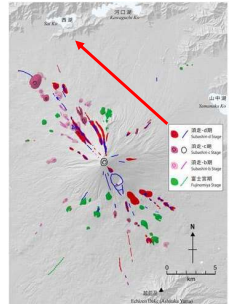


Fig.12 火口の並び

864年の貞観噴火によって青木ヶ原樹海ができた。
溶岩が流れたことによって一度焼野原になったが、およそ1200年の時間をかけて、再生した。
富士山のそばにある「せのうみ」
→貞観噴火の溶岩によっていまの富士五湖に分けられた

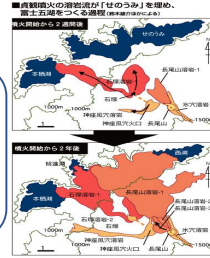


Fig.13 せのうみのでき方

4,コウモリ穴

青木ヶ原樹海の中にある溶岩の通り道(溶岩洞穴)で、全体の長さはおおよそ350m



Fig.14 天井の様子

- ・鍾乳洞のような形
溶岩は、気泡が通った穴が開いているため水の通りが良く、雨水などが滴っている。

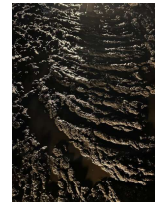


Fig.15 床の様子

- ・縄状溶岩
溶岩が通るときに先に固まった溶岩の上を覆うように、冷えていない溶岩が進んでいった。



Fig.16 珪藻土線

- ・珪藻土線
海の中に溶岩が流れ込み、海の水が蒸発した。その後また水位が戻ったため水位の線ができた。

5,白糸の滝



Fig.17 音止めの滝



Fig.18 白糸の滝

- ・流れている水のほとんどが富士山から流れてきた雪解け水。
- ・本流は「音止めの滝」
- ・滝幅約150mで、毎秒約1.5トンの水が流れている。
- ・富士山とともに、ユネスコ世界文化遺産に登録されている。

- ・火山扇状地堆積物
水が流れている中で、下の土砂はどんどん削られていき、いずれ上の溶岩が耐え切れなくなって崩れていく。

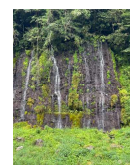


Fig.19 周辺の滝の様子



Fig.20 周辺の滝の様子

6,感想 今回、富士山やその周辺へフィールドワークに行ってみて、どれだけ情報を集めたり、資料を読み込んでも、現地に行ってみて自分の目で見ることで、あらためて学べることがあると実感した。フィールドワークや実験など、自分で体験しないとわからないこともあるため、そのような時間も大切にしていきたいと思う。

7,参考文献

- (1) 富士山宝永噴火絵図～御厨みくりや 歴史文化情報センター 地方(小山・刈穂郷)の状況を中心として～
<https://www.tosyokan.pref.shizuoka.jp/data/open/cnt/3/61/1/3/iroushoukei.pdf>
- (2) 約50年ぶりに富士山の地質図を全面改定
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2016/pr20160715/pr20160715.html
- (3) 貞観噴火と宝永噴火
<https://www.cnh.shizuoka.ac.jp/research/archive/mtfui/003-2/>
- (4) 富士山の噴火史について
<https://www.city.fuji-shizuoka.jp/100405000/p000050.html>

数理生物学講義報告書

1 目的

- ・講義を通して学問への興味や関心を高めるとともに、科学者の生き方に触れることで、自己の在り方について考える機会とする

2 実施日

令和7年7月31日（木）

3 講義場所

静岡市立高校 1階 会議室

4 講師

東京都立大学 理学部 生命科学科 立木 佑弥 先生

5 講義内容

今回の講義では実際の研究を通して、数学を道具として使うことで生物を研究できることを学んだ。まず最初にタケササという植物の開花周期について学んだ。タケササという植物は北に行くほど開花周期が長くなる。例えば東南アジアでは開花周期が3～5年に対し日本では60～90年と差があることが分かる。この開花周期は長いため、一世代で研究をすることはできないが古文書などの昔のデータを元に読み解くことができる。このように昔の文書をデータ化することで実際に観察しなくてもデータを取れる場合がある。タケササの開花周期になぜ差があるのか、実際にタケササを観察することは難しいのでそこでコンピューターを使ってシミュレーションをする。コンピューターを使うことで実際に研究しなくても様々な条件を打ち込み、シミュレーションをすることで統計データを取ることができる。タケササの場合ではシミュレーションによって、北上するほど変化が起こりにくい温帯の気候になりタケササの住む環境に変化が起こりやすく広範囲に明るい場所が多くなるため開花周期が長くなるという結果を得ることができた。この例では、シミュレーションを使って統計を数学的に分析することでタケササの開花周期についての規則を見つけることができた。次に学んだことは植物における共有地の悲劇についてだ。共有地の悲劇とは個人が短期的に合理的な判断をして自分の利益を求めた結果資源が枯渇することである。利益を求めて1人の漁師が過度に乱獲した結果魚がとれなくなったりすることが共有地の悲劇の例である。1968年アメリカの生物学者ギャレット・ハーディンは、論文「コモンズの悲劇」の中で共有地の悲劇を解決するには技術ではなく道徳の基本的拡張が必要であると書いている。この共有地の悲劇は植物でも起こり、共有している植物たちは土の栄養を得るために栄養を吸収するために必要な根を強くしてしまい、植物の栄養が枯渇し種子生産が減ってしまうという現象が起きる。これを防ぐためにどのくらいの根の量があれば種子の生産量を最大にできるかも数学を使って解くことができる。高校一年生の今はわからないが主に微分積分を使うことで解くことができる。一見単純そうな内容でも高校数学を使わなければ解くことができないのである。種子の生産量を最大にする根の量は計算することができ

たが実際には共有地の悲劇を避けることはできない。植物はお互いに競い合ってしまうお互いに進化を続けてしまうのである。しかし 2007 年血縁を認識していれば植物の反応が変わることを発見した。さらに血縁同士で血縁者のほうに葉をかぶせなかったり、根を伸ばさなかったり、根の増加も少ないことから植物は空間的に血縁者を確認できていることが分かっている。これも数学によって

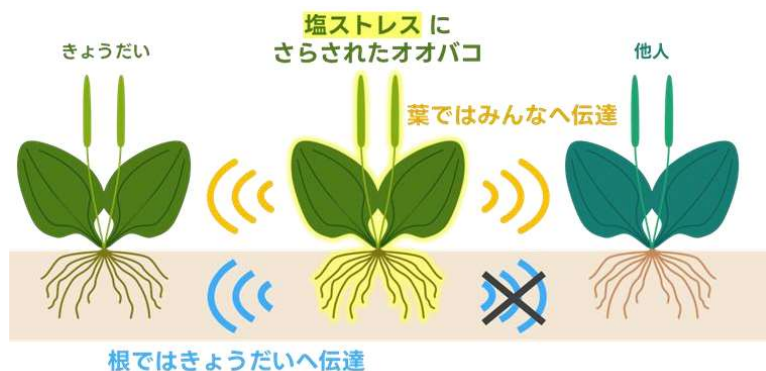


Fig.1 血縁者の認識

ルールに基づいて証明した結果、いかなる場合でもどのように判断しているかはわからないが血縁認識のときは共有地の悲劇を避けることを証明できた。このように、数学という道具を使うことで様々なことを証明することができる。さらに、証明したことをシミュレーションすることで数学を用いて森羅万象のことを説明できる。数学は研究や実験の説明をするときに根拠として大きな役割を持っている。

6 感想

研究や実験の説明をするときに根拠として数学を使うことは今後の活動にすごく役立つなと思った。数学は難しいけど世界共通で絶対的なものなので根拠としてすごい説得力を持つなと思った。理科と数学はすごく密接に関わっているんだなということを改めて実感できたし、生物という不規則に見えることも数学的に証明できて規則性があるということが衝撃だった。思い返せば、植物以外で実際に自分が夏に研究したダンゴムシのミニ課題研究も数学的な立式はしてないが、ダンゴムシの行動に規則性があるかなどを考えていたので生物研究をするときに数学的な考え方はするなと過去の経験を通して数理生物学の考え方を実感できた。僕は今回の講義に関して整理しているときに、生物は生物でも感情が強く、動作が読みにくい人間の行動も数学的に証明できるのかが気になった。人間の感情でさえも規則性があり、数学的に証明できるのだとすれば、それをプログラミングして AI が感情を持つようになる未来も遠くないだろうなと思った。森羅万象のことを数学で証明できるという便利さの反面、自分の行動までも読まれてしまうかもしれないという怖さもある。数理生物学は理系に分類されているが、行動を読み解くという内容は、文系の学問である心理学部や経済学部など心と密接関係している学問なのででも数学を使うのは理系だけではないんだなとも思った。数理生物学は単に実際に今いる生物だけではなくて、今後の AI などの人工生命体などの発展など未来にまでつながっていく学問だなと思いました。また、数学を用いることで、生物的な事柄と人工知能という異なる内容をつなげられる点に僕は「学問の真髄」があるなと感じた。もし AI が生物のような複雑な規則性を持ち、感情に近い反応を示すようになれば、「生命」の定義そのものが変わるかもしれない。それは少しこわいなと思うけど、未知の領域を切り開けるのは来年に対しての期待が高まるなと思った。来年から始まる課題研究はこの数理生物学的な視点を武器に、AI と心理学の融合に挑みたい。単に AI にデータを打ち込みデータを処理するだけではなく、人間の心の揺らぎを数式でどう記述できるか、そして AI にどこまで「人間らしさ」を宿らすことができるのかを研究していこうと思う。今回の講義で学んだことを生かして来年を自分にとって「価値」のある一年にしていきたい。そしてその内容が自分だけではなく社会に貢献出来て、日本、世界の将来につながっていくような研究できたらいいなと思う。

