

第 36 回 近畿高等学校総合文化祭

36th Kinki Senior High School Cultural Festival

自然科学部門発表会



2016 年 11 月 19 日(土)・11 月 20 日(日)

会場：バンドー神戸青少年科学館

主催：兵庫県・兵庫県教育委員会 大阪府・大阪府教育委員会 徳島県・徳島県教育委員会 京都府・京都府教育委員会 奈良県・奈良県教育委員会

滋賀県・滋賀県教育委員会 和歌山県・和歌山県教育委員会 三重県・三重県教育委員会 福井県・福井県教育委員会 鳥取県・鳥取県教育委員会

兵庫県高等学校文化連盟 大阪府高等学校文化連盟 徳島県高等学校文化連盟 京都府高等学校文化連盟 奈良県高等学校文化連盟

滋賀県高等学校文化連盟 和歌山県高等学校文化連盟 三重県高等学校文化連盟 福井県高等学校文化連盟 鳥取県高等学校文化連盟

神戸市 西宮市 伊丹市 尼崎市 姫路市 神戸市教育委員会 大阪市教育委員会 堺市教育委員会 京都市教育委員会

西宮市教育委員会 伊丹市教育委員会 尼崎市教育委員会 姫路市教育委員会 公益財団法人兵庫県芸術文化協会

目 次

兵庫県高等学校文化連盟 自然科学部門部長	1
生徒実行委員委員長挨拶	2
日程・次第	3
参加団体一覧	4
地下ホール座席表	5
会場諸注意	6
開会式・閉会式次第	7
審査員一覧	8
記念講演 神戸大学人間発達環境学研究科 教授 蛭名邦禎 先生	9
発表プログラム	10
口頭発表 物理分野論文	12
口頭発表 化学分野論文	24
口頭発表 生物分野論文	36
口頭発表 地学分野論文	48
ポスター発表 論文	60
会場への経路	102
会場内地図	103
巡検研修について	104
巡検研修参加者名簿	105

自然科学を通して交流の輪を広げよう



第36回近畿高等学校総合文化祭
兵庫県実行委員会自然科学部会長
平 松 紳 一
(兵庫県立宝塚北高等学校長)

第36回近畿地区高等学校総合文化祭が、兵庫県で開催されます。大会テーマ「咲かせよう文化の華 広げよう心の輪」のもと、近畿・中国2府8県から高校生が集い、日頃の成果を発表したり、交流を深めたりすることは大変素晴らしいことです。この大会の開催にご尽力いただきました兵庫県の実行委員会の皆様、そして自然科学部門の皆様に、深く敬意を表し、心から感謝申し上げます。

今年はノーベル生理学・医学賞を大隅良典氏が受賞されました。日本人がノーベル賞を受賞するのは3年連続です。2000年以降、日本人のノーベル賞受賞者は物理学賞8人、化学賞6人、生理学・医学賞3人となりました。科学の世界で日本の研究者が高く評価されています。大隅氏は母校の福岡県立福岡高等学校では、化学部に所属しておられました。その母校での講演会で「自分の目で確かめよう、はやりを追うのはやめよう、小さな発見を大切にしよう、さまざまな面からじっくり考えよう」という4か条の信念を後輩たちに話されたそうです。素晴らしい後輩への言葉であり、各学校で自然科学系の部活動で活動している高校生のみなさんにとっても、日頃の心がけとして活かすことのできる素晴らしい信念であると思います。

今大会の自然科学部門の発表は、神戸市のポートアイランドにあるバンドー神戸青少年科学館の全面的な協力を得て開催することができました。周辺には「神戸医療産業都市」の中核地として、理化学研究所をはじめとする研究機関や大学、医療関係企業などの施設が建ち並んでいます。この場所で2日間にわたり、口頭発表、ポスター発表を行います。発表者のみなさんは、十分な準備をして発表に臨み、日頃から鍛えたプレゼンテーション能力を存分に発揮して、それぞれの研究成果をわかりやすく説明して、素晴らしい発表にしてください。そして、何より今大会の意義は、発表者だけでなく参加するみなさんが、他校の生徒たちとの交流を深めることです。同じ自然科学系の部活動で活動するみなさんが、他校の取組みに刺激を受けて、他校の生徒との交流で何かのヒントを得て、今後の活動に活かしてさらに活躍されることを願っています。

最後になりましたが、この大会の開催にご尽力いただいたすべての方に改めて感謝の意を表しますとともに、参加された皆様方の今後のご活躍と自然科学部門のますますの発展を祈念いたします。

さらにその先



自然科学部門 生徒実行委員長

兵庫県立宝塚北高等学校 新谷 美波

近畿各地から自然科学部門に参加されます皆様、ようこそ兵庫県へ。

兵庫県は、本州の両端である青森県、山口県を除いて日本で唯一の2つの海に面している県です。重化学工業や農林水産業が盛んに行われ、日本の縮図と言われています。また、地形の変化に富み、自然豊かで四季ごとに様々な顔を見せてくれます。国の特別天然記念物に指定されているコウノトリの野生復帰等を行っているのも本県です。今大会のマスコットキャラクター「コウたん」はもちろんコウノトリにちなんだものです。

ここ神戸市は昔から海運がとても盛んな、日本を代表する港町であるとともに造船や鉄鋼を中心とした重化学工業の街であると同時に、2008年にはアジアの都市で初めて「デザイン都市」としてユネスコに登録されたファッションの街でもあります。また忘れてはならないのは1995年阪神・淡路大震災によって甚大な被害を受けたにもかかわらず、県民のみなさんの努力によって見事に復興を成し遂げた街でもあります。ぜひお時間があれば、異人館や南京町など様々な文化が共存する神戸の街並みを散策してみたいはいかがでしょうか。

そして日本で唯一の自然科学の総合研究所である理化学研究所の研究施設が2つ立地しているここ神戸市のポートアイランドは、多岐にわたる最先端の研究がおこなわれている地区でもあります。そのうちの一つが発生生物学、分子細胞生物学、再生医療に重点を置いた多細胞システム形成センターで、もう一つがスーパーコンピュータ「京」の開発・運用でお馴染みの計算科学研究機構です。2日目の巡検研修ではこれらの施設の見学がありますので、ぜひ楽しみにしてください。また、今回皆様にお集まりいただいたバンドー神戸青少年科学館は子供から大人まで気軽に科学に触れ、より身近に感じることができる施設となっており、物理・化学・生物・地学の様々な知識が詰まった、まさに近畿総文自然科学部門の発表にふさわしい場です。

さて、今回の大会テーマは「咲かせよう文化の華 広げよう心の輪」です。この文化都市神戸において皆様が素晴らしい研究の成果を発表し、そこに新しい発見や可能性を見つけ、それらを共有し交流を深めさらにその先へと進めていくことができれば、今大会はより素晴らしくより実りのあるものとなっていくでしょう。

今回の総合文化祭で実行委員長という大役をいただき不安もありますが、自分自身楽しみながら生徒実行委員のみなさんと共に精一杯務めさせていただきますので、どうぞよろしくお願いします。

最後になりましたが、ご来場いただいた皆様、大会に携わる全ての方々に敬意と感謝を申し上げまして、ご挨拶とさせていただきます。

第 36 回近畿高等学校総合文化祭 【日程・次第】

(1) 日 程 平成 28 年 11 月 19 日（土） 【1 日目】

- 9:20～10:00 受 付
- 10:00～10:10 開会式
- 10:20～11:40 記念講演
- 13:00～14:35 口頭発表 I
- 15:00～16:40 ポスター（パネル）発表

平成 28 年 11 月 20 日（日） 【2 日目】

- 10:00～11:30 口頭発表 II
- 11:45～12:15 閉会式
- 14:00～15:00 巡検研修

(2) 次 第

①開会式

- ・開式のことば
- ・挨拶 第 36 回近畿高等学校総合文化祭兵庫県実行委員会自然科学部会長
兵庫県代表部会生徒実行委員長
- ・審査員紹介
- ・閉式のことば

②記念講演

- ・講師紹介
- ・講演「ニュートンか，ダーウィンか？－世界を理解するために必要なことは」
神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 教授 蛭名邦禎 先生
- ・お礼のことば

③口頭発表 I

- ・発表時間 12 分，質疑応答 4 分（新館地下ホール，新館 4 階）

④ポスター（パネル）発表

- ・発表時間 10 分，質疑応答 3 分（新館 4 階）
- ・諸連絡

⑤口頭発表 II

- ・発表時間 12 分，質疑応答 4 分（新館地下ホール，新館 4 階）

⑥閉会式

- ・開式のことば
- ・挨拶 兵庫県代表部会生徒実行委員長
- ・閉式のことば
- ・巡検研修の案内・説明，諸連絡

⑦巡検研修

第 36 回 近畿高等学校総合文化祭 自然科学部門

【参加団体一覧】

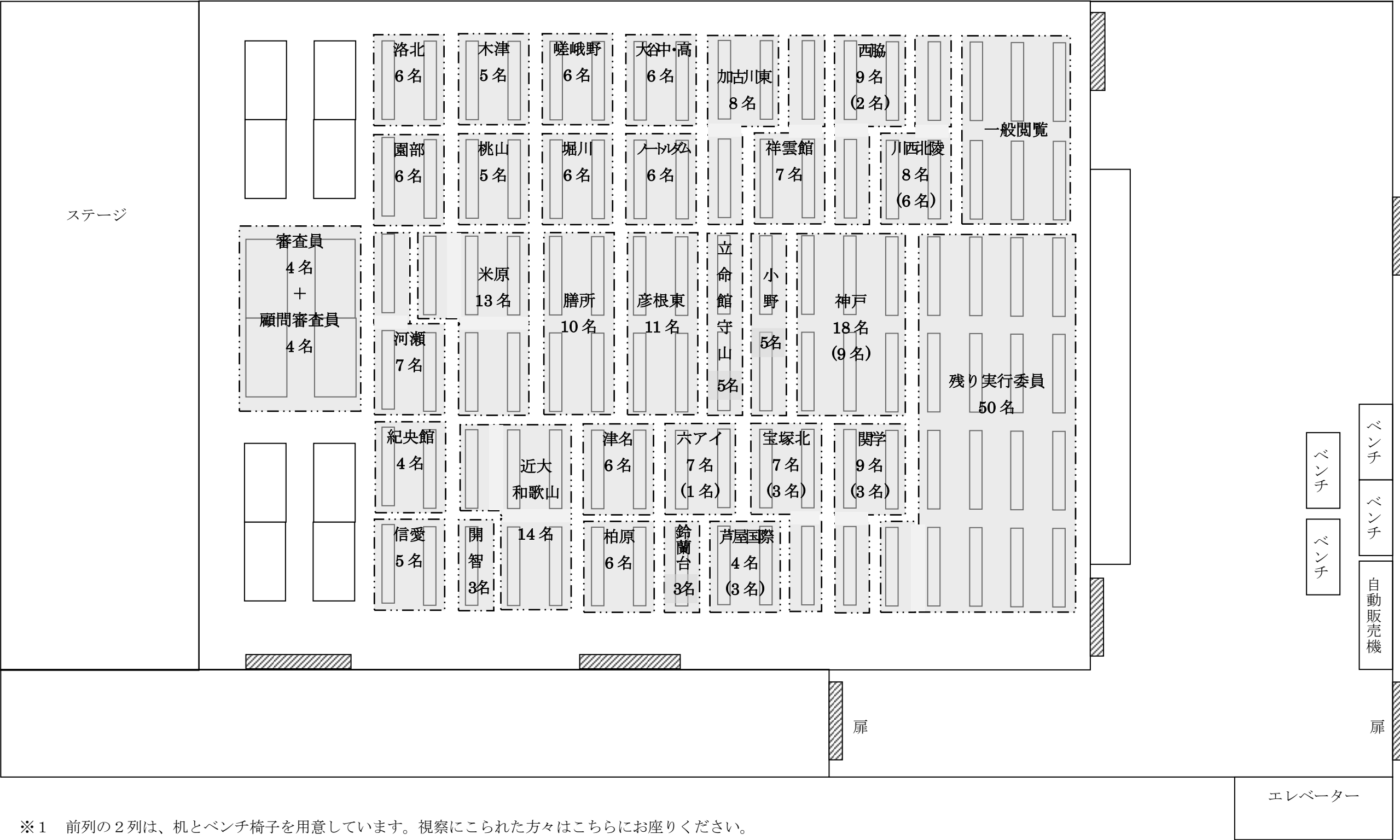
【口頭発表・参加団体】

府県名	物理分野	化学分野	生物分野	地学分野
滋賀	滋賀県立膳所 高等学校 物理地学班	滋賀県立河瀬 高等学校 科学部	滋賀県立膳所 高等学校 生物班	滋賀県立米原 高等学校 地学部
京都	京都府立洛北 高等学校 サイエンス部	京都府立園 高等学校 サイエンス部	京都府立木 高等学校 科学部	京都府立桃山 高等学校 グローバルサイエンス部
和歌山	和歌山信 高等学校 科学部	近畿大学附属和歌山 高等学校 科学部	和歌山県立紀央館 高等学校 自然科学部	和歌山県立紀央館 高等学校 自然科学部
兵庫	兵庫県立 西脇高等学校 生物部	兵庫県立柏原 高等学校 理科部	神戸市立六甲アイランド 高等学校 自然科学研究部	兵庫県立西脇 高等学校 地学部
	兵庫県立芦屋国際 中等教育学校 科学部	兵庫県立川西北陵 高等学校 自然科学部	兵庫県立加古川東 高等学校 自然科学部生物 班	兵庫県立加古川東 高等学校 自然科学部地学 班

【ポスター(パネル)発表・参加団体】

滋賀	滋賀県立彦根東 高等学校 SS 部化学班	滋賀県立彦根東 高等学校 SS 部生物班	滋賀県立米原 高等学校 生物部	立命館守山 高等学校 サイテック部
京都	京都府立嵯峨野 高等学校 サイエンス部	京都市立堀川 高等学校 自然科学部	大谷高等学校 科学部	ノートルダム女学院 高等学校 高校科学クラブ
和歌山	開智高等学校 サイエンス部	和歌山県立紀央館 高等学校 自然科学部	近畿大学附属和歌山 高等学校 科学部	近畿大学附属和歌山 高等学校 科学部
兵庫	兵庫県立宝塚北 高等学校 化学部	兵庫県立神戸 高等学校 自然科学研究会物理班	兵庫県立津名 高等学校 化学部	兵庫県立小野 高等学校 生物部
	関西学院高等部 理科部	兵庫県立神戸鈴蘭台 高等学校 理科部	兵庫県立三田祥雲館 高等学校 理科部	兵庫県立宝塚北 高等学校 園芸部

第 36 回近畿高等学校総合文化祭 自然科学部門発表会 地下ホール 座席表



※1 前列の2列は、机とベンチ椅子を用意しています。視察にこられた方々はこちらにお座りください。

※2 ベンチ椅子は基本的に三人掛けです。後ろの列に実行委員の方々は座るようにお願いします。

【会場諸注意・連絡】

1 受付について

- (1) 来館されましたら、正面玄関入口にて受付ください。
- (2) 受付ブースにて「プログラム」「論文集」等をお渡ししますので、各団体の代表者はお受け取りください。

2 昼食について

- (1) 昼食は、「第 36 回近畿高等学校総合文化祭 兵庫大会」のホームページ（<http://www.hyogo-c.ed.jp/~kinki-soubun/>）にて、各自でご注文いただくか、各自でご用意ください。
- (2) ホームページでご注文いただいたお弁当は、当日、新館地下ホールでお渡しいたします。
- (3) 館内は飲食禁止となっております。昼食は、新館地下ホールにてお摂りください。なお、地下ホール入口前の地下ロビーは、一般利用客のためのスペースですので、使用はご遠慮ください。

3 貴重品等の管理について

- (1) 貴重品等については、各自で管理してください。
- (2) ポスター(パネル)発表時は、貴重品以外の手荷物等は、地下ホールに置いてください。

4 救護について

- (1) 救護が必要な場合は、新館 4 階会場入口までお申し出ください。
- (2) 会場から医療機関への移送には、参加校関係者の付き添いをお願いします。
- (3) 医療機関における医療費および移送費等、受診にかかる費用は、受診者の負担となります。
- (4) A E D の設置場所は、本館 1 階事務所です。

【審査委員一覧】

【物理分野】

神戸大学大学院 人間発達環境学研究科
兵庫県立宝塚北高等学校

教授	蛭名 邦 禎
教諭	谷川 健 人

【化学分野】

神戸大学大学院 理学研究科
兵庫県立宝塚北高等学校

教授	内 野 隆 司
教諭	小宮山 宏之

【生物分野】

兵庫県立大学大学院 生命理学研究科
兵庫県立香寺高等学校

名誉教授	新 免 輝 男
教諭	久 後 地 平

【地学分野】

神戸大学大学院 人間発達環境学研究科
兵庫県立三田祥雲館高等学校

教授	寺 門 靖 高
教諭	谷川 智 康

記念講演

「ニュートンか、ダーウィンか？—世界を理解するために必要なことは」

神戸大学人間発達環境学研究科 教授 ^{えびな} 蛭名 ^{くによし} 邦禎 先生

先生からのメッセージ

研究の究極の目的は、世界を理解することです。（さらには、それを通じて世界を変えることです。）そのためのやり方として、ニュートンのようなアプローチとダーウィンのようなアプローチがあります。現在の地球で起こっている問題を解決するために、世界についてとことん知ることが必要です。そのためには、ニュートンのようなアプローチとダーウィンのようなアプローチの両方の視野を持った研究者になってください。

[illegible]

発表プログラム

11月19日(土) 口頭発表Ⅰ

新館地下ホール

No	予定時間	府県	学校名	部・クラブ名	発表演題
化学 1	13:00～13:16	兵庫県	兵庫県立川西北陵高等学校	自然科学部	菊炭の科学的な性質 ～伝統を科学する～
化学 2	13:17～13:33	滋賀県	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	粘土と腐植が与える森林土壌について
化学 3	13:34～13:48	京都府	京都府立園部高等学校	サイエンス部	金属イオンの種類による人エイクラの 強度変化
休 憩					
生物 1	14:00～14:16	京都府	京都府立木津高等学校	科学部	クマムシ/肢ポンプ仮説を樽化メカニズム から考察する
生物 2	14:17～14:33	兵庫県	神戸市立六甲アイランド高等学校	自然科学 研究部	タテジマイソギンチャクの個体認識シス テム

新館4階特別展示室

No	予定時間	府県	学校名	部・クラブ名	発表演題
地学 1	13:00～13:16	兵庫県	兵庫県立加古川東高等学校	自然科学部 地学班	花崗岩の風化による土砂災害への影響
地学 2	13:17～13:33	京都府	京都府立桃山高等学校	グローバル サイエンス部	巨椋池の起源と変遷
地学 3	13:34～13:48	和歌山県	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	時系列でみた御坊周辺の津波浸水状況
休 憩					
物理 1	14:00～14:16	和歌山県	和歌山信愛高等学校	科学部	空気砲の円でない形の穴から出てくる 空気の輪について
物理 2	14:17～14:33	兵庫県	兵庫県立西脇高等学校	生物部	氷に内包される気泡内の環境の推定 (第1報)

11月20日(日) 口頭発表Ⅱ

新館地下ホール

No	予定時間	府県	学校名	部・クラブ名	発表演題
生物 3	10:00～10:16	兵庫県	兵庫県立加古川東高等学校	自然科学部 生物班	環境DNAを用いた外来種のカメの分布調査 Ⅱ期
生物 4	10:17～10:33	滋賀県	滋賀県立膳所高等学校	生物班	琵琶湖淡水植物プランクトンの日周鉛直 移動に関する研究
生物 5	10:34～10:48	和歌山県	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	日高川のハマボウの分布と生態について
休 憩					
化学 4	10:55～11:11	兵庫県	兵庫県立柏原高等学校	理科部	チンダル現象を用いた溶解度積の測定研究
化学 5	11:12～11:28	和歌山県	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	硫酸銅と食塩の混合水溶液から析出する 結晶について その2

新館4階特別展示室

No	予定時間	府県	学校名	部・クラブ名	発表演題
物理 3	10:00～10:16	京都府	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	サーフィン理論 ～水切りの仕組みと検証～
物理 4	10:17～10:33	滋賀県	滋賀県立膳所高等学校	物理地学班	放電現象とオーロラ
物理 5	10:34～10:48	兵庫県	兵庫県立芦屋国際中等教育学校	科学部	水ロケットの研究
休 憩					
地学 4	10:55～11:11	滋賀県	滋賀県立米原高等学校	地学部	木星の模様を探れ
地学 5	11:12～11:28	兵庫県	兵庫県立西脇高等学校	地学部	白亜紀後期の兵庫県中南部の形成過程 (第2報)

11月19日(土) ポスター(パネル)発表

新館4階特別展示室

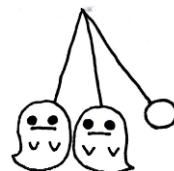
No	発表順	府県	学校名	部・クラブ名	発表演題
ポスター 1	① ④ F	滋賀県	滋賀県立彦根東高等学校	SS 部化学班	ゲル法を用いた結晶作成
ポスター 2	① ④ F	滋賀県	滋賀県立彦根東高等学校	SS 部生物班	プラナリアの食性と行動
ポスター 3	① ⑤ F	滋賀県	滋賀県立米原高等学校	生物部	米原高校周辺に生息するカスミサンショウウオについて
ポスター 4	① ⑤ F	滋賀県	立命館守山高等学校	サイテック部	大川の底質を中心とした水環境について
ポスター 5	② ④ F	京都府	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	四つ葉のクローバーの発生条件
ポスター 6	② ⑤ F	京都府	京都市立堀川高等学校	自然科学部	擬ニュートンポテンシャルを用いた三体問題のシミュレーション
ポスター 7	② ④ F	京都府	大谷中学校・高等学校	科学部	コンテリクラマゴケの構造色について
ポスター 8	② ⑤ F	京都府	ノートルダム女学院高等学校	高校科学クラブ	洗濯物の乾きやすさと色の関係
ポスター 9	③ ④ F	和歌山県	開智高等学校	サイエンス部	直流電流による磁場の測定データの解析
ポスター 10	③ ⑤ F	和歌山県	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	電波望遠鏡を利用した地球-太陽間の距離の測定 その2
ポスター 11	③ ⑤ F	和歌山県	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	和歌山大学電波望遠鏡を利用した天の川観測 その6
ポスター 12	③ ④ F	和歌山県	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	中紀地方のアコウの分布・生態とアコウコバチについて
ポスター 13	① ③ F	兵庫県	兵庫県立宝塚北高等学校	化学部	熱気球はどこまで軽くできるか
ポスター 14	① ③ F	兵庫県	兵庫県立宝塚北高等学校	園芸部	扇風機の後方はなぜ涼しくないのか
ポスター 15	② ③ F	兵庫県	関西学院高等部	理科部	武庫川の定点における淡水魚の出現パターン
ポスター 16	② ⑤ F	兵庫県	兵庫県立神戸鈴蘭台高等学校	理科部	長持ちするシャボン玉の条件
ポスター 17	① ④ F	兵庫県	兵庫県立津名高等学校	化学部	近隣小学校にあったラベル不可読薬品の判別
ポスター 18	① ⑤ F	兵庫県	兵庫県立三田祥雲館高等学校	理科部	走行中における白線検知システムについて
ポスター 19	② ③ F	兵庫県	兵庫県立小野高等学校	生物部	小野高校生物部の取組
ポスター 20	② ④ F	兵庫県	兵庫県立神戸高等学校	自然科学研究会 物理班	神戸高校物理班活動紹介

発表順	予定時間
①	15:00~15:15
②	15:15~15:30
③	15:30~15:45
休 憩	
④	15:55~16:10
⑤	16:10~16:25
F	16:25~16:40

※ Fはフリーセッション(全ポスター(パネル)発表団体が参加)



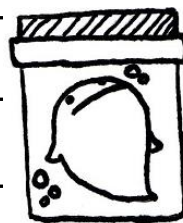
【口頭発表メモ・物理】



物理 1 :

物理 2 :

物理 3 :



物理 4 :

物理 5 :



空気砲の円でない形の穴から出てくる空気の輪について

和歌山信愛高等学校 科学部

3年 山本昌奈実

1年 肥田季美佳 小倉正恵 山本実歩奈

1. 空気砲とは

空気砲とは、箱の一面に穴をあけたもので、箱の側面をたたくと、穴から出た空気は輪を作り、進んで行く。空気の輪は内から外に向かって回転している(図1)。

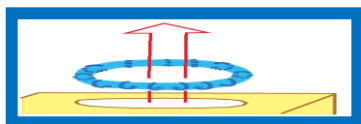


図1 輪の中の空気の回転

2. 実験方法

段ボールの箱、ガムテープ、カッターを用い、さまざまな形の穴をもった空気砲を作り、煙発生装置(商品名: SMOKE STREAM JR、メーカー: STRAGE EVORUTION)から発生した煙を入れ(図2)、側面をたたき、出てきた煙の輪を観察、撮影する(図3)。



図2 煙の充填



図3 空気砲

3. 三角形の穴の空気砲

(1) 穴の形が三角形であるアクリル製の空気砲では、出てきた空気の輪は $\Delta \rightarrow \bigcirc \rightarrow \Delta \rightarrow \bigcirc \rightarrow$ を繰り返して進んで行くことが知られている。

参考文献

2つの穴の空気砲および非円形の空気砲の考察
本郷中学高等学校

科学部 佐藤 健史 梶原 理希

(2) 実験1

穴の形が三角形である段ボール製の空気砲で上記2.の実験を行った。

(3) 実験1の結果

出てきた空気の輪は $\Delta \rightarrow \bigcirc \rightarrow \Delta \rightarrow \bigcirc \rightarrow$ を繰り返して進んでいた(図4、図5)。

輪が空気抵抗の小さい円になろうとする力の強さによって、三角形と円の繰り返しの周期が変わることもわかった(表1)。



図4 三角形の輪



図5 円の輪

表1 三角形と円の輪の比較

	円になる力が強い間	円になる力が弱い時
	輪ができてすぐ	輪が消える前
$\Delta \bigcirc$ の間隔	短い	長い
Δ の形	見えにくい	よく見える
$\bigcirc$ の形	よく見える	見えにくい

さらに、三角形の輪の形は、輪が進むにつれて $\Delta \rightarrow \bigcirc \rightarrow \nabla \rightarrow \bigcirc \rightarrow$ と変化している(進行方向に垂直な平面内を回転している)ように見えた。これは、空気の輪が進行方向に垂直な平面内を回転しているためではないかと考えた。

4. 鍵穴形の穴の空気砲

(1) 空気砲から出た空気の輪の進行方向に垂直な平面内の回転について詳しく調べるため、穴の形を図6のように、円の一部分に四角い突出を付けた形(鍵穴のような形)にし、同様の実験を行った。



図6 円に四角い突出を付けた空気砲

(2) 実験2

鍵穴形の穴の空気砲に煙を入れ、側面をたたき、出てくる煙の輪を観察、撮影した。このとき、空気砲の穴を上向きにし、煙を真上に出し、空気の輪が真上に進んで行くようにした。

(3) 実験2の結果

空気の輪は穴の形(鍵穴形)と円の形を繰り返している(鍵穴形 $\rightarrow$ 円 $\rightarrow$ 鍵穴形 $\rightarrow$ 円 $\rightarrow$ 鍵穴形 $\rightarrow$ 円 $\rightarrow$)ことがわかった。

さらに、鍵穴形の輪について観察すると、突出の部分が輪の進行につれて、進行方向に垂直な平面内を、進行方向に向かって、反時計回りに回っていることがわかった。

図7は空気の輪を正面(穴の真上)から撮影したものであり、空気の輪は時計回りに回っていることがわかった。

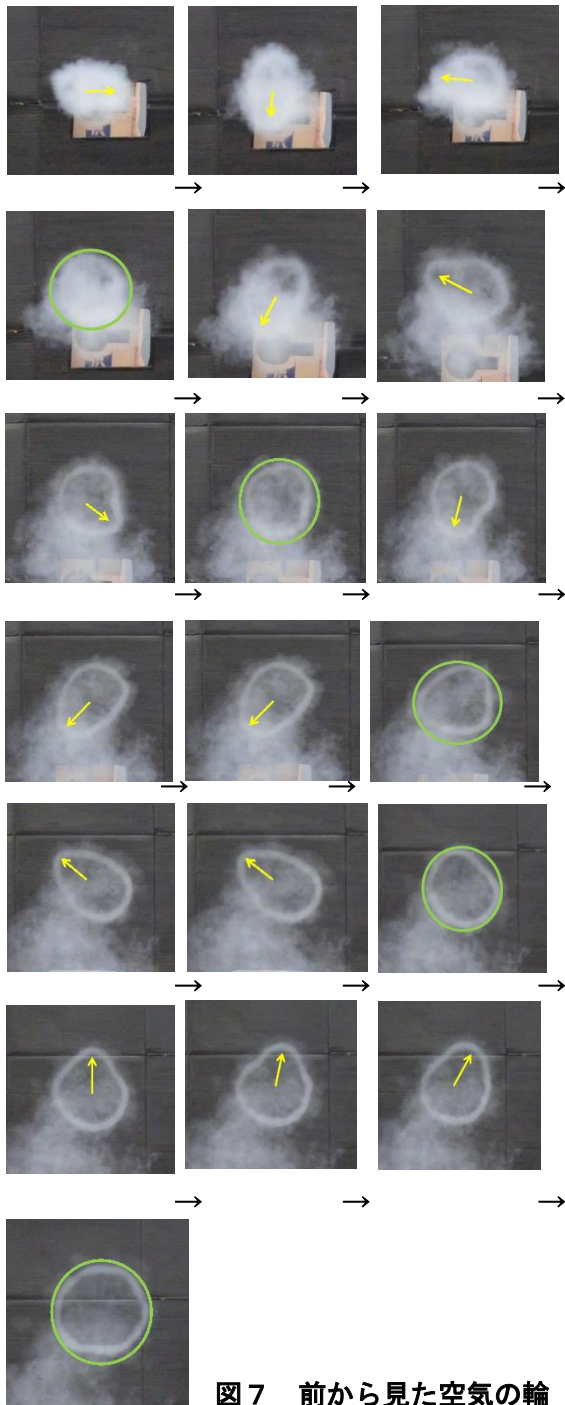


図7 前から見た空気の輪

写真は等間隔で撮影したものであり、最初の頃は空気の輪の初めの形(鍵穴形)と円の繰り返しの間隔が短く、輪の回転する速度が大きいが、時間が経つにつれて(輪が進んで行くにつれて)繰り返しの間隔が長くなり、輪の回転する速度も小さくなることがわかった。

空気の輪を下から撮影すると、空気の輪が反時計回りに回転していることがわかる(図8、図9)。

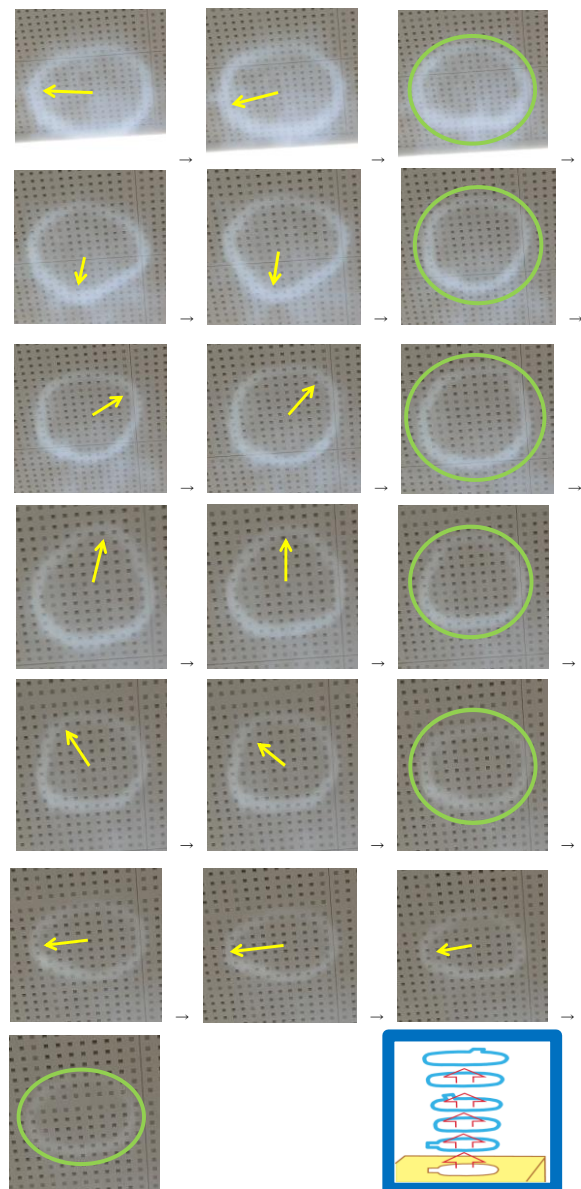


図8 下からの空気の輪 図9 空気の輪回転

(4) 結論

鍵穴形の穴から出た空気の輪は、鍵穴形と円の形を繰り返しながら、進行方向に向かって反時計回りに回転している。進むにつれ、円に戻ろうとする力が弱くなり、繰り返しの間隔が長くなる。