高分子化学講義報告書

1 目的

- ・有機化学に関する最先端の研究を学び、視野を広げる。
- ・大学、大学院の研究室について知り、科学者としてのあり方生き方について考える。

2 実施日

令和7年8月21日（木）

3 研修場所

静岡市立高等学校 会議室

4 講師

- ・理化学研究所環境資源科学研究センター特別研究員 稲垣 伸 先生

5 講義タイトル

高分子に魅せられて - 科学探究科から研究者の道へ -

6 講義内容

今回の講義では、理化学研究所環境資源科学研究センターで高分子研究に携わる稲垣伸先生より、「高分子科学の基礎と研究者としてのキャリア」について学んだ。まず、高分子とは分子量が一万以上の大きな分子であり、モノマーと呼ばれる小さな分子が多数結合してできる物質であることが紹介された。身近なプラスチックやゴム、衣類の繊維、人間の体を構成するタンパク質も高分子の一例である。高分子は液体・固体・気体の概念に収まらない独自の性質を示し、その応用は幅広い。次に、稲垣先生が取り組む「リビング重合」を用いた研究について解説があった。リビング重合は、副反応を抑えることで分子量や分子構造を精密に制御できる手法であり、これによってこれまでに存在しなかった新しい形態の高分子を合成することが可能となった。具体的には、ブロック共重合体やH型高分子、ゴムのように柔軟でありながら半導体特性を持つ材料の開発が紹介された。これらは電子皮膚や伸縮可能な電子デバイスなど、次世代技術への応用が期待されている。また、持続可能な社会に向けた高分子研究として、バイオマス由来のプラスチックや接着剤の開発も取り上げられた。従来の石油由来プラスチックは環境負荷が大きいですが、植物資源や廃棄物を利用したバイオマスプラスチックは生分解性や再生可能性を持ち、海洋プラスチック問題の解決にもつながる。ムール貝の接着成分を参考にした「強くても柔かいバイオマス接着剤」の開発など、生物模倣の研究事例も挙げられた。さらに、講義の後半では稲垣先生自身のキャリアについて語られた。高校時代は成績に苦労しながらも大学で研究に没頭した。一般的に修士課程を終えたら社会に出て就職する人がほとんどだが、会社での研究は会社の利益を重視し、それにのっとったものになるため、自分の好きな研究がほとんど出来ない。そのため、稲垣先生は博士課程に進学した。経済的な困難を奨学金や支援制度を活用して乗り越え、現在は理研でポストドクターとして研究を続けている。研究者の道は安定しているとは言えないが、「好きな研究を続けたいという強い思いが進路選択の原動力となった」とおっしゃっていた。最後に、自分たちへのメッセージとして「重要なのはその場で何をするかだから、進学先で人生が決まるわけではない」「質を語る前にまずは量をこなすこと」「勉強も遊びも大事」「英語は不可欠なスキル」と

いう助言があった。

7 感想

今回の講義を通じて、まず高分子が自分たちの周りにいかに多く存在しているかという事に驚いた。プラスチックやゴムといった人工材料に加え、衣服の繊維や人間の体を構成するタンパク質までもが高分子であると知り、高分子科学の重要性を実感した。特に印象に残ったのは「リビング重合」という研究手法である。高分子の分子量や構造を精密に制御することが可能になったことで、従来にはなかった新しい機能を持つ高分子が生み出せるという話は、まさに科学の進歩を象徴していると感じた。中でも、柔らかさと半導体特性を兼ね備えた「ゴムのような半導体高分子」や、配列を工夫することで強度と柔軟性を両立させる高分子の研究は、今後の電子機器や医療分野への応用が期待でき、興味深かった。また、稲垣先生ご自身のキャリアの話も大きな学びになった。高校時代に成績で苦労しながらも、大学で研究の楽しさを知り、博士課程へと進学したという経験は、自分の将来を考えるうえでとても参考になった。特に「重要なのはその場で何をするかだから、進学先で人生が決まるわけではない」という言葉は心に残った。自分はこれを、「これからの進路を考える上で、自分の行動や努力が一番重要だ」というメッセージとして受け止めた。また、研究者として生きる道とはどのようなものでどのような困難があるかについても知れた。稲垣先生の「英語は不可欠なスキル」というメッセージについては自分もある程度把握しており、現在英検 1 級の取得を目指して日々勉強している。

医療倫理講義報告書

1 目的

- ・医療現場で実際に取り入れられている倫理観を学び、科学者としてまた個人としてどのような姿勢で問題解決に取り組んでいくかを考える

2 実施日

令和7年8月22日（金）

3 研究場所

静岡市立高校 視聴覚ホール

4 講師

静岡市立静岡病院 岩井 一也 先生

5 講義内容

今回の講義では、「E-FIELD (Education for Implementing End-of-Life Discussion)」という教育プログラムを通じて、人生の最終段階における医療・ケアの意思決定支援について学んだ。特に焦点が当てられたのは、プログラムのSTEP 4である「多職種および家族等も含め、本人にとって最善の方針について合意する」というテーマであった。講義を通じて強調されていたのは、終末期医療における意思決定は医学的な正しさのみを基準にするのではなく、患者本人の価値観や生活の質、そして家族や多職種チームの意見を調整しながら進める必要があるという点であった。私はこの講義を受け、終末期における意思決定支援の複雑さと、それを支える臨床倫理の重要性について多くの示唆を得た。第一に、意思決定に関する提案や推奨を行う際には、その根拠や理由を明確にし、相手にわかりやすく説明できる能力を持つことが求められる。第二に、臨床倫理の枠組みを活用して、複雑な情報を構造的に整理し、議論に活かすことができるようになることである。第三に、多職種や異なる立場の人々の価値観や視点を尊重しながら合意形成を進められる力を養うこと。そして第四に、最終的には患者本人にとって最大の利益となる医療やケアを選び取れるようになることである。これらの目標は単なる知識の習得にとどまらず、実際の臨床現場で直面する意思決定の困難さに対応するための実践的な力を身につけることを意図していると感じた。医学的判断だけではなく、倫理的・社会的な観点をも含めて総合的に考える姿勢を持つことが、医療に対する倫理学では必要になるのだと思う。

臨床倫理の役割と目的

講義では、臨床倫理の目的が繰り返し強調されていた。それは、患者・家族・医療チームが「ともに納得できる意思決定」を行うことである。つまり、臨床倫理は単に「正しい答え」を提示するものではなく、関係者の間で価値観や意見の違いを調整し、合意形成を支援するプロセスである。ここで重要なのは、意思決定の過程そのものに意味があるという点である。たとえすぐに最終的な合意に至らなくても、関係者が対話を重ね、互いの立場や考えを理解し合う過程が信頼関係を築き、最終的な納得感につながる。講義ではそのための具体的なツールとして「臨床倫理4分割法」や「臨床倫理検討シート」が紹介されていた。これらは複雑な状況を整理し、合意形成を円滑にするための実践的な方法論である。

臨床倫理 4 分割法 (Jonsen) の活用

講義の中で特に印象的だったのは、Jonsen による「臨床倫理 4 分割法」の説明であった。これは意思決定を「医学的適応」「患者の意向」「QOL」「周囲の状況」という四つの観点から整理し、検討する枠組みである。第一に「医学的適応」は、治療の目的や医学的な妥当性を意味する。例えば、延命治療が技術的に可能であっても、それが必ずしも本人の利益に結びつくとは限らない。第二に「患者の意向」は、本人の意思や価値観を尊重する観点であり、本人が意思表示できない場合には過去の発言や生活の様子から推測することも含まれる。第三に「QOL (生活の質)」は、治療後の生活が本人にとってどの程度満足のいくものであるかを考える視点である。第四に「周囲の状況」は、家族の希望や社会的・経済的要因、文化的背景などを含めて判断に影響を与える要素である。この 4 分割法の利点は、議論が特定の観点に偏るのを防ぎ、複数の要素をバランスよく考慮することを可能にする点である。たとえば「医学的には可能だが QOL が著しく低下する」「家族は延命を望むが本人は望んでいない」といったジレンマに対しても、体系的に整理して議論を進めることができることが分かった。