(5) 実験3

鍵形の穴の作るとき、ビニールテープを貼って補強したこと、カッターナイフで切っていく方向などが回転に関係があるかもしれないので、確かめたが、**実験2**と同じ結果になった。

(6) 展望

解像度の良いカメラ(ビデオ)で輪の形の変化を正確に確かめたり、空気砲を押す力を測定し、押す力を変化させ、同様の実験を行いたい。

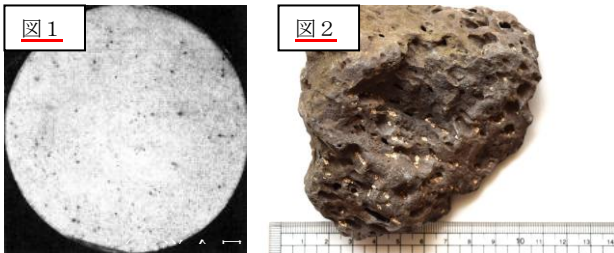
氷に内包される気泡内の環境の推定（第1報）

兵庫県立西脇高等学校 生物部

3年：北條健太，臼井滉平，2年：足立敬一郎，
越前太智，岡本恒輝，篠田睦生，畑中拓，藤原未
奈，森山李玖，1年：内橋春香

1. はじめに

気泡の入らない氷は粒が細かいため舌触りがよい。実験を始めた5月はすでにかなり暑さが厳しく、気泡が入らない舌触りのよい氷を作ろうとした。しかし、試行錯誤を重ねても、実際に気泡が入らない氷を作ることはできなかった。ある日、氷の気泡が、金属の凝固過程で残存して欠陥材料の原因になる気泡（図1）や、兵庫県北部の巡検調査で採取した岩石のマグマの冷却過程でガスが抜けた穴（図2）によく似ていると思われた。氷の気泡の研究は、これらが形成される環境を考察する手がかりになる。そこで、当初とは逆に気泡が多く入った氷を作り、気泡の温度や圧力を明らかにすることを目的に本研究を始めた。



2. 実験方法と結果

冷却速度や冷凍庫内の温度を様々に変えて純水を冷却し、気泡が多い氷や少ない氷を作った。純水に空気を注入したり沸騰させたりせず、すべての実験の製氷は同時におこなった。

（1）氷に閉じこめられた気泡の温度変化の測定
仮説：水が完全に結晶化すると、冷凍庫内と氷は同じ温度で平衡に達する。

方法：純水を静かに製氷皿に入れ、製氷皿の上方付近の水、製氷皿の水の中央部付近、製氷皿

の水面から数mmの高さに、デジタル温度計をセットし、冷凍庫内で冷却して5分ごとの温度変化を温度が平衡に達して十分時間がたつまで測定する（図3）。

結果：仮説に反

して、氷内部

にできた気泡の

温度は、急冷か徐冷か、や気泡の多少に関わらず、いずれも冷凍庫内の温度よりも $0.76^{\circ}\text{C} \sim 3.41^{\circ}\text{C}$ 程度高く平衡に達した（表1）



（2）温度計間の測定精度の確認（図4）

3本のデジタル温度計間の測定精度を確認するため、2本ずつ同じ純水に浸して温度を5分ごとに測定したが、測定値はよく一致した。

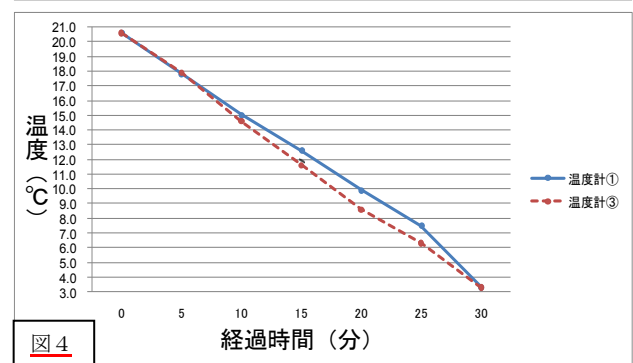
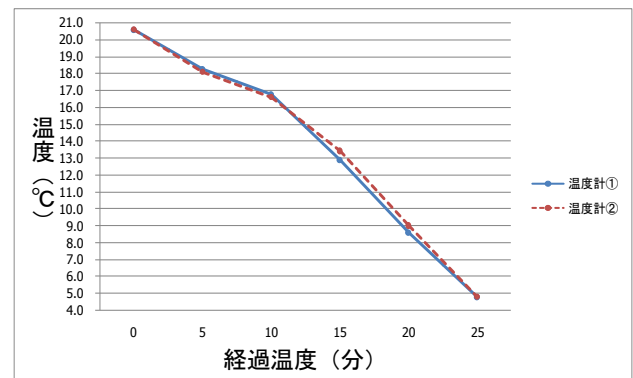


表1 実験番号	急 冷				徐 冷		
	1	2	3	4	5	6	7
平衡に達した時間(分)	110~270	110~220	120~180	110~230	125~245	105~170	105~355
冷凍庫内の平均温度(°C)	-23.07	-23.28	-22.53	-22.13	-20.72	-21.13	-22.04
気泡の平均温度(°C)	-19.66	-20.24	-20.10	-19.58	-19.96	-18.64	-19.41
氷の平均温度(°C)	-21.51	-22.21	-21.78	-21.37	-17.92	-20.29	-21.20
気泡の温度-冷凍庫内の温度(°C)	3.41	3.04	2.43	2.55	0.76	2.49	2.63

(3) 氷の密度と膨張率の測定

仮説：水が急冷されて結晶化し、内部に多くの気泡が閉じこめられるほど膨張率（氷の体積 cm^3 / 水の体積 cm^3 ）は大きく、密度変化の割合（氷の密度 g/cm^3 / 水の密度 g/cm^3 ）は小さくなる。
方法：テニスボールの空気を吸引し、空気入れて純水を注入して満たして純水の質量と体積を測定する。冷凍庫内で急冷して気泡が多く入った氷を作り、氷の質量と体積を測定する。

結果：急冷実験では、気泡が多く入っているにもかかわらず、気泡が少ない氷と密度の変化に有意差がみられず、膨張率はわずかに小さいこともある（図5）。

(4) 氷の気泡に閉じこめられている空気の体積の測定

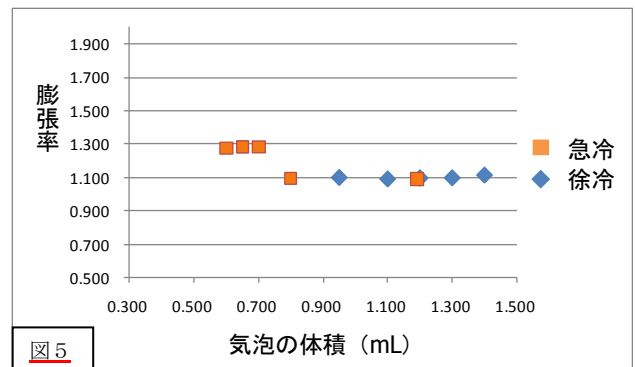
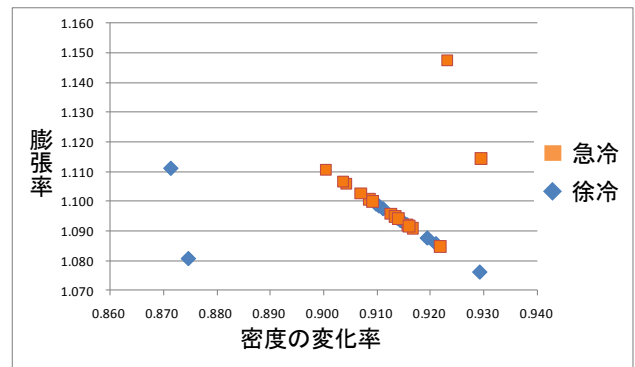
仮説：急冷すると氷の中に多くの空気が閉じこめられる。
方法：気泡が多い氷と少ない氷を、水をはった水槽の中で溶かし、気泡をすべてメスシリンダー内に集めて、氷に含まれていた空気の体積を測定する（図6）。



結果：急冷して結晶化した氷は、実験（2）で膨張率や密度の変化率に有意差を示さないが、多くの空気を気泡として含む。多くの空気が閉じこめられているにもかかわらず、急冷した氷の方が膨張率はむしろ小さい傾向にある（表2）。

表2	試料	水から氷への膨張率	気泡の体積 (mL)	膨張率／気泡の体積
急冷	4	1.111	1.40	0.794
	7	1.097	0.95	1.155
	12	1.095	1.30	0.842
	13	1.088	1.10	0.989
	14	1.093	1.20	0.911
	15	1.094	1.20	0.912
	平均	1.096	1.19	0.934
徐冷	18	1.091	1.19	0.916
	20	1.095	0.80	1.369
	27	1.282	0.65	1.973
	28	1.284	0.70	1.835
	29	1.282	0.65	1.973
	30	1.274	0.60	2.123
	平均	1.218	0.77	1.698

3. 全体のまとめと考察



同じ純水を冷却して氷を作ったため、気泡の多少は、純水に含まれていた空気の量によって異なるものではない。気泡の量は、冷却速度の違いによる。内包される空気の量が多いにもかかわらず氷全体の膨張率が変わらないことや、気泡が多い氷でも密度の変化に有意な違いがみられないことから、急冷して結晶化した氷には、内部の空気に向かって高い圧力がかかっている可能性がある。

金属が凝固する過程で気泡が入ると、商品として使用できなくなる。地下深部のマグマの固化が進行し、メルト中の H_2O 量が過飽和となって気泡を生じるとき、マグマの結晶固化が進行中であっても、大規模な珪長質マグマだまりでは体積の膨張を安易に許さない（風早・篠原, 1994）。これらのように、体積が膨張できない状態で多くの気泡を生じる環境は、温度や圧力などが桁違いではあるが、本実験の環境と類似点も多い。

4. 今後の課題

相平衡関係を動的にとらえる必要があるため、現在の段階では、金属や岩石の気泡の環境を本実験とただちに結びつけることはできない。不純物の入った水を凍らせた場合、成分が結晶化してより近い環境になるため、濃度を変えた実験を行う。

参考文献

風早康平・篠原宏志（1994）大規模マグマ溜りからの火山ガス・熱水の放出モデル～火道内マグマ対流およびマグマ溜りの固化に伴う脱ガス～（地質ニュース 474 号, 12-17）

サーフィン理論 ～水切りの仕組みと検証～

京都府立洛北高等学校 サイエンス部物理班
2年 山下龍之介, 中尾太樹, 山下ひな香

1. 動機及び目的

水切りとは、川や海などの水面に石を投げて跳ねさせる遊びで、誰もが一度は経験したことがあるだろう。しかし、なぜ跳ねているのかということとは意外と知られていない。

これを調べるために、まず石に見立てた円盤が水面で跳ねる様子をスローモーションで撮影した。そして、その結果から「サーフィン理論」という水切りの原理についての仮説を立てた。サーフィン理論については後述する。

今回はその仮説が正しいものであるかを検証するための実験を行うことにした。

2. 方法

水切りは本来手で行うが、手では回転数や入射角などを一定にすることが難しい。そこで、実験の条件を一定にするために、図1のような

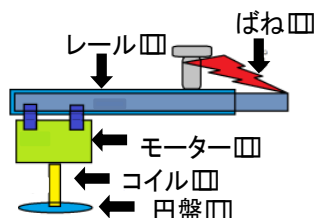


図1: 実験装置の模式図

装置を作成した。この装置はモーターの軸にコイルが取り付けられており、後述の円盤を回転射出することができる。水を張ったシンク内にこの円盤を装置で回転射出し、その跳ねる様子をハイスピードカメラで撮影した。実験試料：本実験では石の代わりとして図2のような質量 9.3 g、直径 5cm、曲率半径 5.4cm の円盤を準備した。



図2: 円盤

①直接的な跳ねる様子の撮影

影：動機の中でも述べた通り、実際にどのように跳ねているのかをスローモーション動画で撮影し、これを解析することで大まかな跳ねる様子を調べた。

②速さの変化の測定：次に、シンクの上から毎秒 60 枚の連続写真を撮影し、カメラの画像を元に、射出直後から初めて着水するまでの速さ v_1 と、その後水面から離れてから 2 回目に着水するまでの速さ v_2 を算出した。算出方法を以下に示す。

まず写真に写った円盤の位置をカメラの位置を考慮して補正し、その移動距離と毎秒 60 枚の連続写真の枚数から、速さを求めた。

3. サーフィン理論

スローモーションの映像(図3)から、円盤は図

4のような仕組みで跳ねていると考えられる。すなわち、円盤が着水する時水面に窪みを作り、その坂を円盤が登ることで跳ねるということである。私たちはこれを「サーフィン理論」と名付けた。

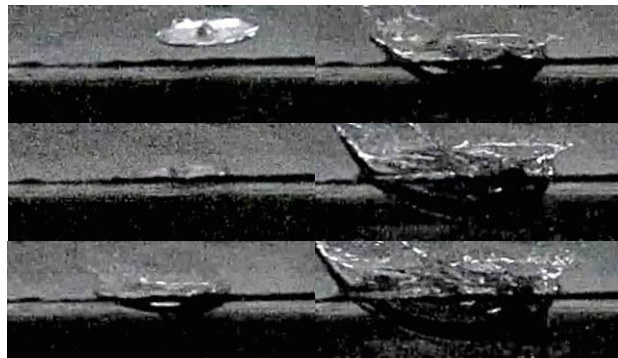


図3: 円盤が水面を跳ねる様子

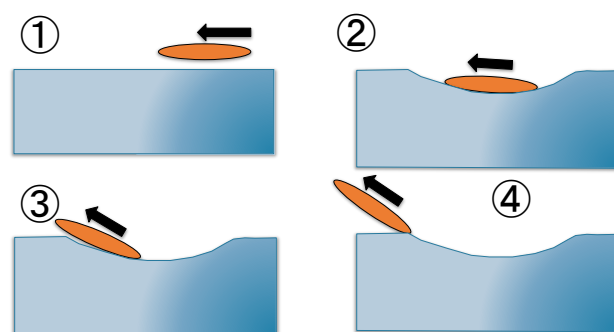


図4: サーフィン理論

4. 速度の変化

求めた速さのうち、算出に用いた写真の枚数が一枚のものは誤差が大きいと考えられるため、実験結果から外した。実験結果を、縦軸に速さを取ってグラフにしたものを図5に示した。データはおおよそ $200\text{cm/s} < v_1 < 500\text{cm/s}$ の間に集まっていた。

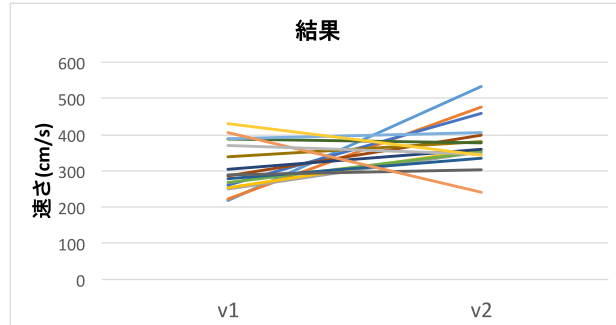


図5: 実験結果

次に、データを (a) $v_1 \leq 300\text{cm/s}$ 、(b) $300\text{cm/s} < v_1 \leq 400\text{cm/s}$ 、(c) $400\text{cm/s} < v_1$ に分けた。これをグラフにすると、図6のようになった。

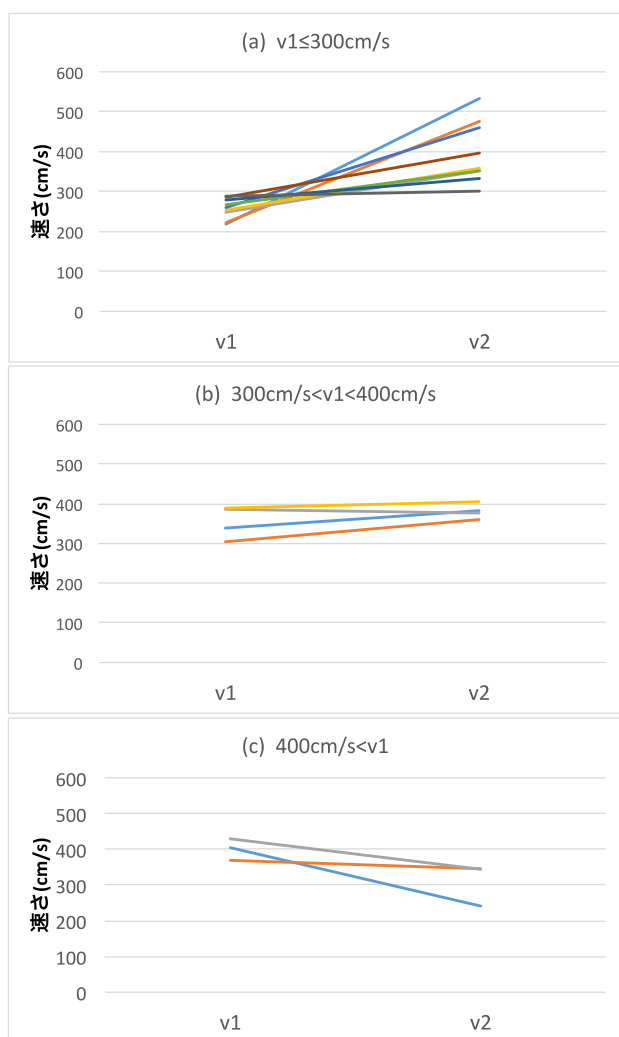


図 6：初速ごとに分けた結果

図 6 (a) より v_2 が v_1 より大きくなり、(b) より v_2 と v_1 は同程度になっていて、(c) より v_2 は v_1 より小さくなっていった。すなわち、 v_1 が小さいものは加速傾向にあり、 v_1 が大きくなるにつれて、減速傾向が大きくなっていると言える。

5. サーフィン理論による考察

私たちは、着水時の速さが大きいほど離水時までの速さの減衰が大きいことに着目した。これは、サーフィン理論で説明できる。着水時の速さが大きければ、その分深い窪みができる(図 7)。その窪みの深さは着水から離水の短い時間ではほとんど変わらず、石はその窪みの斜面を登っていく。つまり、着水時の速さが大きいほど石の離水時の水平からの角度 θ が大きくなる。今、水平方向の速さ $v \cos \theta$ を測定しているのであるから、 θ が大きくなれば、 $v \cos \theta$ は小さくなる。よって、着水時の速さが大きいほど、離水時までの速さの減衰が大きくなっているように見える。逆に、着水時の速さが小さい時、加速しているように見えることについては、今後の課題である。

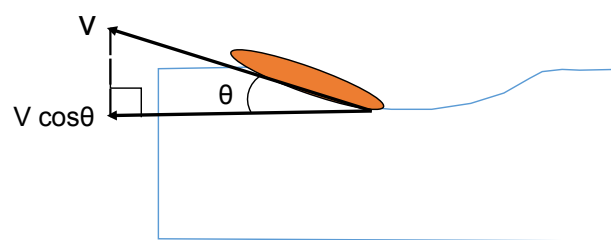


図 7：離水時の様子

6. 反省と課題

反省点は速度の変化に関するデータが少ないということがある。今後はデータ数を増やして今回の結果の信頼性を高めていきたい。

課題としては、着水時の速さが小さければ、加速しているように見えることを検証するということがある。これについては計測時に写真の枚数が少ないため、 v_1 の値が正確に求められていない可能性があるため、写真の枚数を増やすなどして v_1 の値を精度良く求める方法を考えていきたい。

また、着水時の速さによって水面がどのように変化するのかを観測することによって、「サーフィン理論」による考察が正しいのかを検証していく。

さらに、3 回目以降における速度を計測し、跳ねる回数が増えていくと速度の変化はどのようなものかも調べたい。

7. 謝辞

本研究において実験方法、結果の解析などに関して多くのアドバイスを頂きました、本校竹本宏輝教諭に心より感謝します。

放電現象とオーロラ

滋賀県立膳所高等学校 物理地学班
2年 吉田航平 岡本直丈
松木 陸 小梶史人 松村悠己

1. 動機及び目的

私たちは誘導コイルでの放電現象の実験を行う中で、放電現象に関わりのあるオーロラがどのようなしくみで発生するのか、なぜオーロラは極の上空にのみ発生しやすいのかについて興味を持った。そこで、ネオジム磁石（地磁気をモデル化）と誘導コイルを用いて磁気の中で放電（電子線：太陽風をモデル化）を発生させ、真空鐘で地球の上空を再現し、本来の地球の状態に近づけた実験により、オーロラ発生モデルを考察した。

2. 実験方法

誘導コイルで高電圧（ $6 \times 10^4 \text{V} \sim 1.2 \times 10^5 \text{V}$ ）を発生させ、ネオジム磁石を用いて、放電線に干渉し、その様子を観測した。



図1：誘導コイルと真空鐘

また、上空のモデル実験については、ポンプで空気を抜いた真空鐘（最低2mmHgまで降下可能）に設置した電極で放電し、それを観測した。

(1) 実験Ⅰ 磁力線に垂直な放電

ねらい

赤道面付近の磁界が太陽風に及ぼす影響のモデル的考察をする

方法

誘導コイルの受信側にネオジム磁石を縦に置く。その磁力線に垂直な方向に放電し、受信側の電極板へ放電される位置を観測した。

仮説

電流はローレンツ力により磁石を避けるようにして流れる。

結果

仮説通り電流は磁石を避けるように流れた。

考察

磁力線に対し垂直に放電したとき、仮説通り電流の軌道はローレンツ力により曲げられたと考えられる。赤道上でオーロラが見られにくいのは太陽風にもローレンツ力が働くからだと考えられる。

(2) 実験Ⅱ 磁力線に沿った放電

ねらい

極上空の磁界が太陽風に及ぼす影響のモデル的考察をする。

方法

半球・球状のプラスチック容器内にネオジム磁石を棒状に設置する。ネオジム磁石のN、S極側それぞれを通過するように放電し、観測した。磁界以外の要因の関与も確かめるため、図2-1、2-2の二つの状態での対照実験を行った。



図2-1：実験Ⅱ（下に磁石）



図2-2：実験Ⅱ（上に磁石）

仮説

電流は磁石から退くように電極板へ流れる。

結果

2-1、2-2のどちらの実験も電流は磁石をやや避け、電極板へと流れた。

考察

結果より、電流は磁力線の流れに沿った軌道をとると考えられる。ここから電極どうしの距離が十分大きい場合、電流は磁力線に沿った楕円の軌道の一部を描くと予想される。

(3) 実験Ⅲ オーロラ発生時の電圧・気圧

ねらい

オーロラができる電圧・気圧の関係の調査

方法

真空鐘に電極を設置・放電し、真空ポンプによる低気圧下でオーロラを発生させる。各電圧下で最初にオーロラが発生したときの気圧を調べた。



図 3：オーロラが発生している様子

仮説

電圧を高くすると高気圧下でもオーロラが発生する。

結果

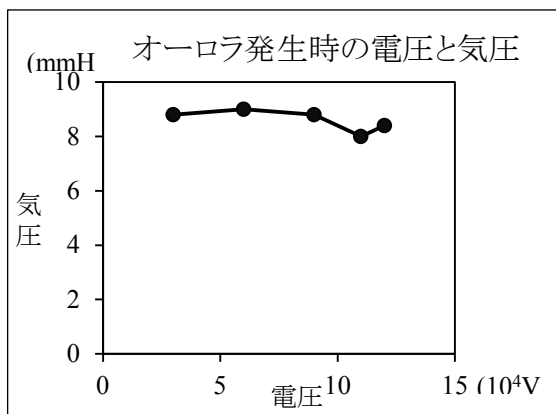


図 4：オーロラ発生時の電圧と気圧の関係

仮説に反して、電圧を高くしても、オーロラが発生し始める気圧はほとんど変わらなかった。

考察

この実験から、電圧にかかわらずオーロラはほぼ一定の気圧下で発生するのではないかと考えられる。

(4) 実験Ⅳ オーロラ発生位置と磁界

ねらい

オーロラ発生時の地磁気による位置変化のモデル化

方法

電極板の下に磁石を置かない場合と置いた場合の、オーロラ発生位置を観測する。

仮説

電流と同様に磁石を避けるようにオーロラが発生する。

結果

磁石を置かない場合は、電極板に広くオーロラが発生した。

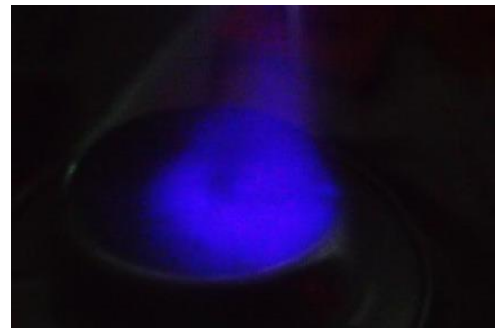


図 5-1：電極板に広がって発生するオーロラ

磁石を置いた場合は、磁石の縁に沿って、オーロラが発生した。

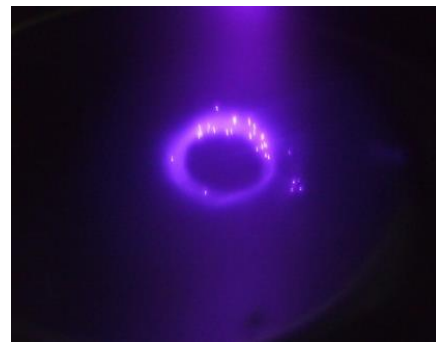


図 5-2：磁石の縁に沿って発生するオーロラ

考察

オーロラが発生している状態でも実験Ⅰ，Ⅱの結果が成り立っていることがわかる。

3. まとめ

太陽風が地球に到達してから極地を通過するまでをモデル化して行った一連の実験から、太陽風の磁力線に沿って極に向かい、特定の低気圧下でオーロラとなることが分かった。

4. 今後の課題

一般に太陽風は極地を通過した後、地球の夜側にあたる部分に回りこみ、その後極地付近にもう一度戻ってくると考えられている。また、実験Ⅲにおいて、気温など他の条件も考慮し、これらのことについての実験を進める。

水ロケット（ペットボトルロケット）の研究

県立芦屋国際中等教育学校 科学部

5年 イナナル 仁貴

虫島 佑起

Junichi Cheang

1. 動機および目的

（1）動機

去年、水ロケットの大会に参加することになり、勝利を目指してたくさん水ロケットを作って飛ばした。単純なつくりの水ロケットだが、正確に飛ばすのはとても難しかった。そこで水ロケットの原理を解明しようと思い、この研究を行った。

又、小さい子が一番身近に取り組める物理の教材であり、言語の壁を気にすることなく楽しめる一方、水ロケットの発射には多かれ少なかれ危険を伴う。そこで、安全に飛ばす方法を考えた。

（2）目的

- ① まっすぐ飛ばすために必要なことを調べる。
（周囲への危険防止。）
- ② 距離を出すにはどうすればよいかを調べる。
- ③ 中の気体の仕事の何%が、ロケットのエネルギーに変わっているのかを調べる。

2. 水ロケットの作り方（大会で使えるもの）

（1）準備物

1.5Lのペットボトル2本

（気圧に耐える炭酸飲料のもの）

油粘土 クリアファイル（先端部分）

ビニールテープ

銅の棒 塩化ビニルシート

空気入れ（気圧を測れるもの）

ロケットの発射装置（市販のもの）

（2）作成方法

- ① ペットボトルの片方を切って、もう一方のペットボトルとテープでつなげる
- ② ロケットの後方に塩化ビニルを台形に切ったもの（尾翼）をつける。
- ③ クリアファイルを尖らし、中に粘土を入れてテープで固定する。
- ④ ③をロケットの先端にテープでつけて完成。

3. 水ロケットの飛び方の調べ方

（1）傘袋での実験

傘袋を用意し中に空気を入れてふくらまし、以下のことをやり投げのように軽く投げて調べた。

① 重心の位置

重心がどのあたりのときに、一番距離が出るのかを調べる。

② 尾翼の数と飛び方の調べ方

傘袋を用意し、尾翼を0枚～6枚のものを用意し、それぞれ投げる。

（2）水ロケットでの実験

尾翼を4枚（傘袋が一番安定した）にして、風が弱い晴れた日に以下の実験を行った。

① 質量を変えて飛ばす

気圧4気圧、水量450cc、角度45°に揃えて、先端に入れる粘土の量を60g～100gに変えて、それぞれの重心の位置を調べて飛ばす。

② 水の量を変える

気圧4気圧、角度45°に揃えて、粘土の質量が110g（全体が240g）のロケットを使って、水の量を400cc～600ccに変えて飛ばす。

③ 角度を変える

気圧4気圧、水の量450cc、粘土の質量を90gに揃えて、角度を35°～55°と変えて飛ばす。

④ 入れる気圧を変える

水量500cc、粘土の質量を90g、角度45°に揃えて、入れる気圧を4～6気圧に変えて飛ばす。

4. 結果と考察

（1）傘袋での実験

① 重心

重心が先端から1/2より前のときに、安定して飛ばせた。

これはロケットの飛行中、風がなくてもロケットにとっては、とても強い向かい風を受けることになる。ロケットは横風などを受けると重心を中心にして回転する。

ロケットを風に向かって安定した飛行をさせるには重心が前の方が安定する。

② 尾翼

尾翼を縦と横に4枚つけると安定して飛ぶ。

ロケットの縦の尾翼は進行方向からの風を、横の尾翼は上下方向からの風を受けるため、風の流れに沿って飛ばすことができる。

尾翼があると、尾翼が風を受けて風による力の中心がうしろになるので飛行姿勢が安定する。

(2) 水ロケットでの実験

① 質量：粘土が60gのときに一番よく飛んだ。

質量	60g	70g	80g	90g	100g
距離	95.6m	90.9m	85.1m	78.6m	75.0m

運動量保存則より、軽いほどよく飛ぶはずだが、軽すぎるときれいに飛ばない。先端に粘土を入れると重心が先端から1/2の位置よりも前になる。

また質量が大きいほど、横風の影響を受けにくくなるので、安定してまっすぐ飛ばせるようになると考えられる。

② 水の量：500ccのときに一番よく飛んだ。

水量	400cc	450cc	500cc	550cc	600cc
距離	41.0m	50.5m	56.0m	29.5m	28.4m

運動量保存則より、基本的に水の量が多い方が、飛距離は伸びるはずであるが、500ccを境に飛距離が伸びなくなった。これは500ccを超えると水を放出するのにかかる時間が大幅に伸びてしまい、水の速度が遅くなってしまうため、距離が伸びなくなってしまうと考えられる。

③ 角度：45°のときに一番よく飛んだ。

角度	35°	40°	45°	50°	55°
距離	74.7m	77.8m	78.6m	77.6m	75.0m

距離の差はほとんどなかったが、5.の④式からも分かる通り、45°のときに一番距離は伸びた。

④ 気圧：6気圧のときに一番よく飛んだ。

気圧	4atm	4.5atm	5atm	5.5atm	6atm
距離	64.0m	72.1m	79.9m	88.1m	95.6m

気圧が高ければ高いほど、放出される水の速度が上がり距離は伸びる。

5. 飛距離の計算方法

水ロケットの速度は以下の式から求められると考えた。

$$X(p \triangle V) = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv^2 \dots \textcircled{1}$$

$$MV - mv = 0 \dots \textcircled{2}$$

①はエネルギー保存則、②は運動量保存則より

X：気体の仕事のうちロケットや水のエネルギーになった割合

p：気圧 (Pa) ΔV：水の体積 (m³)

M：ロケットの質量 (kg) V：ロケットの速度 (m/s)

m：水の質量 (kg) v：水の速度 (m/s)