6 感想

今回の E-FIELD の講義を受けて、終末期医療における意思決定支援の難しさと重要性を強く感じました。これまで医療の判断は医学的な根拠や治療の効果が最も重視されると思っていましたが、この講義を通して、それだけでは十分ではないことを学びました。むしろ、患者本人の価値観や人生観を尊重し、その人らしい生き方を支えることこそが大切であると理解しました。特に印象に残ったのは「臨床倫理 4 分割法」です。医学的な妥当性だけでなく、本人の意向、QOL、家族や社会的背景も含めて検討するという枠組みは非常に実践的であると感じました。現場では意見の対立や混乱が生じることも少なくありませんが、この方法を用いれば情報を整理し、冷静に合意形成を進める助けになると思います。また、QOL の視点を重視することの大切さも学びました。延命が可能であっても、本人が苦痛に耐えるだけの生活であれば、それは必ずしも本人にとって幸せではありません。何を大切にしたいのか、どのような生活を望んでいるのかを尊重することが、終末期の医療において最も大切だと思いました。さらに、多職種での連携の重要性についても理解が深まりました。医師、看護師、介護職、ソーシャルワーカーなど、それぞれの専門性や立場から異なる視点を持ち寄ることで、より包括的で納得のいく方針を立てられると感じました。今回の講義を通じて、私は「本人にとっての最善とは何か」を問い続ける姿勢の大切さを実感しました。また、自分の見えているすべての事が正しいとは限らないことを講義から実感しました。これらの学びを今後の生活や学習、そして将来の実践の中で大切にしていきたいと思っています。

ビタミンCと重力の関係

1 実施期間

令和7年7月29日（火）～11月4日（火）

2 研究背景

パプリカのビタミンCのモル濃度を滴定した際に、パプリカの部位によってモル濃度に差が見られた。そのため、重力がビタミンCのモル濃度に影響を与えているのではないかと考え、研究を行った。ビタミンCの含有量が多く、入手が容易なみかんを実験に使用した。

3 目的

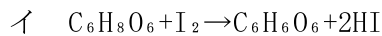
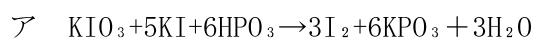
重力とビタミンCのモル濃度の関係性について調べる。

4 還元型アスコルビン酸の滴定方法

(1) 操作

KI (0.1mol/L) 2ml、メタリン酸(1%) 5ml、デンプン水溶液(1%) 2mlを入れたコニカルビーカーに、ビュレットを用いて KIO_3 (0.0010mol/L) を滴下する。

(2) 化学反応式



5 実験内容

(1) 目的

みかんを固定して放置したとき、上方と下方のどちらのビタミンCのモル濃度が高くなるのかを調べる。

(2) 仮説

重力の影響を受けて、上方よりも下方の方がビタミンCのモル濃度は高くなる。

(3) 方法

ア みかんのヘタを上向きにしたもの、下向きにしたものそれぞれプラスチックコップに入れて固定し、1日か2日放置する。

イ 放置したみかんを包丁で上方と下方に切り分ける。ヘタを上向きにしたものの上方を①、下方を②、ヘタを下向きにしたものの下方を③、上方を④とする。

ウ それぞれの部位ごとに絞り器を使って半分に切ったみかんを絞る。

エ 得られた果汁を吸引濾過装置で吸引濾過する。濾過した果汁を用いて酸化還元滴定を行う。

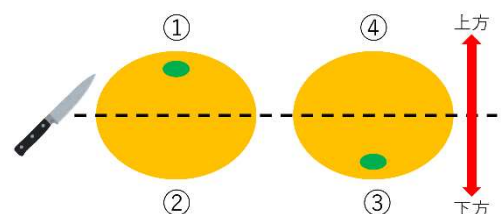


Fig. 1 みかんの放置方法及び分け方

6 結果

ヘタを上向きにして放置した場合、②のビタミンCのモル濃度が高く、ヘタを下向きにした場合、③のビタミンCのモル濃度が高いことがわかり、いずれも上方より下方のビタミンCのモル濃度が高かった。

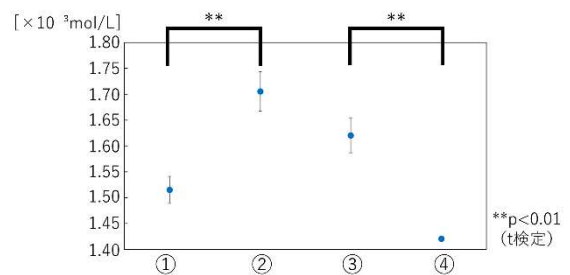


Fig. 2 ビタミンCのモル濃度

7 考察

ビタミンCは水分に溶けて、重力の影響で水分とともに下方に移動するため、上方よりも下方のほうがビタミンCのモル濃度が高くなったと考えられる。ただし、みかんの砂じょうの膜は、選択的に物質を分離する半透膜の性質を持つため²⁾³⁾、ビタミンCはごくわずかしかな通過しない。そのため、ビタミンC輸送体のはたらきやアポプラスト経路を通過したことなどによって、ビタミンCが下方に移動したと考えられる。

8 結論

実験結果より、ビタミンCのモル濃度は下方で高くなったため、ビタミンCは重力の影響で下方に移動する。しかし、その経路を特定することはできなかった。

9 今後の展望

今回は、比較的水分が多いみかんを使って実験を行ったが、水分の有無との関係を調べるために、同様の実験を乾燥させたみかんを用いて行いたい。また、ビタミンC輸送体は重力によって下方に移動するのかを免疫染色などの手法を利用して調べたい。

10 感想

滴定によってモル濃度を実際に求め、データを分析してまとめるという貴重な体験ができてよかった。今後、データ分析をしたり結果をまとめたりする際に活かしていきたい。

11 参考文献

- (1) 森永製菓株式会社, (2023 年), ビタミンCの働きと一日に摂取する目安量は? ビタミンCを多く含む食品も紹介,
<https://www.morinaga.co.jp/protein/columns/detail/?id=180&category=health>, 最終閲覧日 2025 年 12 月 8 日
- (2) 愛知県総合教育センター, 膜の性質, <https://apec.aichi-ed.jp/kyouka/rika/seibutsu/2018/renzoku/makunoseisitu/makunoseisitu.htm>, 最終閲覧日 2025 年 12 月 8 日
- (3) 九州大学 博士(農学) 論文博士, (2001 年), カンキツの水分特性と高品質果実生産に関する研究
- (4) 岡山大学 自然生命科学研究センター 准教授 宮地 孝明, 独立行政法人 理化学研究所 環境資源科学研究センター 上級研究員 黒森 崇, (2014 年), プレスリリース 植物のビタミンC輸送体を世界で初めて同定
- (5) Takaaki A. Kobayashi Hiroto Shimada Fumiya K. Sano Yuzuru Itoh Sawako Enoki Yasushi Okada Tsukasa Kusakizako Osamu Nureki, (2024 年), nature communications Dimeric transport mechanism of human vitamin C transporter SVCT1

ビタミンCと重力の関係

《研究背景》

予備実験時にパプリカの滴定を行った際、部位ごとにビタミンCのモル濃度に差がみられた。この差の原因には重力が関係しているのではないかと考え、重力とビタミンCの関係性に興味を持ち、研究を行った。

《目的》

重力とビタミンCの分布は関係しているのかを調べる。

《仮説》

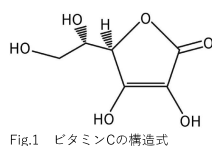
ビタミンCは重力の影響を受け、上方よりも下方の方がモル濃度が高くなる。

《ビタミンCについて》

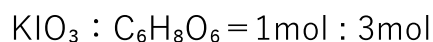
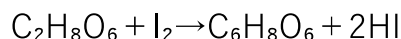
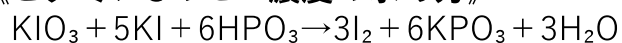
化学名 アスコルビン酸