ロケット内の気体は実際には水を放出するときには圧力は変化するが、そのときの圧力を計算しにくいため、等圧変化をするものと考えた。

また鉛直方向の飛距離 x は、空気抵抗を考慮せず、発射角度を θ とすると、

$$x = \frac{V^2 \sin 2\theta}{g} \dots \textcircled{3}$$

この③に各結果をあてはめて、①、②の式から X を求めると、水の量が 500 cc 以内のときは概ね、

$$X \div 0.5 \dots \textcircled{4}$$

④より気体の仕事の約 50% が、ロケットや水のエネルギーになっていると考えられる。

残りの約 50% は発射台に加わったり、音エネルギーになったと考えられる。

6. 反省と課題

(1) 発射台

発射台が途中で動かなくなることがあり、発射に手間取ることがあった。

(2) 尾翼の形や先端の材質

同じようなものでしか試すことができなかった。

(3) 空気抵抗

飛んでいるときに受ける空気抵抗をきちんと計算できず、初速度と終速度を同じとする概算からでしか計算できなかった。

(4) ロケット内の気圧

実際は水を放出しているときには、気圧は変化している。しかしその計算や測定をきちんと行うことができなかった。概算からでしか仕事の量やエネルギーの値を計算することができなかった。

7. 感想

今年の 7 月に水ロケットの全国大会があり、前期課程（中学）の生徒が参加した。本校生徒はかなり正確に飛ばして好成績をおさめた。今後はさらに研究や勉強を進めて、より精度の高い計算方法を追求していきたい。

8. 参考文献

物理基礎, 物理の教科書 (数研出版)
NEWTON (NEWTON PRESS)



【口頭発表メモ・化学】



化学 1 :

化学 2 :



化学 3 :

化学 4 :

化学 5 :



菊炭の科学的な性質 ～伝統を科学する～

兵庫県立川西北陵高等学校 自然科学部

2年 臼杵瑞希 1年 井口翔太 木下直哉
熊谷柳兵 杉浦菜月 山岡未奈

1. 動機

本校の近隣には日本一の里山として名高い黒川地区がある。そこで伝統的に生産されている菊炭は、千利休も愛用した茶道用最高級炭で北摂の里山文化が生んだ最高傑作だと言われている。しかし現在、原木のクヌギ林の荒廃と炭焼き職人の後継者不足から衰退の道を辿っている。そこで、菊炭の良さを科学的に探り、菊炭を更に多くの人に知ってもらうきっかけとすることで、地域の活性化につなげたいという思いから今回の研究テーマとした。



2. 目的

菊炭と他の炭の性質を比較することで、菊炭の新たな利点を科学的に探ることを目的とした。

3. 実験材料の選定

炭には黒炭と白炭があり製法が異なるため、その性質は大きく異なることが知られている。菊炭は黒炭であるため、同じ黒炭のなら炭・マングローブ炭と比較を行った。また一般的に高級炭として普及している白炭の紀州備長炭を比較のために用いた。

4. 実験

菊炭の既知の利点として、見た目の美しさと火もちの良さが知られている。まず、火もちの良さを確かめるため、燃焼実験を行った。

【実験方法1】炭の燃焼時の温度変化

4種類の炭の塊をガスバーナーで炭の温度が600℃になるまで加熱した。その後、放射温度計で1分間隔で炭表面の温度を測定した。測定は30分間連続して行った。

【結果・考察1】

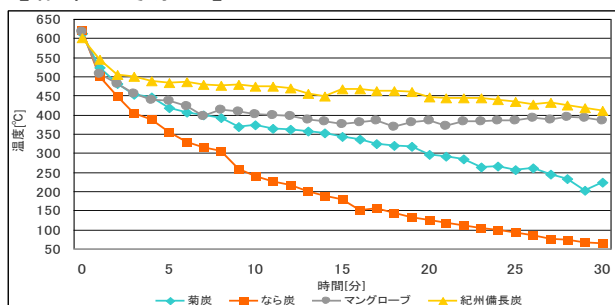


図1. 炭の温度変化

火持ちが良いと言われる菊炭だが、結果はそれに反していた。温度の低下が著しく火力が持続する時間は短いことが分かった。この理由としては、本来炭を燃焼させる際には炭を重ね合わせるが、実験では炭の塊単体を燃焼させるという条件の違いが考えられる。そこで逆に温度低下の原因を考えた。菊炭、なら炭は炭の孔に入り込む空気が多く熱が逃げやすく、炭が冷されたのに対して、マングローブ炭や紀州備長炭では、炭が密に詰まっており、熱を逃がしにくい構造をしているのではないかと考え、炭の密度の差に着目した。炭は体積の計測が困難なため、水に対する比重から考察することにした。

【実験方法2】炭の比重測定

ゲーリュサック型比重瓶に水と4種類の炭小片を6個ずつ入れ60℃の湯煎にかけた。炭小片を沈ませ、放冷後、瓶に蓋をし、水を溢れ出させ、前後の質量から水に対する比重を算出した。

【結果・考察2】

	菊炭	なら炭	マングローブ炭	紀州備長炭
木材	クヌギ	ナラ	マングローブ	カシ
比重	0.958	0.974	1.097	1.014

表1. 炭の水に対する比重

【結果・考察2】

炭の比重は菊炭となら炭が水よりも小さく、マングローブ炭が最大であった。比重の大小は炭の孔の大きさや孔部分が占める割合と関係しているのではないかと考え、それを確認するため次の実験を行った。

【実験方法3】炭の孔径、孔面積率の測定

各炭を7mmの厚さに切り、双眼実体顕微鏡で倍率40倍で観察し、それをデジタルカメラで3倍に拡大して撮影した。画像処理ソフトを用いて孔を全てマーキングし、その平均孔面積と、撮影面積から孔の占める面積率を求めた。

【結果・考察3】

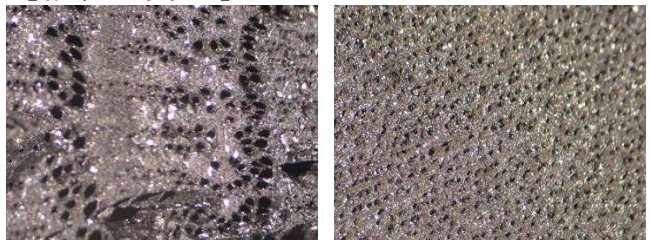


図2. 菊炭の断面

図3. マングローブ炭の断面

菊炭	なら炭	マングローブ炭	紀州備長炭
3120	1960	2002	1298

表2. 炭の平均孔面積[単位: μm^2]

菊炭断面の平均孔面積は他の炭と比較し、突出して大きいことが分かった。

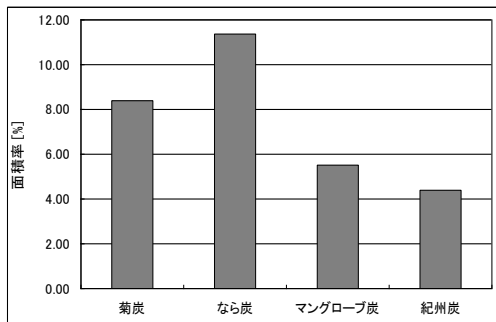


図4. 炭の孔面積率

分かった。実験2で得られた水に対する比重の小さな炭は、孔面積率が高い傾向があるということが分かった。炭は物質吸着性から脱臭剤や吸湿剤としても使用される。この孔面積や面積率は物質吸着性にも影響しているのではないかと考え、それを評価する実験を行った。

【実験方法4】炭のヨウ素吸着実験

固形炭では溶液自体が孔に入り込み、ヨウ素の吸着量を測定できなかった。そこで粉末状にした4種類の炭を10mL 測り取り、お茶パックに入れ、0.050mol/Lのヨウ素溶液50mLに24時間浸した。ヨウ素溶液10mLとり、デンプン溶液を指示薬として0.10mol/Lのチオ硫酸ナトリウム水溶液で酸化還元滴定を行い、液中のヨウ素の減少量を求め、炭のヨウ素吸着量とした。

【結果・考察4】

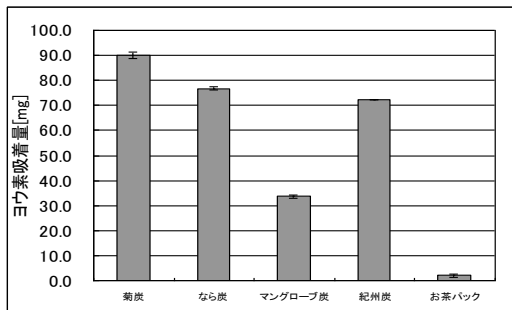


図5. 炭のヨウ素吸着量

を示した。中でも菊炭は最も高いヨウ素吸着量を示した。ヨウ素は無極性分子であることからこの吸着は炭の物理的吸着によると考えられる。粉末状の炭を使用したことから、この差は炭表面の微細孔の大きさや数に関係していると考えられる。また菊炭は他の炭と比較して溶液中の物質吸着性が高いことが明らかになった。これより粉末状の菊炭は飲料水や河川の浄化において他の炭よりも有用性が高いと考えられる。

【実験方法5】炭の微細孔のSEM観察

ヨウ素吸着性の高さが炭表面の微細孔の大きさや数であることを実証するため、日立化成テクノサービス株式会社に4種類の炭の薄片と粉末を倍率3000倍で表面の状態の画像撮影を依頼

し、その画像を観察した。
【結果・考察5】

し、その画像を観察した。

【結果・考察5】

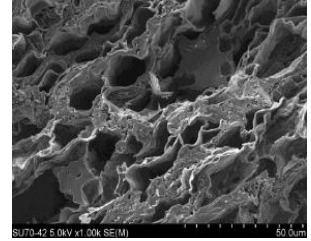
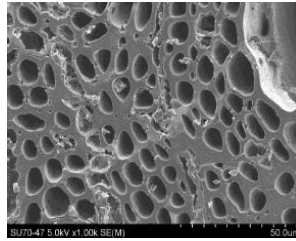


図6. 固形菊炭の微細孔

図7. 固形なら炭の微細孔

走査型電子顕微鏡（SEM）の画像で炭表面の微細孔の形状は炭によって大きく異なっている事が明らかになった。

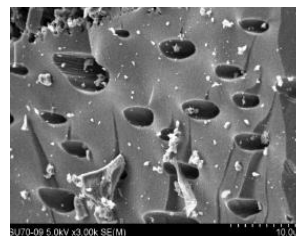


図8. 粉末状菊炭の微細孔

図9. 粉末状なら炭の微細孔

粉末状にしたとき他の炭は表面の微細孔が崩れてしまっているのに対して、菊炭は微細孔がしっかり形状を保っていることが分かる。これが菊炭のヨウ素吸着量が多い原因になっていることが明らかになった。

5. 結論

菊炭は、他の炭に比べて水に対する比重が小さく、平均孔面積・孔の面積率共に大きいという性質を持つ。そのため、単体で燃焼させた場合は温度の持続性が低い。一方、粉末でも微細孔の形状が保たれるため、溶液中での物質吸着性が高く、浄水剤としての実用性が高いという新たな利点が明らかになった。

6. 今後の課題

菊炭の孔面積・面積率が大きいという特徴から更なる利点を探す事を課題とする。具体的には

- ・ 本来の炭の使用状態で、火持ちの良さを評価する方法を探る。
- ・ 空気中での物質吸着性から菊炭を評価する。

7. 参考文献

(1) 木炭の種類

千葉大学グランドフェロー 立花英機著

(2) 活性炭の吸着能測定法 奥墨勇著

8. 謝辞

日立化成テクノサービス株式会社

椎名かおり様

粘土と腐植が与える森林土壌について

彦根山と荒神山の比較・2013 年から 2015 年の
3 年間の調査でわかったこと

滋賀県立河瀬高等学校科学部

2 年 上野春佳 勝間航平 森安遼太郎

【導入】

本校科学部は、彦根山と荒神山の植生について調査してきた。

彦根山は、照葉樹林が優占する極相に至った森林である。荒神山は山頂、麓は照葉樹林が優占する森林で、中腹は針葉樹林の優占する森林である。各調査地点付近の主な樹木を表 1 に記す。また、各調査地点を以後、彦根山、山頂、中腹、麓と呼称する。

植生は彦根山、荒神山山頂、麓、中腹の順に多様であり、植生が多様であれば、土壌の栄養分も豊かになるのではないかと考え、2013 年から 2015 年にわたり、土壌の栄養状態を調べてきた。

表 1 各地点の植生

場所	主な樹木
彦根山	ヤブツバキ・クスノキ・タブ・タラヨウ・アラカシ
荒神山	麓 アラカシ・サカキ
	中腹 スギ・ヒノキ
	山頂 タブ・ユズリハ・ヤブツバキ・アラカシ

【2013 年の研究】

土壌は粘土と腐植からできている。腐植は動植物の遺骸や排泄物が分解されて出来たものである。

土壌の状態を知る指標として、CN 比、炭素率、 K^+ 含量を用いた。

CN 比および炭素率は CN コーダにより測定し、 K^+ 含量は土壌診断キットみどりくんにて測定した。

CN 比とは炭素と窒素の比のことで、動植物の遺骸や排泄物の分解の度合を示す。一般に、森林土壌では、CN 比が 10 から 18 の間にあるといわれており、さらに 10 に近づくほど分解が進んだよい土壌であるといえる。また、炭素率は腐植の量を示す。

K^+ のような陽イオンは植物の栄養塩類として、重要である。陽イオンの吸着保持力は粘土より腐植のほうが大きいとされている。この粘土の周りに腐植が結合し、コロイド粒子が形成され、負に帯電することで多くの栄養塩類を吸着保持する。

これらの陽イオンは、土壌の pH と密接な関係がある。土壌が酸性になるほど、コロイド粒子に吸

着する H^+ の比率は増大し、陽イオンの比率が減少する。一般に Na^+ 、 K^+ 、 NH_4^+ 、 Mg^{2+} 、 Ca^{2+} の順に減少しやすい。

〈結果〉

得られた結果を表 2 に記した。すべての値において、彦根山、山頂、麓、中腹の順で栄養分の多い、植物の生育に適した土壌であるという結果が得られた。

なお、3 年間、すべての調査地点で pH を測定したところ、6.5 前後とほぼ中性であったことから、土壌の酸性化による影響は無視できるほど小さいと考えた。

表 2 2013 年度の研究結果

	彦根山	麓	中腹	山頂
CN 比	11.2	13.7	14.8	13.1
炭素率	16.9	8.6	8.5	11.6
K^+ (mg/L)	5.5	4.0	3.2	5.0

【2014 年の研究】

2013 年の実験に加え、土壌中の Ca^{2+} 含量、負荷電量の測定を行った。

〈方法〉

・実験装置

500mL のペットボトルを 2 つに切断し、下部には 1mol/L Na_3PO_4 aq 100mL を入れる。上部は反転させ、下部に差し込む。差し込んだ上部にコーヒーフィルターを敷き、その上から土壌サンプル 30 g を入れる。

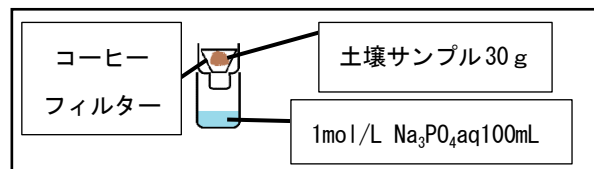
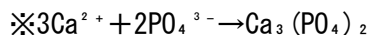


図 1 実験装置

・ Ca^{2+} 含量の測定 I

- ① 実験装置の上部から 1mol/L $(NH_3)_2SO_4$ aq 50mL を流し込む。土壌粒子に吸着されている陽イオンは、高濃度で出現した NH_3^+ によって、はじき出されて入れ替わる。(イオン交換)
- ② 溶脱された Ca^{2+} は、下部の Na_3PO_4 aq に流れ落ちる。 PO_4^{3-} と反応し、 $Ca_3(PO_4)_2$ が生じ、溶液が白濁する。(※)
- ③ 白濁した溶液の透過率を可視分光光度計を用いて測定する。



・負荷電量の測定

- ① 実験装置の上部から、1mol/L CH_3COONH_4 aq 50mL を流し込み、70%エタノールで十分に洗浄する。
- ② 実験装置の下部を入れ替え、1mol/L KCl aq 50mL を流し込む。

③ イオン交換により、 NH_4^+ が溶出する。

アンモニウムイオン濃度測定キットにより、 NH_4^+ の濃度を測定する。

〈結果〉

得られた結果を表3に記した。透過率については、数値が低い程、白濁しているということであり Ca^{2+} 含量が多いことを示す。

Ca^{2+} 含量、負荷電量共に、彦根山、山頂、麓、中腹、の順に多いという結果が得られた。

表3 2014年の研究結果

	彦根山	麓	中腹	山頂
透過率(%)	95.17	97.28	97.64	97.03
NH_4^+ (mg/L)	0.74	0.25	0.06	0.40

【2015年の研究】

2014年の実験に加え、 Ca^{2+} 含量の測定・実験を改善し、より定量的に行った。

・ Ca^{2+} 含量の測定Ⅱ

〈方法〉

- ① びんの中に土壌サンプル5gと1mol/L $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ aq25mLを入れ、15分間攪拌し、イオン交換を起こす。
- ② 1日放置し、上澄み液のみろ過する。
- ③ ろ液に、1mol/L $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ aqを加え、100mLに定溶する。
- ④ 原子吸光度計を用いて、定量する。

〈結果〉

得られた結果を表4に記した。

Ca^{2+} 含量の多い順は、彦根山、麓、山頂、中腹になり、山頂より麓の方が多いという結果が得られた。

表4 2015年の結果

	彦根山	麓	中腹	山頂
Ca^{2+} 含量 (cmol/kg)	2.28	0.81	0.25	0.50

【3年間の結果のまとめ】

・ K^+ 含量

2013年から2015年の K^+ 含量の測定数値を比較した。彦根山は3年間を通して荒神山より多いが、麓より山頂の方が多かった荒神山において2015年では、山頂より麓の方が多くなるという結果が得られた。(図2)

・負荷電量の測定

彦根山、麓は増加傾向がみられたが、山頂は減少傾向がみられた。(図3)

・ Ca^{2+} の測定

2014年に2番目に多かった山頂が、2015年には大きく減少し中腹と同程度の値となった。(図4)

・CN比、炭素率

2015年にCN比が10に近づいた麓において、炭素率が増加し、10から遠ざかった山頂において炭

素率の減少が見られた。(図5、6)

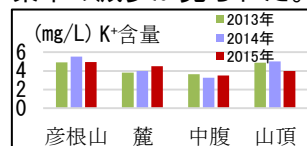


図2 K^+ の測定

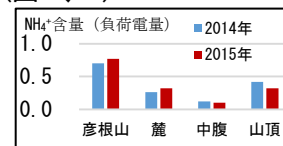


図3 負荷電量の測定

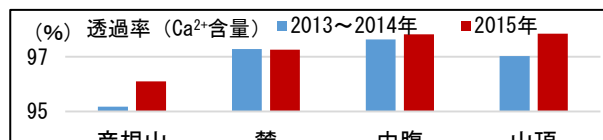


図4 Ca^{2+} の測定

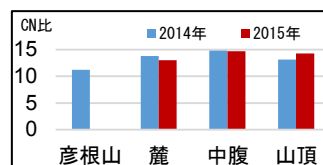


図5 CN比の比較

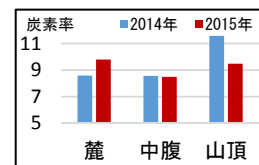


図6 炭素率の比較

【考察】

植生が多様であれば、土壌の栄養分も豊かであるという仮説は、彦根山と荒神山の比較より、おおむね正しいことが示唆された。

しかし、山頂と麓において、植生の多様さと土壌の指標とした数値に逆転がみられた。これを説明するものとして、CN比と炭素率に注目した。2015年の山頂は、分解の度合いが低く、腐植の量が少ない状態であり、一方、麓は分解の度合いが高く、腐植の量が多かった。

つまり、植生の多様さと K^+ 、 Ca^{2+} などの栄養塩類や負荷電量には正の相関関係がみられるが、分解の度合いや腐植の量に大きく影響を受け、増減すると考えられる。

山頂の植生は麓より多様であるが、なんらかの原因で樹木の生育が悪く、落ち葉量が減少したり、分解者の活動が抑制された可能性がある。

2015年に改良した Ca^{2+} 含量の測定Ⅱは透過率から求める従来法よりも、はるかに精度が向上し、微かな差も検出できることが分かった。

今後はこの方法を主として研究を続けていく。

【参考文献】

- ・林弥栄、樹木の見分け方のポイント図鑑、講談社
- ・馬場多久男、葉でわかる樹木625種の検索、信濃毎日新聞社
- ・林将之、樹皮ハンドブック、文一総合出版
- ・河田弘、森林土壌学概論、博友社
- ・農林水産省農林水産技術会議事務局、標準土色帖、富士平工業
- ・松中照夫、土壌学の基礎、農文協
- ・塚本明美・岩田進午、やさしい土のしらべかた、合同出版

【謝辞】

本研究を行うにあたり滋賀県立大学の須戸幹教授にご協力いただきました。御礼申し上げます。

金属イオンの種類による人エイクラの強度変化

京都府立園部高等学校 サイエンス部

2 年 塩内諒 三浦憂 穴穂優季 家原穂

船越梨乃 内藤奏汰 小藪未歩

1 年 麻田朋香 上西悠斗 十倉希望

1. 動機及び目的

人エイクラの作製は一般的にアルギン酸ナトリウムと塩化カルシウムを用いて作製され、よく知られている実験である。アルギン酸ナトリウム水溶液を 2 価以上の金属イオンの水溶液に滴下した際、アルギン酸ナトリウムのナトリウムイオンが 2 価以上の陽イオンに置換され、高分子構造の主鎖であるアルギン酸が架橋され、ゲル化する。(Figure1) こうして膜が生成され人エイクラが作製される。私達は、その人エイクラの強度に着目し、研究を行った。本研究では、強度の測定方法を確認し、陰イオン種や陽イオン種によって強度にどのような違いがあるかを調査した。また、その原因の考察を行った。

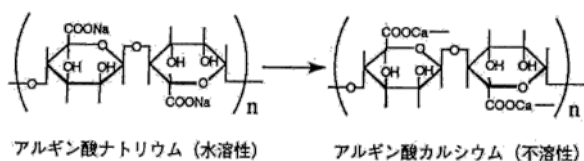


Figure1: 人エイクラの化学構造⁽¹⁾

2. 方法

(i) 人エイクラの生成法

濃度 0.79% のアルギン酸ナトリウム水溶液を用意し、それを 2 価以上の金属イオンの水溶液に一滴滴下した。水溶液へ 10 秒間浸漬した後、純水にひたし、人エイクラの表面に付いている金属陽イオンを取り除いて人エイクラを作製した。この方法で各測定に 20 個の人エイクラを作製し、強度を測定した。今回使用した薬品は、 CaCl_2 , SrCl_2 , BaCl_2 , FeCl_3 , CuCl_2 , MgCl_2 , CaNO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$, $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$, ZnSO_4 の 9 種類は 0.15 mol/L で作製し CaCl_2 , SrCl_2 , BaCl_2 , FeCl_3 , MgCl_2 , CaNO_3 , $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ の 6 種類は 1, 2, 3, 4% で作製した。

(ii) 強度測定方法

作製したばかりの人エイクラの直径を測定し平らな台に乗せ、亜鉛板の端から 5cm の所に人エイクラの中心がくるように配置し、1 枚約 10g の亜鉛板をのせた。亜鉛板をのせてから 5 秒間人エイクラがつぶれなかった場合、さらに亜鉛板をのせた。人エイクラがつぶれたところで測定を終了し、亜鉛板の枚数と総重量を記録した。(Figure2)

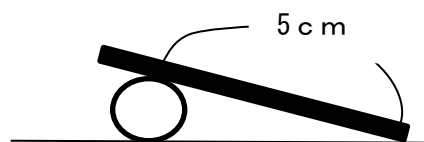


Figure2: 人エイクラおよび天然イクラの強度測定

なお、イクラにかかった力は、以下のような計算式で算出した。

イクラにかかった力: F [N]

イクラの直径: a [m] 重力加速度: g [m/s²]

亜鉛板の接地点からイクラとの接地点の距離: b [m]

潰れるまでに上に乗った亜鉛板の質量: m [kg]

亜鉛板の全長の半分の長さ: c [m]

亜鉛板と地面とのなす角: θ

ただし、 $\cos \theta$ は、イクラと亜鉛板の接点からイクラと地面との接点を結ぶ直線と、地面とのなす角を 90° とみなし、 a および b を用いて導き出した。

$$F = \frac{m g c}{c(\cos \theta + 1) - (2c - b)}$$

3. 結果と考察

(i) パーセント濃度と強度

パーセント濃度が上がるにつれ、人エイクラの強度が増した。これはほかのイオンでも同様の結果となった。(Figure3)

(ii) 陰イオンによる影響

パーセント濃度をモル濃度に変換し、グラフを作製した。塩化カルシウムと硝酸カルシウムのモル濃度による強度の変化はほぼ同じであることより、陰イオンは強度変化に影響しないと考えられる。(Figure3)

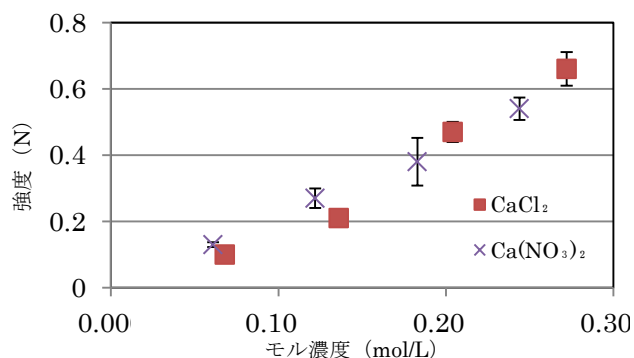


Figure3: 塩化カルシウムと硝酸カルシウムのモル濃度による強度変化

(iii) 3 価の陽イオンと強度

3 価の陽イオンの水溶液である塩化鉄 (III) を用いて作成した人エイクラの強度を、2 価の陽イオンであるカルシウムイオン (塩化カルシウム)、ストロンチウムイオン (塩化ストロンチウム) を用いて作成したものと比較した。(Figure4) その結

果、3 価の陽イオンで作成した人エイクらは 2 価の陽イオンのものよりも弱いことが分かった。これは陽イオンに結合するアルギン酸の立体構造が関係していると考え、アルギン酸の分子模型を組み立て、その構造を観察した。(Picture1) 2 価の陽イオンと結合する場合と 3 価の陽イオンと結合する場合を比較すると、アルギン酸は比較的大きな分子であるため、3 価以上になると立体的に結合が困難である可能性が示唆された。これにより、3 価の陽イオンで作成した人エイクらは強度が小さくなっていると考えられる。また、2 価の陽イオンについても、カルボキシ基の形状から推測すると、イオン半径が関係しているのではないかと考え (iv) の実験を行った。

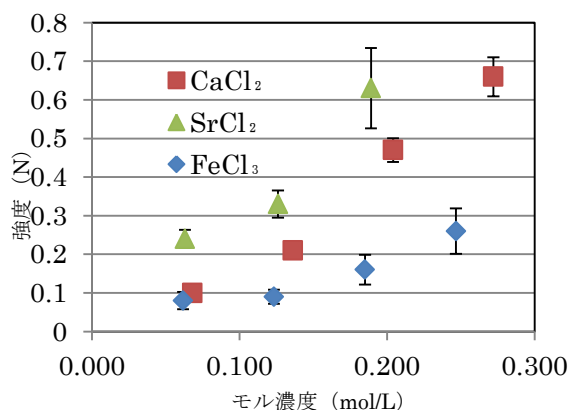
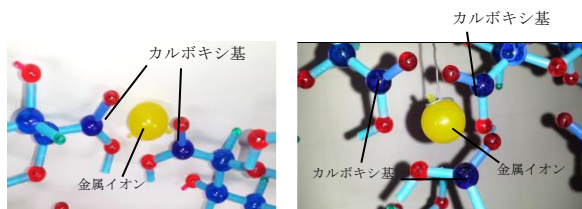


Figure4: 2 価と 3 価のイオンのモル濃度と強度



Picture1: 左: 2 価の陽イオン 右: 3 価の陽イオン
(iv) イオン半径と強度

イオン半径と 0.15mol/L の 2 価の金属イオンで作製した人エイクらの強度についてのグラフを作製した。(Figure5) グラフより、遷移元素の銅を除くと、典型元素においてイオン半径が大きくなればなるほど人エイクらの強度が増していることが分かる。⁽²⁾ ただし、鉛イオンとカルボキシ基の親和性が他の金属イオンに比べて特に高いということが、村上氏らの研究により明らかにされている。⁽³⁾ よって、鉛イオンについては例外として考えた。また、バリウムイオンの強度は、ストロンチウムイオンの強度より弱くなっている。このことより、アルギン酸のカルボキシ基の形状にストロンチウムのイオン半径が最も適合し、イオン半径がそれ以上になると接する面積がそれほど変わらないため、ストロンチウムよりイオン半径の大きい元素の人エイクらの強度には限界があると考えた。

Linus Pauling らの研究⁽⁴⁾によると、カルボキシ基の $\angle \text{OCO}$ は 125° であることと C-O 間距離が $1.29 \text{ \AA}$ であることが分かっている。この数値と余弦定理を用いて O-O 間距離が $2.29 \text{ \AA}$ であることを導き出した。Sr²⁺ のイオン直径は $2.24 \text{ \AA}$ であるので、カルボキシ基に Sr²⁺ が最も適合することがわかる。

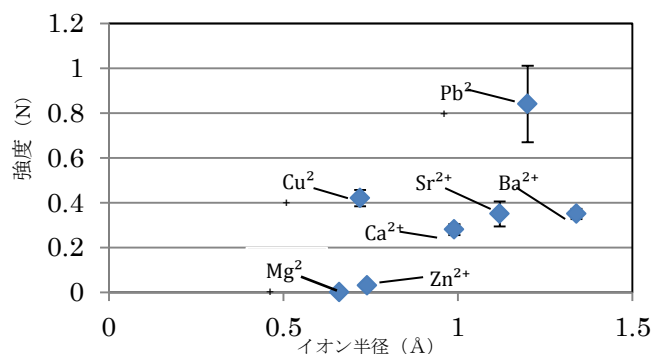


Figure5: イオン半径と 0.15mol/L の 2 価の金属イオンで作製した人エイクらの強度

4. 結論

人エイクらの強度に関係するものは、金属イオンの濃度と価数、使用する金属陽イオンのイオン半径である。また、濃度やイオン半径が大きくなれば強度が増す。ただし、イオン半径を大きくしても、強度には限界があることがわかった。価数については、3 価の陽イオンはアルギン酸との結合の際、立体障害により、結合の一部が阻害され、2 価の陽イオンと比べ強度が低いと考えられる。

5. 今後の課題

今回使用できなかった遷移元素である、ニッケル、マンガン、コバルト、クロムでの人エイクらの作成・強度測定を行い、遷移元素での強度変化を考察したい。また、新しい測定方法を考案する。(Picture2) 切った垂鉛版を人エイクらの真上から



乗せ、イクラがつぶれたところで測定を終了し、 θ を用いずにイクラにかかる力を前述の F, g, m を用いた以下の式によって導き出す。

$$F = mg$$

Picture2: 新しい強度測定に用いる装置

6. 参考文献

- (1) https://www.anshin-tuhan.org/drug_search
- (2) <http://research.kek.jp/people/hironori/nakao/lab/info/ionradii.html>
- (3) 村上賢治, 褐炭による鉛およびカドミウムのイオン交換, 18, 119 (2007)
- (4) Linus Pauling, The structure of the carboxyl group, 20, 336 (1934)

チンダル現象を用いた溶解度積の測定研究

兵庫県立柏原高等学校 理科部
2年 西田尚大 森田つかさ 林博斗

1. 目的

一昨年我々は、チンダル現象を指示薬代わりにして溶解度積を測定する方法を報告した¹⁾。これは溶解度積を直接測るという点で画期的であったが、測定精度の向上が課題であった。今回、精度の向上および応用を目的として研究を行った。

2. 理論と方法

難溶性の塩 MA は溶解平衡 $MA \rightleftharpoons M^+ + A^-$ において、それぞれのイオン濃度の積が常に一定になる。この値を溶解度積 K_{sp} といい $K_{sp} = [M^+][A^-]$ で表される。溶解度積(以下 K_{sp} と表記)を測定するには、塩が飽和した(沈殿が生じはじめた)ときのイオン濃度が分かればよい。