化学式 $C_6H_8O_6$

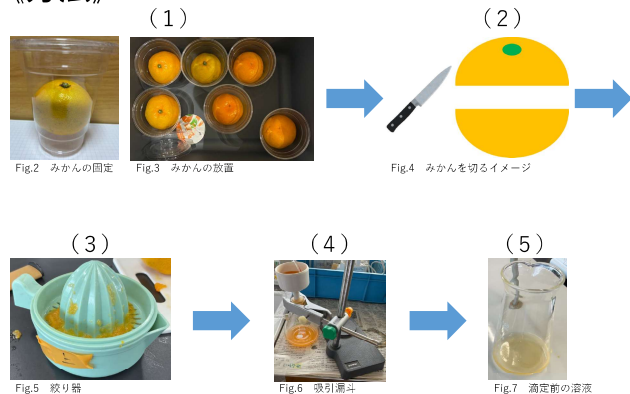
- ・水溶性¹⁾
- ・熱に弱い¹⁾
- ・光や空気の影響を受けやすい¹⁾
- ・抗酸化作用を持つ¹⁾



《ビタミンCのモル濃度の求め方》

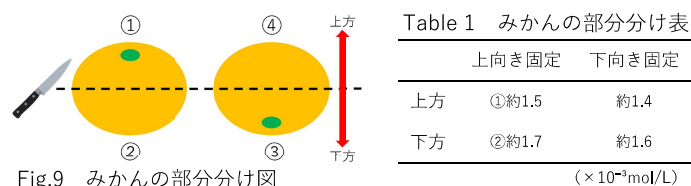
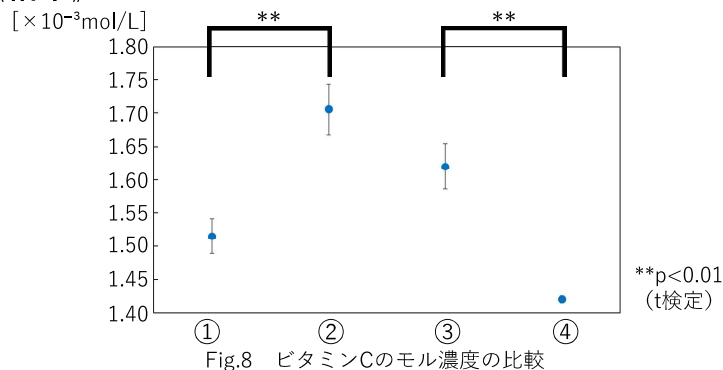


《方法》



- (1) みかんのヘタを上向き、下向きにしてプラスチックコップに入れて固定し、1日か2日放置する。
- (2) 放置したみかんを包丁で上方、下方に切り分ける。
- (3) 絞り器を使ってそれぞれの部位ごとに果汁を絞る。
- (4) (3) で得た果汁を吸引漏斗でろ過する。
- (5) (4) でろ過した果汁と試薬を用いて酸化還元滴定を行う。
- (6) 実験で使用した KIO_3 の量から計算によってビタミンCのモル濃度を求める。

《結果》



ビタミンCのモル濃度は、上向き固定・下向き固定のどちらの場合でも上方よりも下方の方が高かった。

《考察》

ビタミンCは水分に溶けて重力の影響で水分とともに下方に移動するため、上方よりも下方の方がビタミンCのモル濃度が高くなったと考えられる。ただし、みかんの砂じょうは半透膜³⁾の性質をもつため、ビタミンCはごくわずかししか通過できない。ビタミンC輸送体のはたらきやアポプラスト経路を通過したことなどによって、ビタミンCが下方に移動したと考えられる。

《結論》

ビタミンCは重力によって下方に移動する。しかし、その経路を特定することはできなかった。

《展望》

- ・乾燥させたみかんではビタミンCのモル濃度は上方と下方で異なるのか調べたい。
- ・ビタミンC輸送体は重力によって下方に移動するのかを調べたい。

《参考文献》

- (1) 森永製菓, (2023年), ビタミンCの働きと一日に摂取する目安量は? ビタミンCを多く含む食品も紹介
- (2) 九州大学 博士(農学) 薬師寺博, (2001年), カンキツの水分特性と高品質果実生産に関する研究
- (3) 愛知県総合教育センター, 膜の性質
- (4) 岡山大学 自然生命科学研究センター 准教授 宮地孝明, 独立行政法人 理化学研究所 環境資源科学研究センター 上級研究員 黒森崇, (2014年), プレスリリース 植物のビタミンC輸送体を世界で初めて同定
- (5) Takaaki A. Kobayashi Hiroto Shimada Fumiya K. Sano Yuzuru Itoh Sawako Enoki Yasushi Okada Tsukasa Kusakizako Osamu Nureki, (2024年), nature communications Dimeric transport mechanism of human vitamin C transporter SVCT1

Relationship between Vitamin C and gravity

Background

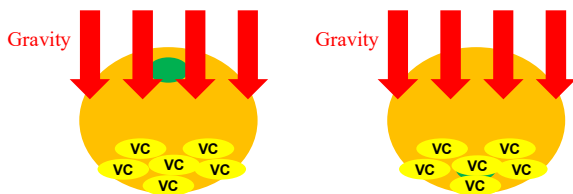
1

From the previous study, it is confirmed that the molar concentration of Vitamin C varies in different parts. So, we were interested in the relationship between Vitamin C and gravity.

Hypothesis

2

The molar concentration of Vitamin C is affected by gravity, with the lower part having a higher molar concentration of Vitamin C than the upper part.

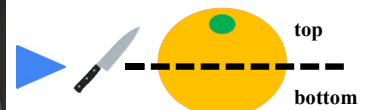


Method

3

(1) Fix the mandarin oranges and leave them for one to two days

(2) Cut mandarin oranges



Method

4

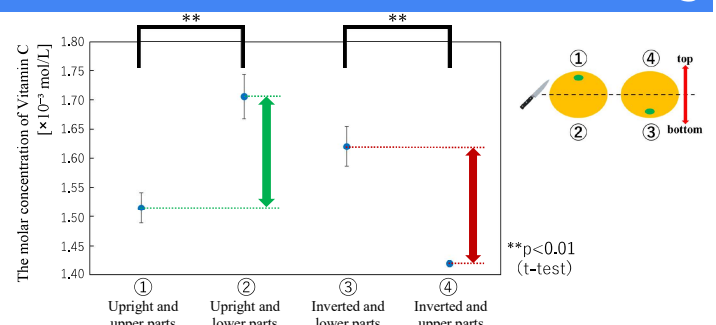
(3) Squeeze the mandarin oranges to make juice (4) Filter the juice (5) Titrate the juice



Suction filtration device

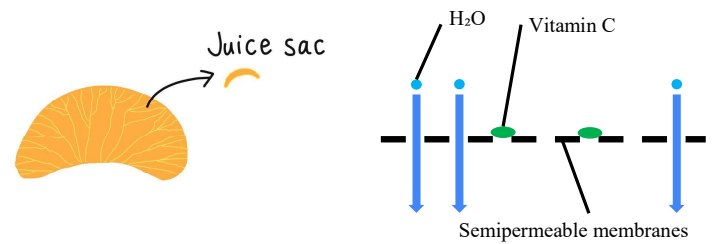
Results

5



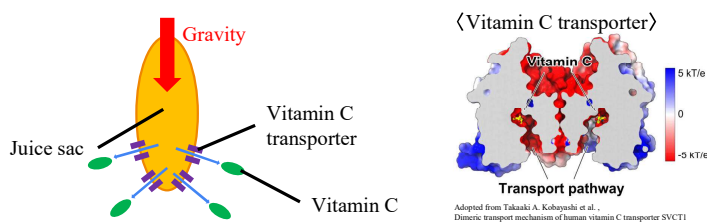
The molar concentration of Vitamin C is higher at the bottom.

Vitamin C dissolves in water and moves downward due to gravity.



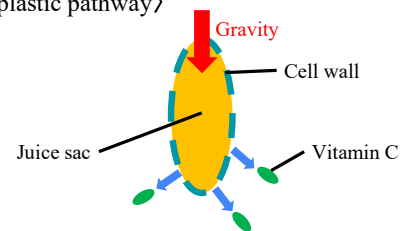
The juice sac membranes have properties similar to semipermeable membranes.

The Vitamin C transporter moved downward because of gravity. So, the molar concentration of Vitamin C is higher at the bottom.



Vitamin C also passes through the apoplastic pathway to move downward.

〈Apoplastic pathway〉



Vitamin C moves downward because of gravity. But we couldn't pinpoint the pathway.

- ① We would like to do a similar experiment with low-moisture using dried mandarins.
- ② We would like to examine whether Vitamin C transporters move downward because of gravity.