しかし、沈殿を肉眼で確認するのはきわめて難しいため、我々は、「沈殿はコロイド粒子を経由して生じる。」という仮説を立てた。そして図1の装置で、チンダル現象が現れたところを飽和とする方法を考案し、上記の仮説が正しいことを一昨年に発表した。



図1

今回、本法の検出感度および精度向上の工夫、さらに応用について検討、考察した。

3. 検出感度の向上に向けて(機材の検討)

溶液が飽和していることを感度よく検出すれば精度の向上が期待できる。そこで、レーザーの色、浮遊粉塵観察器、溶液の透過率の3つを検討した。塩は $AgCl$ (水溶液は $10^{-4}M$ $AgNO_3$ と $NaCl$)を用いた。

(1)レーザー光の色

赤色と緑色の2種類があるが、チンダル現象の見え方に差はなく、検出感度の向上はなかった。

(2)浮遊粒子検出器(クリーンチェッカー)

「クリーンチェッカー」として市販されている浮遊粒子検出器は、浮遊粒子に光を当てて、その散乱光をレンズで拡大して観察するものである。つまりチンダル現象を観察するものである。この機器は、図2のよ

うにびんに溶液を入れて濁りの検出に用いる。

クリーンチェッカーとレーザーとを比較、検討した結果、両者の検出能力にはほとんど違いがなかった。これは、両者ともにチンダル現象を見ているので、性能の差は原理的にないためと考えられる。



図2

(3)透過率(分光光度計)

分光光度計は、溶液に指定した波長の光をあてて、溶液がどのくらい光を通すか(透過率)を測る器械である。濁りがあれば、透過率が低下する。よって沈殿が生じたときには透過率が落ちるはずだと考え、レーザーと分光光度計の透過率を比較した(下表)。

滴下量(mL)	透過率(%)	チンダル現象
0.0 (滴下前)	100.0	見えない
3.0	97.1	見える
5.0	97.7	明るく明瞭に見える
10.0	95.5	見える(溶液少し濁る)

表より、肉眼では明らかにチンダル現象や沈殿が見えていても透過率は95%程度でさほど下がらない。これより透過率では、沈殿の検出感度は低く、実用的でないといえる。逆にチンダル現象を確認する人の目は、とても信頼がおけることがわかった。

<結論>

チンダル現象を「目で確認する」検出法は、現在最も信頼できる方法である。

4. 過飽和の回避(精度向上に向けて)

我々の方法は手軽に K_{sp} を直接測定することができるが、その値は文献値より大きかった。この大きな原因に、溶液の過飽和が考えられる。そこで、過飽和を回避するために、溶けきるところを見つけることにした。すなわち飽和した溶液を薄めていき「真の」飽和状態をチンダル現象でチェックできるはずで、これを仮説とした。薄め方には、水を加えるか、水に加えるかの2通りがあるので、これについて検討した。用いた塩は3.と同じ $AgCl$ である。

(1)溶液を水で薄める方法

チンダル現象の見られた溶液に水を加えて薄めていったが、長時間放置してもチンダル現象が消えなかった。結局チンダル現象が見えなくなるところを見つけられなかった。この原因として一度析出した沈殿が溶け切るには時間を要するからであると考えた。

(2)水に溶液を加える方法

(1)ではうまくいかなかったので、次は逆に水にチンダル現象の見られた溶液を加える方法を行った。この場合チンダル現象が見えたときが飽和である。

攪拌している水にチンダル現象の見えた溶液を加

えると、加えた直後はチンダル現象が見えるが、やがて薄くなっていく。この操作を繰り返して、チンダル現象がはっきり見えるところを終点にした。こうして得られた値を「改良値」として下表に示す(24~24.5°C、M; mol/L)。なお表中の「初期値」とは、これまで測定していた値で、混合してチンダル現象が「見え始めた」ときの濃度から求めた K_{sp} である。

初期値 K_{sp}	改良値 K_{sp}	文献値(25°C) ¹⁾²⁾
$3.0 \times 10^{-10} [M^2]$	$4.0 \times 10^{-11} [M^2]$	$1.8 \times 10^{-10} [M^2]$

初期値は文献値に近いものの、いつも大きい値になっていた。それが改良値において初めて文献値よりも小さくなった。値には差が少しあるが、改良値は少なくとも過飽和の影響を小さくしたといえる。今後は改良値をより正しい値とすることにした。

5. 他の塩の測定結果と考察

4. で方法が確立できたので、他の塩でも K_{sp} を測定した。測定した塩は、AgBr、AgI、 $CaCO_3$ である。 K_{sp} は、初期値と改良値の両方を測定した。

(1) ハロゲン化銀

AgBr、AgI は AgCl より K_{sp} が小さく、測定はより困難になる。複数回の測定の結果(平均)を下に示す。

塩	初期値 $K_{sp}[M^2]$	改良値 $K_{sp}[M^2]$	水温 [°C]	K_{sp} 文献 値 $[M^2]$
AgBr	3.1×10^{-12}	1.9×10^{-13}	27	5.2×10^{-13}
AgI	5.2×10^{-11}	3.3×10^{-13}	26	2.1×10^{-14}

(文献値²⁾ AgBr は 25°C、AgI は 20°C) 初期値では差が大きかったものが、改良値ではかなり文献値に近い値が得られた。AgI は水温を考慮すると文献値との差はさらに小さくなると思われる。

(2) 炭酸カルシウム $CaCO_3$

教科書により K_{sp} が異なる物質で、本研究のきっかけになった塩である。溶液は一昨年と同じ $CaCl_2$ - Na_2CO_3 の系である。pH によって沈殿のしやすさに差があることが示唆されていたので、今回は溶液の滴下順の変更に加え、薄め方を水だけと、薄い NaOH 水溶液に加えるのと2つの場合を測定した(下表)。

滴下順	初期値 $K_{sp}[M^2]$ 、このときのpH	改良値 $K_{sp}[M^2]$ 、このときのpH	
Ca^{2+} を CO_3^{2-} に	5.2×10^{-7} 、10.7	水に	① 1.1×10^{-8} 、10.3
		塩基に	② 9.2×10^{-9} 、12.0
CO_3^{2-} を Ca^{2+} に	2.1×10^{-6} 、 8.8~9.3	水に	③ 1.4×10^{-7} 、8.2
		塩基に	6.1×10^{-8} 、12.1
水温 25~28℃、文献値 ²⁾³⁾ A社 6.7×10^{-5} 、B社 8.7×10^{-9}			

Na_2CO_3 (塩基性)に $CaCl_2$ (中性)を加えたときの改良値は、水に加えても NaOH に加えても $10^{-8} M^2$ 程度になり(①②)、B社の値に近くなる。ここでも K_{sp} は、pH によって異なっている。改良値は、pH が 10 をこえる(値①②)は、滴下順を逆にした pH9 以下の場合(値

③)に比べ 10 倍小さくなっている。これは pH が 9 より小さくなると炭酸水素イオン HCO_3^- の割合が増加して一部が $Ca(HCO_3)_2$ として溶解するためと考えられる。

6. 水酸化物の K_{sp} の測定(応用として)

アルカリ金属やアルカリ土類金属以外の金属の水酸化物は弱塩基として教科書に載っており、難溶性である。その K_{sp} は、飽和したときの pH ($[OH^-]$) と金属イオン濃度から求められる。その測定は、先の改良法に従って、まず金属塩の水溶液にアルカリを加えてチンダル現象確認し、次に酸を加えてチンダル現象が見えなくなったときの pH と金属イオン濃度を測定する。ここでは、精度の高い pH 測定が必要なので、新しく 0.01 まで測定できる pH メーターを購入して測定した。水酸化物としては、 $Mg(OH)_2$ 、 $Cu(OH)_2$ 、 $Fe(OH)_3$ を選んだ。表に pH と K_{sp} および文献値をあ

水酸化物	pH	K_{sp}	K_{sp} 文献値
$Mg(OH)_2$	9.83	$1.0 \times 10^{-11} M^3$	$1.2 \times 10^{-11} M^3$
$Cu(OH)_2$	5.43	$6.0 \times 10^{-21} M^3$	$1.9 \times 10^{-20} M^3$
$Fe(OH)_3$	1.97	$1.2 \times 10^{-39} M^4$	$2.5 \times 10^{-39} M^4$
水温 25~29°C、文献値は Wikipedia より			

げる。チンダル現象が見えなくなるところの判定には、肉眼とデジタルカメラを用いた。

高精度の pH 測定を行ったことにより、文献値に相当近い K_{sp} 値を得ることができた。 $Mg(OH)_2$ は 2 族の水酸化物で、弱塩基と言いつつも飽和溶液は弱塩基性である。ところが、遷移金属の $Cu(OH)_2$ ではやや酸性、 $Fe(OH)_3$ に至ってはかなり強い酸性となっている。この結果は、水酸化物＝塩基という我々の認識を変えるものであった。特に $Fe(OH)_3$ は $FeCl_3$ を熱水に加えて生じるコロイドでもあり、強い興味がわく。

このように水酸化物の K_{sp} は、金属イオンによって pH に依存することがわかった。この性質を利用して中和滴定の指示薬として利用できないかと考え、現在研究を進めている。

7. まとめ

溶液の飽和の有無を調べるのに、チンダル現象はすぐれていることが分かった。またチンダル現象が消えるところのイオン濃度から K_{sp} を求めることで、精度の向上にも成功した。さらに応用として水酸化物の K_{sp} を測定することができた。

参考文献

- 1) 第 38 回兵庫県総合文化祭自然科学部門論文集
- 2) 日本化学会編、化学便覧基礎編Ⅱ改訂 4 版、丸善 (1993 年) A 社(東京書籍など)の値はこれ。
- 3) B 社(第一学習社)の値。理科年表もこれに近い。

硫酸銅(Ⅱ)と食塩の混合溶液から析出する結晶について

近畿大学附属和歌山高等学校 科学部

2年 玉置 良, 前 龍生

1年 玉置 昂輝, 隠岐 嘉将

1. 動機

硫酸銅(Ⅱ)と食塩の大きな結晶を作るために実験していた際、誤って食塩の付着したピンセットを硫酸銅(Ⅱ)水溶液に浸してしまったところ、見たことのない緑色の結晶が付着していた。そこで、この結晶が何かを確認するために、硫酸銅(Ⅱ)と食塩の混合水溶液を用意し、結晶を成長させるために窓際に放置したところ、食塩と思われる緑色の結晶(図1)が生成した。他にも青緑色の結晶(図2)が析出したので、この現象について調べることにした。



(図1) 食塩と思われる黄緑色の結晶



(図2) 青緑色の結晶

2. 目的

昨年の研究¹⁾では硫酸銅(Ⅱ)と食塩の混合比がどのような場合に、どのような結晶が析出するか、混合水溶液を窓際に放置し、調べた。その際硫酸

銅(Ⅱ):食塩=4:6の割合の混合水溶液だけ、天候不順により結晶が何も生成されなかったため、再度実験し、結果をみるとともに、混合水溶液から析出する二つの結晶についてさらに調べてみる。

3. 実験

実験は参考文献²⁾の手順を参考に実施した。

(実験1)

次のA, B, Cの水溶液を調製した。

A 20℃の水 200mL に硫酸銅(Ⅱ)五水和物を 71.4g 加え飽和溶液にしたもの

B 20℃の水 200mL に食塩を 71.4g 加え飽和溶液にしたもの

C A:B=4:6の割合で混合し 20mL とした混合水溶液。

この混合液Cを窓際に放置して、結晶を析出させた。

(実験2)

混合水溶液から析出した緑色の結晶が、理科準備室にあった塩化銅(Ⅱ)と色や特徴が似ていた。緑色の結晶は硫酸銅(Ⅱ)水溶液の銅イオン(Cu^{2+})と食塩水の塩化物イオン(Cl^-)が結合し、できたと考えた。実際の塩化銅の結晶はどうか見るため、塩化銅水溶液を 50mL 窓際に放置し、結晶を析出させた。

(実験3)

混合水溶液から析出した食塩と思われる四角の黄緑色の結晶は、食塩の結晶が析出するとき、もしくは結晶が析出した後に、緑色の結晶が混入してしまったか、溶液の色がついてしまったと考えた。そこで、食紅(赤)で色をつけた食塩水を放置し、結晶を析出させた(図3)。

また、硫酸銅(Ⅱ)水溶液で色をつけたミョウバン水溶液を放置し、結晶を析出させてみた(図4)。



(図3) 食塩水に食紅(赤)を入れ放置したもの



(図 4) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液で色をつけたミョウバン水溶液

4. 仮説

実験 2 硫酸銅(Ⅱ)と食塩水の混合水溶液から析出した青緑色の結晶(図 2)のようなものが析出する。

実験 3 赤い色の食塩の結晶が析出する。

5. 結果

実験 1 昨年の実験と同じように緑色の結晶と、(図 1)のような四角の結晶が析出した。

実験 2 針のような青緑色の結晶析出(図 5)。

実験 3 赤色の食塩の結晶が析出した(図 6 左)。また、色をつけたミョウバンからは、透明な結晶が出てきた(図 7)。



(図 5) 針のような青緑の結晶



(図 6) 右は図 1 の結晶と同様のもの。左は食塩水に食紅を入れたもの。食紅を入れたほうは赤色に染まっている。



(図 7) ミョウバンから析出した透明の結晶

6. 考察

実験 1 では結晶が析出した。昨年の実験は、秋ごろ実施したので、気温や日差しが少なく、あまり水分が蒸発しなかった。それに対し、今回は夏に実験を行ったため、気温が高く、日差しも十分だったので、一気に水分が蒸発した結果、このような結果になったと思われる。

実験 2 では針のような形状ではあるが、仮説のように、青緑色の結晶が析出した。緑色の結晶はほぼ塩化銅(Ⅱ)であると思われる。

実験 3 では図 6 の左側のような赤色の食塩の結晶が析出した。特に中心にかけて色が濃くなっている。しかし、水で表面を洗ったところ、中心以外色がなくなってしまった。それに対して図 6 の右側のような結晶は水で洗っても色は落ちなかった。

また、硫酸銅(Ⅱ)水溶液で色をつけたミョウバンからは、透明な結晶が析出された。よって、図 1 の結晶は、緑色の結晶が混入したものでも溶液の色がついたものでもなく、NaCl に何らかの形で Cu^{2+} が結合しているものと思われる。

混合水溶液中で、 Cl^- が銅イオンに配位結合し、存在している錯イオンが、 Na^+ と何らかの形で結合し、図 1 のような結晶が生成されられると思われる。

7. 今後の方針

硫酸銅(Ⅱ)水溶液と食塩水の割合や、季節、混合水溶液を放置する場所など細かい条件を設定し、どのような結晶が析出するか引き続き調べていきたい。また、図 1 の結晶についても引き続き調べていきたい。

8. 参考文献

- 1) 和歌山県高等学校文化連盟 自然科学部会 第 3 回 県高総文祭 発表論文集 pp. 24-25
- 2) 柏原林造, 1994: 硫酸銅の結晶作り, 化学指導法の改善(Ⅲ), 中等教育研究紀要 広島大学附属福山中・高等学校, 34 巻, pp. 29-35

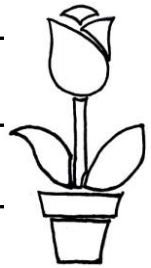
【口頭発表メモ・生物】



生物 1 :

生物 2 :

生物 3 :



生物 4 :

生物 5 :



クマムシ（真クマムシ綱）／肢ポンプ仮説から樽化メカニズムを考察する

京都府立木津高等学校 科学部
1 年 吉田美穂 永野莉乃 三浦伊織

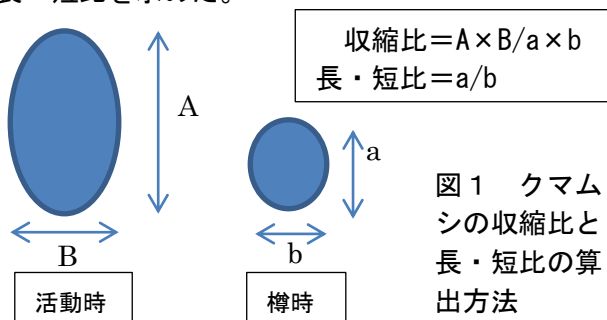
1. 動機及び目的

「クマムシには循環系はない」（マルグリスら 1987）といわれているが、私たちの観察では体腔球（体液中に浮遊）の動きは、肢運動と完全に連動しており、3 年前から肢ポンプ仮説を提唱してきた。これまで7 年間蓄積した樽化実験のデータを分析すると、樽化後に水をかけたとき蘇生した個体はプレパラート上においては、20%にも満たなかった。乾燥条件のうち、湿度・乾燥に要する時間の影響について前年度研究した結果、蘇生できた樽（蘇生樽）の形状には一定の大きさ（＝収縮比：図 1）が存在していた。そこで、今年度はこの収縮比に樽の形状（＝長・短比：図 1）を加えて、樽化現象を肢ポンプ機能から探りたいと考えた。