お茶の抽出時間とビタミンC量の関係

1 実施期間

令和7年7月29日（火）～10月28日（火）

2 研究背景

予備実験の結果、お茶の抽出時間を長くするとビタミンCの抽出量が増えていることがわかった。そこから抽出時間とビタミンC量の変化に比例の関係があると考え、抽出する時間の間隔を変えてビタミンC量の測定を行った。

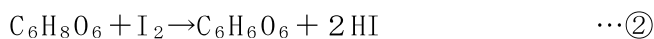
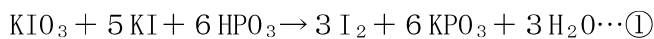
3 目的

抽出されるビタミンCの量が抽出時間を変えることでどのように変化するのか、また抽出されるビタミンCの量がこれ以上増加しない、または減少する抽出時間は存在するのかを酸化還元滴定によって調べる。

4 還元型アスコルビン酸の定量方法

（アスコルビン酸＝ビタミンC）

滴定の際、二つの化学反応が起きていた。



KIO_3 と $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ の反応するモル比は、3：1である。（ KIO_3 ： $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$ ＝1 mol：3 mol）

滴定を行うと、 KIO_3 水溶液とKI水溶液、メタリン酸が反応を起こす。それによって水溶液中のヨウ素とビタミンCが酸化還元反応を起こす。そのまま KIO_3 水溶液を入れ続けることで、消えなかったヨウ素とデンプンが反応し、溶液の色が薄青色になったところが滴定の終了である。



Fig. 1 滴定前後の色の变化

5 実験内容

（1）実験1

ア 目的

抽出時間の長さに対するビタミンCの増減量を調べる。

イ 仮説

抽出されるビタミンC量は上限があり、上限までは比例するように増え、上限に達した後は増加が止まり、同じ数値が続く。また、農林水産省のホームページによれば、抽出時間を4分にした時に最も多くビタミンCを抽出できる⁴⁾。

ウ 方法

（ア）緑茶の茶葉5gから100mL程度の70℃の湯で抽出し、1分、2分、4分、6分、8分、12分抽出したものを取る。

（イ）それぞれを10mLホールピペットで10mLずつコニカルビーカーに取る。

（ウ）1%メタリン酸5mLを5mL駒込ピペットで、0.1mol/L KI水溶液2mLを2mL駒込ピペットで、指示薬として1%デンプン水溶液2mLを2mL駒込ピペットでそれぞれのコニカルビーカーに取る。

（エ）0.0010mol/L KIO_3 水溶液をビュレットに入れる。



Fig. 2 実験で使った茶



Fig. 3 実験で使った茶葉

(オ) 滴定を行う。

ただし、1分、2分、8分と2分、4分、12分は別日に測定している。

エ 結果

Table.1 滴定の結果

時間 (分)	1	2	4	6	8	12
平均 (mL)	1.61	2.75	3.50	3.75	4.6	4.07
mol濃度 (mol/L)	4.8×10^{-4}	8.3×10^{-4}	1.1×10^{-3}	1.1×10^{-3}	1.4×10^{-3}	1.2×10^{-3}

抽出時間が増えるとともにビタミンCのmol濃度も上がった

が、比例にはならなかった。1分から3分までは比例に近い変化をし、4分から8分は緩やかに増え、8分から12分では減少した。

4分抽出したものと6分抽出したものはどちらのmol濃度も 1.1×10^{-3} となっているが、実際の計算結果は4分が 1.05×10^{-3} 、6分が 1.125×10^{-3} である。4分と6分で 7.5×10^{-6} 増加している。

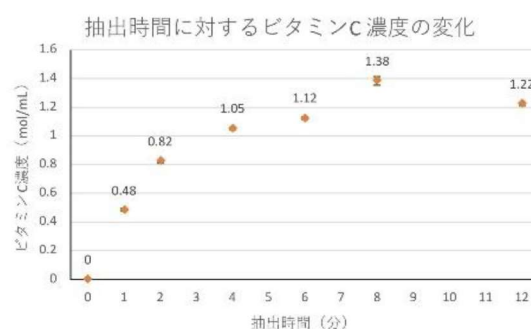


Fig. 4 抽出時間に対するビタミンC濃度の変化

オ 考察

1分から8分の間でビタミンCの量が増加したのは、長時間熱湯につけておくことによって茶葉が開き、ビタミンCが浸出したためであると考えられる。また、8分から12分の間でビタミンCの量が減少したのは、茶葉が長時間つけられていたことで茶葉が開き切り、茶葉内のビタミンCがなくなったためと考えられる。しかし、今回の実験では抽出時間を変えるたびに茶葉を変えていたため、使った茶葉ごとの個体差があったとも考えられた。また、抽出時間が長くなるたびに滴定時の色の変化がわかりづらくなっていたため、実験の精度に問題があったことも考慮される。

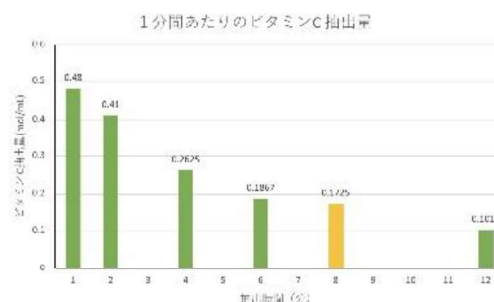


Fig. 5 1分間あたりのビタミンC抽出量

6 結論

緑茶の抽出時間は1分から2分が推奨されているが、抽出時間が2分を超えてもビタミンC量は増加した。また12分抽出した場合の結果は6分抽出した結果に比べて増加したが、ごくわずかな量だった。そのため最も効率よくビタミンCを摂取できる抽出時間は6分とした。

7 今後の展望

今回の実験では調べきれなかった。茶葉に含まれる葉と茎の割合によるビタミンC量の変化や、上限の存在を調べたい。また上限が存在する場合、上限を迎えた後のVC量の変化について深掘りしていきたい。

8 感想

滴定実験を行うにあたり、滴定実験での誤差が結果に大きく影響していることがわかった。今までとは違い、今回からは実験による誤差を考慮することになるため、結果の予想が難しくなったと感じた。私たちが実験をしていく以上、必ず誤差が生まれてしまうため、そこで出る誤差を考慮して結果のグラフをつくることが信頼できるデータを作ることになっていくのだと思う。

9 参考文献

- (1) 東京都茶協同組合 (2013) , おいしいお茶を入れるステップ1「基本的なお茶の入れ方」, https://www.tokyo-cha.or.jp/entry2013/20131011_1124.html
- (2) JA静岡、おいしいお茶の入れ方, <https://ja-shizuokashi.or.jp/speciality/green-tea/howtomake>
- (3) NPO法人日本茶インストラクター (2000) , <https://www.nihoncha-inst.com/basic/basic5.html>
- (4) 農林水産省, 日本茶を楽しむ方法, https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/culture/wagohan/articles/2303/spe15_01.html
- (5) 荒井勝己、片桐 久美華、小峰 睦未、坂 めぐみ, (2022) , 緑茶の滲出条件によるビタミンC含量の比較, 桐生大学
- (6) ふたば薬局 (2014) 緑茶に含まれるビタミンCについて, <https://www.futaba-ph.co.jp/wp-content/uploads/20>
- (7) 梶田武俊, (1992) , お茶の話、J-stage

お茶の抽出時間とビタミンC量の関係

〈背景・目的〉

- ・東京都茶協同組合：基本なお茶の入れ方として1分を推奨¹⁾
- ・JA静岡：おいしいお茶の入れ方として普通煎茶（並）1分・普通煎茶（上）2分を推奨²⁾
- ・茶インストラクター：おいしいお茶の入れ方として1～2分を推奨³⁾

予備実験で、茶葉を熱湯に1分と2分ずつつけたところ、1分間の違いで大幅にビタミンC量が増加した。
→2分以上待った時はさらにビタミンC量が増加する

〈仮説〉

抽出時間を4分にしたときに最も多くビタミンCを抽出できる。⁴⁾

〈滴定の原理〉

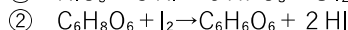
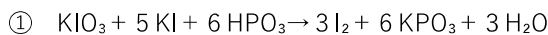


Fig.1 使用した茶葉

〈実験方法〉

- ① 5gの緑茶の茶葉を100mL程度、70℃の熱湯に入れ、一定時間（1, 2, 4, 6, 8, 12分）ビタミンCを抽出した。



Fig.2 1分・2分・8分のお茶



Fig.3 4分・6分・12分のお茶

- ② ①を10mLホールピペットで10mLコニカルビーカーに入れた。
- ③ 1%メタリン酸水溶液5mLを5mL駒込ピペットで、0.10mol/L KI水溶液2mLを2mL駒込ピペットで、指示薬として1%でんぷん水溶液2mLを2mL駒込ピペットで、それぞれのコニカルビーカーに入れた。
- ④ 1.0mol/mL KIO_3 水溶液をビュレットに入れた。
- ⑤ 4回ずつ滴定を行った。

〈結果〉



Fig.4 溶液の色の変化①

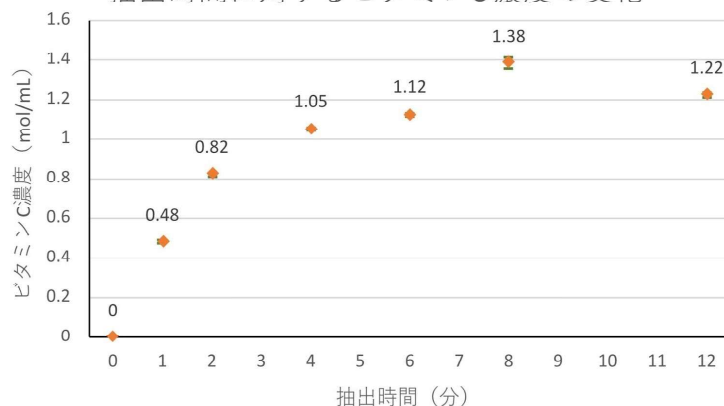


Fig.5 溶液の色の変化②

Table 1 平均値とmol濃度

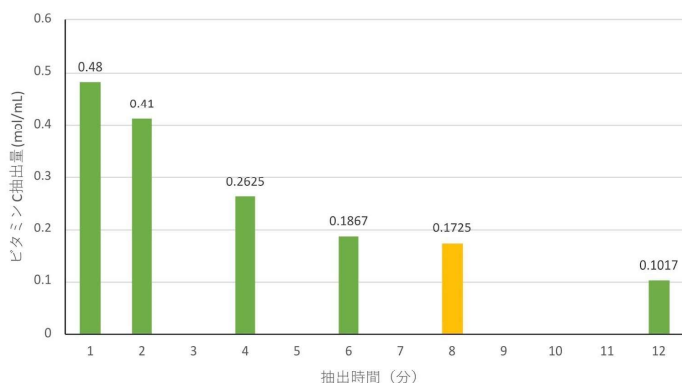
時間(分)	1	2	4	6	8	12
平均 (mL)	1.61	2.75	3.5	3.75	4.6	4.07
mol濃度 (mol/mL)	0.48	0.82	1.05	1.12	1.38	1.22

抽出時間に対するビタミンC濃度の変化



〈考察〉

1分間あたりのビタミンC抽出量



- ・8分間抽出したときに最もビタミンCが多く、12分より多い
→他の結果から期待される値よりも高い
→茶葉（葉と茎）を入れたときに葉のほうが多く入っていた可能性がある
（葉には多くのビタミンCが含まれている⁵⁾）
→8分の時に出た値を5gの茶葉から抽出されるビタミンC量の最高値としない
→12分の値1.22mol/mLを最高値とする
- ・6分間待った時の値は最高値の90%出ている
→緑茶を飲むときに多くのビタミンCを得たい場合は6分抽出するとよい
- ・1分間で抽出できるビタミンC量は、最初の1分間が最も多い（全体の39.3%）
- ・2分間で抽出できるビタミンC量は、67.2%である

〈結論〉 緑茶の抽出時間は、1～2分を推奨されているが、より多くのビタミンCを得ることのできる抽出時間は6分である。

〈展望〉

- ・8分間抽出した時のデータをとる
- ・抽出時間3, 5, 7, 9分の時のデータをとる
- ・ビタミンC量が増えなくなる抽出時間を調べる
- ・茶葉に含まれる茎と葉の比率によるビタミンC量の変化を調べる

〈参考文献〉

- (1) 東京都茶協同組合 (2013), おいしいお茶を入れる ステップ1「基本なお茶の入れ方」, https://www.tokyo-cha.or.jp/entry2013/20131011_1124.html
- (2) JA静岡, おいしいお茶の入れ方, <https://ja-shizuokashi.or.jp/specialty/green-tea/howtomake>
- (3) NPO法人日本茶インストラクター (2000), <https://www.nihoncha-inst.com/basic/basic5.html>
- (4) 農林水産省, 日本茶を楽しむ方法, https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/culture/wagohan/articles/2303/spe15_01.html
- (5) 緑茶の抽出条件によるビタミンC含量の比較, 桐生大学, 荒井 勝己, 片桐 久美華, 小峰陸未, 坂 めぐみ, (2022)
- (6) ふたば薬局 (2014) 緑茶に含まれるビタミンCについて, <https://www.futaba-ph.co.jp/wp-content/uploads/20>
- (7) 梶田 武俊, (1992), お茶の話, J-stage

The relationship between tea extraction time and the amount of Vitamin C



Group 3

Background

1

Green tea is famous in Shizuoka



1~2 minutes are recommended to make green tea according to the internet.



Purpose

2

To find out the best timing with the most Vitamin C during tea preparation.

Hypothesis

3

4 minutes is the best timing to get Vitamin C from green tea.



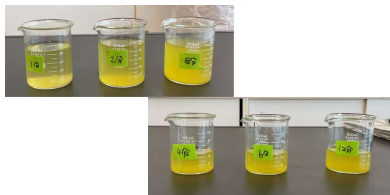
Method

4

- ① Put 5g of green tea in 100mL of hot water at 70°C.



- ② Wait for 1 • 2 • 4 • 6 • 8 • 12 minutes.



- ③ Put 10mL of each solution② in a 10 mL conical beaker with a pipette.



Method(Continued)

5

- ④ 5 mL of 41% metaphosphate aqueous solution, 2 mL of 0, 10 mol/L KI aqueous solution, and 2 mL of 1% starch aqueous solution used as an indicator are put in to the conical beaker, respectively.

- ⑤ 1.0 mol/mL KIO₃ aqueous solution is placed in a buret.

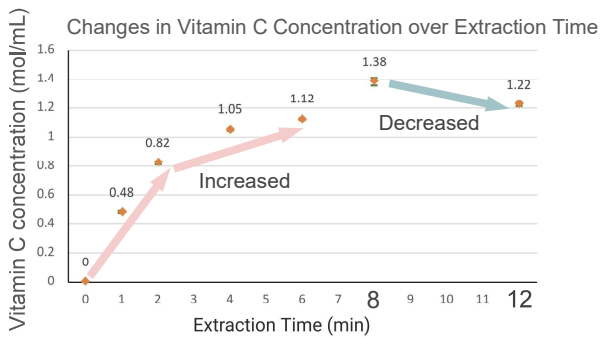


- ⑥ Titrated each sample 4 times.



Result

6



Discussion

7

Increased in 8 minutes

→The experiment's precision was poor?

→There is a limit to the amount of Vitamin C contained in tea leaves ?

○ The result is correct

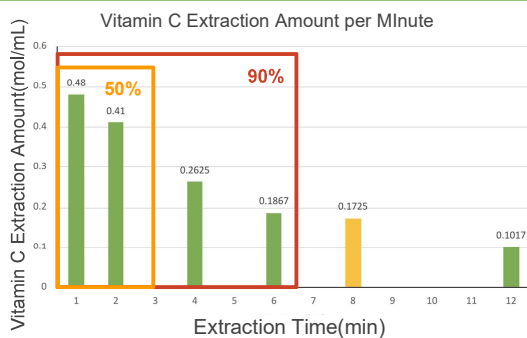
→ Vitamin C decreased after reaching that limit.

✗ The result is incorrect

→Not an accurate result.

Discussion

8



Conclusion

9

To efficiently obtain Vitamin C from green tea, steeping for 6 minutes is the best.



Outlook

10

- Re-collecting data for the 8-minute experiment.
- Research the Vitamin C content in cases extraction over 12 minutes.
- Determine whether there is a limit to the amount of Vitamin C extracted and where it occurs.
- Vitamin C content in different parts of the tea leaves.

References

11

- (1) 東京都茶協同組合 (2013) , おいしいお茶を入れるステップ1「基本的なお茶の入れ方」 , https://www.tokyo-cha.or.jp/entry2013/20131011_1124.html
- (2) JA静岡, おいしいお茶の入れ方, <https://ja-shizuokashi.or.jp/specialty/green-tea/howtomake>
- (3) NPO法人日本茶インストラクター (2000) , <https://www.nihoncha-inst.com/basic/basic5.html>
- (4) 農林水産省, 日本茶を楽しむ方法, https://www.maff.go.jp/j/keikaku/syokubunka/culture/wagohan/articles/2303/spe15_01.html
- (5) 荒井勝己、片桐久美華、小峰睦未、坂めぐみ、(2022) , 緑茶の抽出条件によるビタミンC含量の比較, 桐生大学
- (6) ふたば薬局 (2014) 緑茶に含まれるビタミンCについて, <https://www.futaba-ph.co.jp/wp-content/uploads/20>
- (7) 梶田武俊, (1992) , お茶の話、J-stage

アスコルビン酸による鉄の酸化防止作用

1 実施期間

令和7年7月29日（火）～11月4日（火）

2 研究背景

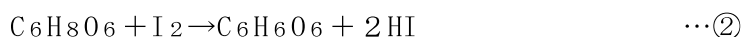
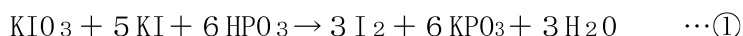
アスコルビン酸は抗酸化作用があり、多くの食品で酸化防止剤として用いられている。そのため、鉄に対しても酸化を防止する効果があると考えた。

3 目的

アスコルビン酸は鉄の酸化を防げるのか調べる。

4 還元型アスコルビン酸の定量方法

酸化還元滴定には、以下の2つの反応を利用した。



という2つの反応を利用した。②の式でアスコルビン酸がすべて反応し終わると、ヨウ素がデンプンと反応する。滴定では、0.0010mol/Lの $\text{KI} \text{O}_3$ 水溶液をビュレットにいれ、物質量を求める溶液5.0mLをホールピペットでコニカルビーカーにいれ、0.10mol/LのKI水溶液2mL駒込ピペットでコニカルビーカーにいれ、1%メタリン酸5mLを駒込ピペットでコニカルビーカーにいれ、1%デンプン水溶液2mLを駒込ピペットでコニカルビーカーに入れ、滴定を行う。

5 実験内容

(1) 実験1 アスコルビン酸は鉄の酸化を止めることができるのか調べる

ア 目的

アスコルビン酸に鉄の酸化防止作用があるのかを調べる。

イ 仮説

アスコルビン酸によって、鉄の酸化を止めることができる。

ウ 方法

3種類のシャーレをそれぞれ3つずつ用意した。

(ア) 0.00325mol/Lのアスコルビン酸20mLをいれたシャーレを用意した（VCのみ）。

(イ) 0.00325mol/Lのアスコルビン酸20mLと鉄くぎをいれたシャーレを用意した（VC+鉄くぎ）。

(ウ) 蒸留水20mLと鉄くぎをいれたシャーレを用意した（水+鉄くぎ）。

シャーレを1日、5日、19日放置し、滴定によって放置後のアスコルビン酸の物質量を求めた。

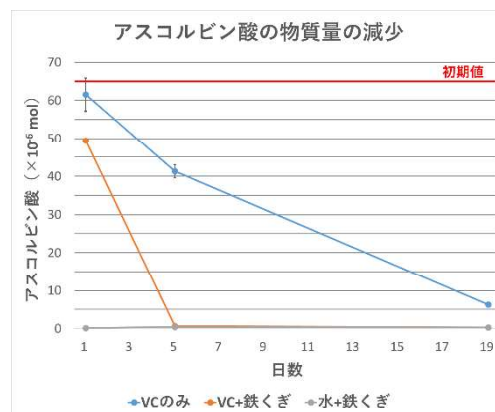


Fig. 1 アスコルビン酸の物質量の減少

エ 結果

アスコルビン酸の物質量の減少はFig. 1のようになった。アスコルビン酸に鉄くぎを入れたほうの溶液のみ色が黄色になり、変化が大きく見られた (Fig 2)。また、水と鉄くぎのほうで見られた褐色の沈殿はアスコルビン酸の溶液では確認されなかった (Fig 3)。



Fig. 2 VC+鉄くぎ



Fig. 3 水+鉄くぎ

オ 考察

鉄があることによってアスコルビン酸の酸化が促進されているため、アスコルビン酸が鉄に対して何かしらの影響をしている。

(2) 実験 2 鉄イオンの価数を調べる

ア 目的

発生した鉄イオンの価数を調べる。

イ 仮説

実験 1 より鉄によってアスコルビン酸の酸化が促進されているので、アスコルビン酸が消費されきるまで鉄イオンは発生しない。

ウ 方法

0.0065mol/L のアスコルビン酸 4 mL を用意した。その後数日おきに $K_3[Fe(CN)_6]$ と、 $K_4[Fe(CN)_6]$ と、KSCN を使用し、発生した鉄イオンの価数を調べた。

エ 結果

Table 2 のように、2 日目までは Fe^{2+} のみが確認され、3 日目から Fe^{3+} が確認された。

Table 2 発生した鉄イオンの結果

経過日数	1日目	2日目	3日目	4日目	8日目	15日目
Fe^{2+}	○	○	○	○	○	○
Fe^{3+}	×	×	○	○	○	○

オ 考察

1 日目で Fe^{2+} が観測されていることから、鉄が酸化しており、アスコルビン酸に鉄の酸化を防ぐ効果はないことがわかる。また、3 日目から Fe^{3+} が観測されているため、アスコルビン酸は Fe^{2+} の酸化を防ぎ、3 日目までにほとんど消費されたと考えられる。

6 結論

実験 2 で一日目から Fe^{2+} が確認されたことから、アスコルビン酸は、Fe が Fe^{2+} に変化することは防げない。しかし、三日目から Fe^{3+} が確認されていることから Fe^{2+} が Fe^{3+} に変化することは防ぐことができる。

7 今後の展望

滴定を行っていたところ、反応時間に相当違いがみられ、ヨウ素原子と鉄による何らかの時計反応がおこったと予想している。また、単なる水だけの溶液に対して滴定を行ったところ、1 滴以上の滴下が見られたものもあった。これらの原因を解明したい。

8 感想

今回の実験で、興味深い結果を得ることができた。また、様々な試薬や器具を使用したり前回のダンゴムシよりもテーマ決めや仮説を立てるときなど、幅広く考えることができたり、今後の探究プログラムに活かせるよい時間だった。

9 参考文献

- (1) 藤井 実・立川 英毅・原田 勝彦, (1964), 緑茶成分のビタミン C 酸化防止効果について, 水産大学校研究業績 第 421 号

アスコルビン酸による鉄の酸化防止作用

目的

アスコルビン酸（VC）には抗酸化作用があり、多くの食品で酸化防止剤として用いられている。そのため、鉄に対しても酸化を防止する効果があると考えた。

仮説

アスコルビン酸には鉄の酸化防止作用がある

方法

実験①

3種類のシャーレを用意した。

（ア）0.00325mol/Lのアスコルビン酸20mL

（イ）0.00325mol/Lのアスコルビン酸20mL + 鉄くぎ

（ウ）水20mL + 鉄くぎ

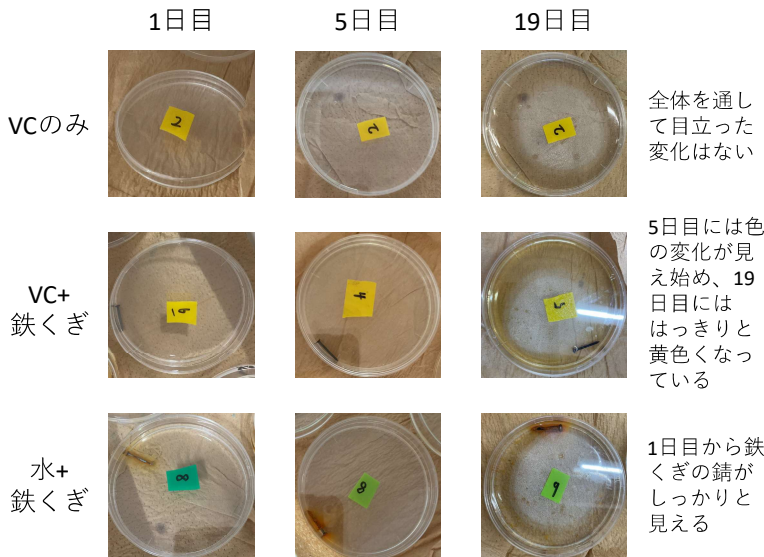
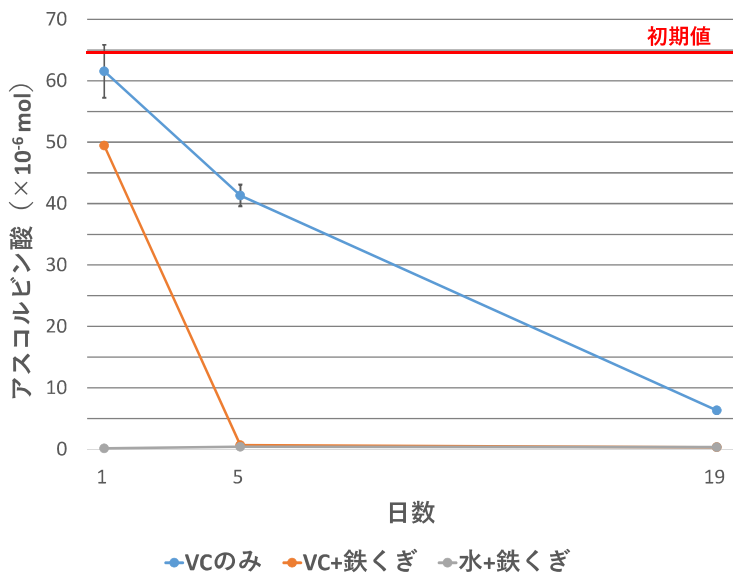
シャーレを1日、5日、19日放置し、滴定を以下の手順で行った。コニカルピーカーにシャーレの溶液（全量）0.1mol/Lヨウ化カリウム2mL、1%メタリン酸5mL、指示薬としてデンプン水溶液を加えた。ビュレットに0.001mol/Lヨウ素酸カリウムを入れ、青紫色が現れるところで滴定を終了した。

実験②

試験管に0.0065mol/Lのアスコルビン酸4mLと鉄くぎを入れた。その後数日ごとに2価の鉄イオンと反応する $K_3[Fe(CN)_6]$ と、3価の鉄イオンと反応する $K_4[Fe(CN)_6]$ を使用して発生した鉄イオンを調べた。

結果 実験①

アスコルビン酸の物質量の減少



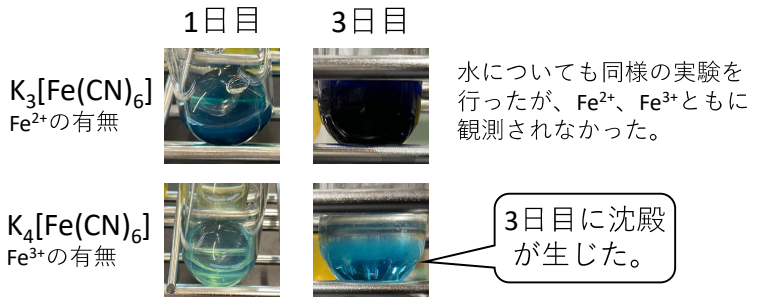
いずれの実験においても鉄くぎの質量については変化が見られなかった。

考察 実験①

- 鉄があることによってアスコルビン酸の酸化が促進されているため、アスコルビン酸が鉄に対して何らかの影響をしているとわかる。
- 水+鉄くぎにおいて、滴定の際ごく少量だが1滴以上の滴下が見られたこともあったため、鉄イオンが酸化還元反応に対して影響していると考えられる。
- 写真から、水+鉄くぎとVC+鉄くぎでは、鉄の酸化に明らかな違いがみられる。
- VC+鉄くぎのみ、溶液の色の変化が大きく見られた。
- VC+鉄くぎでは水+鉄くぎで観測された沈殿は見られなかった。

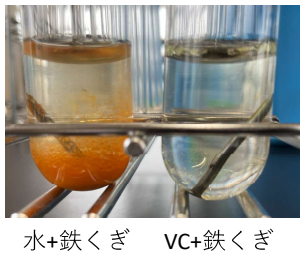
結果 実験②

経過日数	1日目	2日目	3日目	4日目	8日目	15日目
Fe ²⁺	○	○	○	○	○	○
Fe ³⁺	×	×	○	○	○	○



考察 実験②

- 1日目でFe²⁺が観測されていることから、鉄が酸化しており、アスコルビン酸に鉄の酸化を防ぐ効果はないとわかる。
- 3日目からFe³⁺が観測されているため、アスコルビン酸はFe²⁺の酸化を防ぎ、3日目までにほとんどが消費されたと考えられる。
- 実験①、②での溶液の色が黄色く変化した原因はFe³⁺と考えられる。
- 水+鉄くぎで生じた赤い鉄の酸化物はFe₂O₃と考えられ、溶液中に鉄イオンは生じていない。



結論

酸化されやすさ



アスコルビン酸はFe → Fe²⁺は防げていないが、Fe²⁺ → Fe³⁺になることは防いでいる。

アスコルビン酸がある時とない時で酸化のされ方が違う。

展望

滴定を行っていたところ、反応時間に相当違いがみられた。理由として鉄が溶けだした、気温の違い、滴定前から反応が始まっていたなどがあげられる。特に、ヨウ素原子と鉄による何らかの時計反応が起こったと予想している。この原因についても解明していきたい。

単なる水だけの溶液に対して滴定を行ったところ、1滴以上の滴下が見られたものもあったため、鉄が溶け出したことによる要因なのかも解明していきたい。

Fe²⁺の溶液を用いた対照実験も行い、アスコルビン酸がFe²⁺ → Fe³⁺を防ぐのを確認したい。

参考文献

藤井 実・立川 英毅・原田 勝彦, (1964), 緑茶成分のビタミンC 酸化防止効果について, 水産大学校研究業績 第421号

Antioxidation effect of ascorbic acid on iron

Group 11

Background



Ascorbic acid is used as an antioxidant in many food.



#1

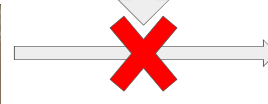
Purpose

To observe the effect of ascorbic acid on iron oxidation.

Hypothesis

Ascorbic acid will reduce iron oxidation.

#2



#3

Method Experiment 1



20mL of 0.00325mol/L ascorbic acid



20mL of 0.00325mol/L ascorbic acid + Iron



Water 20mL + Iron

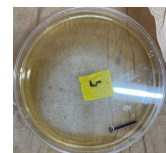
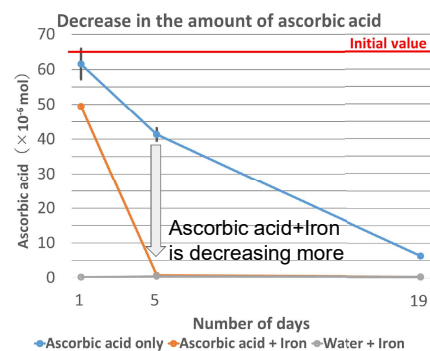


Prepare these 3 petri dishes

After leaving the solution at room temperature for 1, 5, and 19 days, the ascorbic acid concentration is measured using a titration method.

#4

Result Experiment 1



Ascorbic acid + iron
Day 19:
The solution turned yellow.



Water + Iron
Day 19:
The iron has rusted.

#5

Method Experiment 2



4mL of 0.0065mol/L ascorbic acid + iron

Fe²⁺ and Fe³⁺ were measured every few days.

Prepare six of these

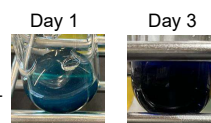
#6

Result Experiment 2

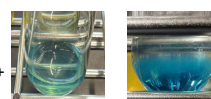
Number of days	Day 1	Day 2	Day 3	Day 4	Day 8	Day 15
Fe ²⁺	○	○	○	○	○	○
Fe ³⁺	×	×	○	○	○	○

○: Ions exist. ×: Ions do not exist.

K₃[Fe(CN)₆]
Presence or absence of Fe²⁺



K₄[Fe(CN)₆]
Presence or absence of Fe³⁺



On the third day, a precipitate formed.

#7

Discussion

- Experiment 1 shows that the iron promotes the oxidation of ascorbic acid, which means ascorbic acid has some effect on iron.
- In Experiment 2, Fe²⁺ was observed from the first day, so ascorbic acid does not have the effect of preventing iron oxidation.
- In Experiment 2, Fe³⁺ was observed from the third day onwards, so ascorbic acid prevented the oxidation of Fe²⁺, and most of it was consumed by the third day.

#8

Conclusion

Fe is the most easily oxidized, followed by ascorbic acid, and then Fe²⁺.

Ease of oxidation

Fe > ascorbic acid > Fe²⁺

- The reaction from Fe to Fe²⁺ is not prevented by ascorbic acid. Therefore, ascorbic acid does not prevent iron oxidation.
- The reaction from Fe²⁺ to Fe³⁺ is prevented by ascorbic acid.
- The oxidation process was different depending on whether or not iron was added.

#9

Outlook

- A delayed response or known as a *clock reaction*, occurred during titration. We would like to find out the cause.
- We would also like to conduct an experiment starting with Fe²⁺ to confirm that ascorbic acid prevents the conversion of Fe²⁺ to Fe³⁺.
- When titrating water + iron, there was more than one drop so we want to investigate if this is because of the dissolved iron.

#10

References

- 藤井 実・立川 英毅・原田 勝彦, (1964), 緑茶成分のビタミンC酸化防止効果について, 水産大学校研究業績 第421号
- 村田 晃, (1990), ビタミンCの多様な作用と作用機作

#11