2. 方法

【実験Ⅰ】蘇生樽の収縮と形状の分析

真クマムシ綱のオニクマムシ、チョウメイムシ、ヨコヅナクマムシ類を校内から採取し、一度水をかけて活動状態にした。その後、体長（縦・横）を測定して、クマムシをスライドガラス上で微小な水滴に閉じ込め、自然乾燥により乾燥させる放置区と乾燥機に入れる速乾区（チョウメイムシのみ）に分けて乾燥させた。乾燥した樽の体長を測定し、再び水をかけて蘇生率を調べた。このとき、全身運動を行ったものを「蘇生」、まったく動かないか手足が少し動く程度のものを「死亡」と判断した。得られた体長から図 1 のような方法で収縮比と長・短比を求めた。



【実験Ⅱ】樽化時の足場の有無の検証

実験Ⅰの結果より、理想的な樽化には意図的な筋肉収縮（肢ポンプ）が機能している可能性を考えた。つまり、筋肉を効率よく収縮させるには、

体の一部を固定し固定軸（足場）を作る必要があると考え、以下のような仮説をたてた。

「仮説：樽化時に固定軸（足場）が確保できたクマムシは、ないものより蘇生率が高い」

足場としてはろ紙の繊維がちょうどよい大きさであると考え、乾燥したろ紙を用いた。Ⅰと同様の方法で、微小な水滴に閉じ込めたクマムシを乾燥したろ紙の上（ろ紙区）とスライドガラス上（スライド区）で樽化させた。蘇生率、収縮比、長・短比を計測した。

3. 結果と考察

【実験Ⅰ】蘇生樽の収縮と形状の分析

速乾区ではすべての個体が蘇生しない死亡樽となった（蘇生率 0%）。これら死亡樽の長・短比は 2 前後、収縮比は 2 以下となる個体が多かった（図 2）。一方、放置区の蘇生率は 16% であり、蘇生樽の長・短比（樽時）は 1~2、収縮比は 2~4 となる個体が多かった（図 3）。また、クマムシの蘇生樽の収縮比や長・短比からは今回用いた 3 種の種間差は見られなかった（図 3）。

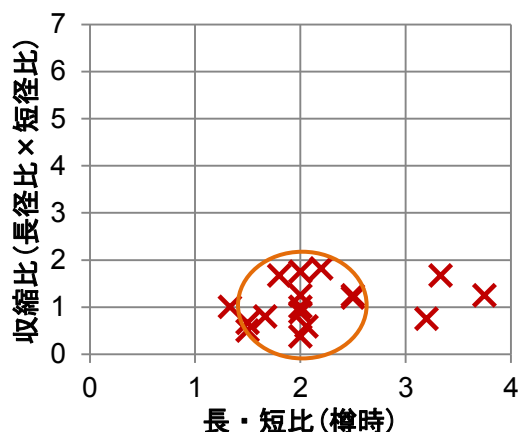


図 2 速乾区死亡樽の長・短比および収縮比

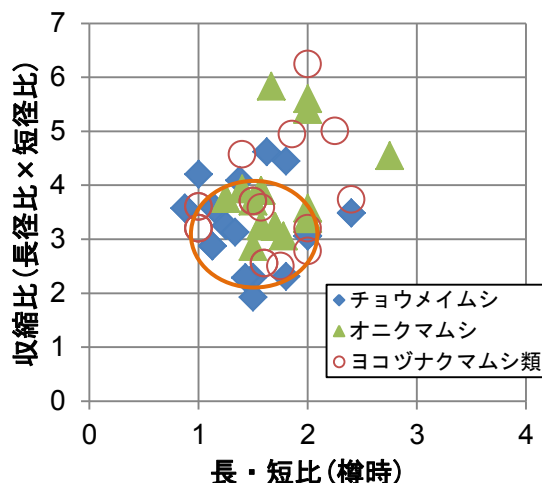


図 3 放置区蘇生樽の長・短比および収縮比

【実験Ⅱ】樽化時の足場の有無の検証

ろ紙区の乾燥時間は1分以内から20分以上(最大60分)まで幅広かったが、蘇生率は合計で68%と高かった。一方のスライド区では、乾燥時間は12分～17分となり、蘇生率は6%と低かった(表1)。

表1 樽化実験の乾燥時間と蘇生率

ろ紙区			
乾燥時間	蘇生数	死樽数	蘇生率(%)
1分以内	8	4	67
1～5分	4	3	57
5分～10分	4	2	67
10分～20分	2	0	100
20分以上	3	1	75
合計	21	10	68
スライド区			
12分～17分	1	17	6

ろ紙区の蘇生樽は、実験Ⅰと同じく収縮比2～4、長・短比1～2の範囲に多くの個体が多くみられた(図4)。スライド区でも実験Ⅰの速乾区と同じく、収縮比2以下、長・短比1前後となった(図5)。樽化の様子を観察すると、ろ紙区では第4肢側へ向かって大きく収縮する様子が観察されたが、スライド区では体が全体的に真ん中に向かって縮む様子が観察された(図6)。

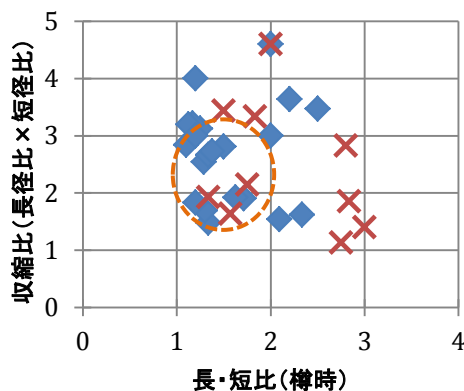


図4 ろ紙区の収縮比と長・短比

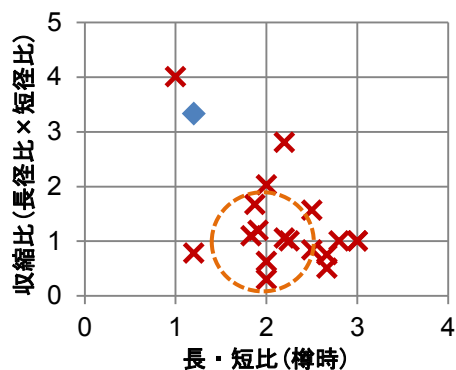


図5 スライド区の収縮比と長・短比

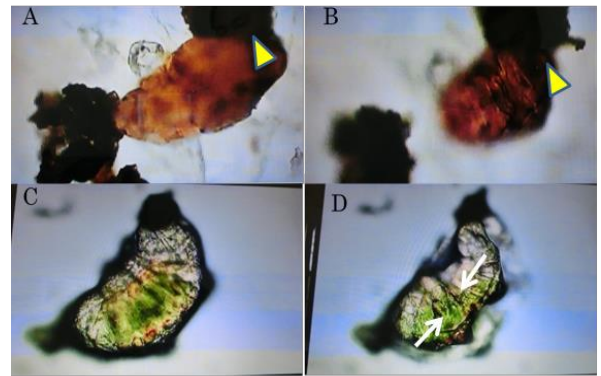


図4 ろ紙区乾燥個体 A 固定軸あり(収縮開始時) B 固定軸あり(収縮時) C 固定軸なし(収縮開始時) D 固定軸なし(収縮時) 白い矢印は収縮の方向、黄色い矢印は収縮の固定軸を示す。

これらの結果から固定軸が有るときは無い時に比べて収縮比で約2～3倍の差が生じていることが分かった(図4、図5)。また、観察できたろ紙区樽の伸縮様式は全ての個体で第4肢方向に収縮していた(図6A, B)。つまり固定軸は第4肢であると考えられる。第4肢の爪の向きは他の第1、2、3肢と異なり頭側を向いていることから、自然界では第4肢をコケなどに引っ掛けて固定軸をつくり、筋収縮によって樽化を行っているのではないかと考えられる。

これまで、一般にクマムシが正常な樽になるには、長時間かけて体の表面積を徐々に小さくしていくことでゆっくりと体表から脱水していく(鈴木2006, 堀川2015)と考えられていた。しかし、私たちの研究はクマムシが肢をポンプとして筋収縮を行い、計画的に排水することで、短時間でも樽になることができることを示唆している。

4、反省と課題

今回の実験では樽状態継続時間(樽化してから再度給水までの時間)が個体によって統一できなかった。今後は樽状態継続時間を一定にしたり、変化させたときに蘇生率との関係がないか調べたい。また、ろ紙上で樽化するとき、第4肢側に偏りながら収縮していく現象は確認できたが、爪がろ紙の繊維をひっかけている様子ははっきり確認できていないため、今後も観察を行ってきたい。

参考文献

- 鈴木 忠著, クマムシ!? 小さな怪物, 岩波書店(2006)
- 堀川 大樹著, クマムシ研究日誌, 東海大学出版部(2015)
- リン マルグリス, カーリーン・V. シュヴァルツ著, 五つの王国—図説・生物界ガイド, 日経サイエンス社(1987)

タテジマイソギンチャクの個体認識システム

神戸市立六甲アイランド高等学校
自然科学研究部
3年 武石悠 潘舞綾 吉野竜輝

1. 動機及び目的

神戸市立六甲アイランド高等学校周辺の海域には、タテジマイソギンチャクが生息している。タテジマイソギンチャクの学名は *Diadumene lineata* で、刺胞動物門花虫綱に属している。体高は約 1~3 cm で、模様は濃いオリーブ色に約 12 本の縦縞がある。生殖は、裂片法という無性生殖で体の一部が分裂してクローンを作って殖えることが基本で、有性生殖も行うことがある。

自然科学研究部では、2012 年よりこのタテジマイソギンチャクの闘争行動に興味をもち、大阪湾沿岸、そして播磨灘沿岸でタテジマイソギンチャクの採集を行い、その飼育と観察に取り組んできた。そして闘争行動を利用して、兵庫県南部にタテジマイソギンチャクのクローン集団がどのように分布しているのかを調べることを目的として研究を行った。

今回私たちは地域集団間の個体認識をどのようにして行っているかを調べるために、次の実験Ⅰ~Ⅴの実験を行った。

実験Ⅰ：漬け置き海水を用いた実験

実験Ⅱ：煮沸した漬け置き海水を用いた実験

実験Ⅲ：混合した海水を用いた実験

実験Ⅳ：希釈した漬け置き海水を用いた実験

実験Ⅴ：シリンジフィルターを用いた実験

これらの実験により、漬け置き海水の中に含まれるシグナル物質が個体認識にどのように関わっているかを調べることを目的とした。

2. 先行研究から判明した地域集団



地名の色は同じ地域集団を示している。

3. 実験Ⅰ：漬け置き海水を用いた実験

切断触手の漬け置き海水に対する刺糸発射反応を調べるため姫路・住吉・芦屋の集団の個体を使い、漬け置き海水を採取した。3回独立

に実験を行い、顕微鏡観察をしたところ住吉・芦屋漬け置き海水に対して姫路の刺糸発射が確認された。姫路漬け置き海水に対しては住吉・芦屋の刺糸発射が確認されたことにより切断触手は漬け置き海水に対しても個体識別できることが分かった。この結果は漬け置き海水に分泌された何らかのシグナル物質が個体認識に関わっていることを示唆している。

	姫路漬け置き海水	住吉漬け置き海水	芦屋漬け置き海水
姫路触手	—	+	+
住吉触手	+	—	—
芦屋触手	+	—	—



姫路漬け置き海水に芦屋触手を入れた様子

4. 実験Ⅱ：煮沸した漬け置き海水を用いた実験
実験Ⅰより切断触手は、漬け置き海水に対しても個体認識ができた。シグナル物質が失活するかどうかを確かめるため、煮沸した漬け置き海水に対しては反応するのか、実験をして確かめた。

その結果、同じ地域同士の組み合わせであっても、違う地域同士の組み合わせであっても煮沸した漬け置き海水に対しては刺糸を発射することが分かった。この結果は漬け置き海水に分泌されたシグナル物質が自分は仲間であることを伝えるものであり、それが煮沸により失活したことを示唆している。

	姫路海水	住吉海水	芦屋海水
姫路触手	+	+	—
住吉触手	+	+	—
芦屋触手	—	—	+

5. 実験Ⅲ：混合した漬け置き海水を用いた実験
実験Ⅱより、煮沸した漬け置き海水の実験においてシグナル物質が失活したと考えられるが、そのシグナル物質が本当に仲間であることを伝えるものであるかを確かめた。姫路・住吉・芦屋の漬け置き海水を混合すれば、それぞれの切断触手は刺糸を発射しないと仮説を立て、実験を行った結果、混合海水に対してはどの地域の触手も刺糸を発射しなかった。この結

果は混合海水に含まれるシグナル物質が刺糸発射を抑制していることを示唆している。

	混合海水
姫路触手	—
住吉触手	—
芦屋触手	—

6. 実験Ⅳ：希釈した漬け置き海水を用いた実験

I～Ⅲの実験で、触手がシグナル物質を受容して個体認識を行うことを確認できたので、どの程度希釈した漬け置き海水に対して触手が個体認識を正しく行えるかを確かめた。100倍希釈した混合漬け置き海水(A)に対して姫路の切断触手は刺糸が発射されなかったのに対し、芦屋の切断触手は刺糸を発射した。さらに1000倍希釈した混合漬け置き海水(B)に対して姫路の切断触手が刺糸を発射した。このことより混合海水を希釈することによってシグナル物質が薄くなり刺糸発射の抑制効果が弱くなったと推測される。

姫路漬け置き海水を1000分の1に薄め、それに芦屋漬け置き海水を混合した漬け置き海水(C)に対しては姫路の切断触手は刺糸を発射したが、芦屋の切断触手は刺糸が発射されなかった。同様に芦屋漬け置き海水を100分の1に薄め、それに姫路漬け置き海水を混合した漬け置き海水(D)に対しては芦屋の切断触手は刺糸を発射したが、姫路の切断触手は刺糸が発射されなかった。

	海水A	海水B	海水C	海水D
姫路触手	—	+	+	—
芦屋触手	+		—	+

7. 実験Ⅴ：シリンジフィルターを用いた実験

0.22 μmよりも小さい物質しか通さないシリンジフィルターを用いて、シグナル物質の分子の大きさを確かめた。シリンジフィルターを通した同じ地域の海水には刺糸は発射しなかったが、異なる地域の海水に対して刺糸を発射した。このことよりシグナル物質の大きさは0.22 μm以下であることがわかった。

	姫路フィルタ ー海水	住吉フィルタ ー海水
姫路触手	—	+
住吉触手	+	—

8. 考察・結論

先行研究の結果から、イソギンチャクの個体同士だけでなく、切断触手同士でも敵味方の認識をして刺糸を発射することがわかった。よっ

て触手が海水中にシグナル物質を分泌して受容して、個体認識を行っていると考えられる。したがって今回は漬け置き海水を用いた実験を行い、シグナル物質の特徴を調べることを目的とした。先行研究で飼育水槽の中の人工海水を用いて実験を行った結果、違う地域集団同士でも刺糸の発射が確認されなかったことから、イソギンチャクが分泌したシグナル物質の濃度が高い海水、すなわち漬け置き海水を用いることで、刺糸の発射が確認されるのではないかと仮説を立てた。

漬け置き海水を用いて実験を行ったところ、先行研究よりも触手が発射した刺糸の量が多かった。これは漬け置き海水中のイソギンチャクが放った強い匂い物質を触手が感じ取り、刺糸を多く出したためと考えられる。

実験Ⅰから実験Ⅴまでの結果から、タテジマイソギンチャクは触手間でシグナル分子を分泌・受容することで、同じ地域集団の仲間が近くにいれば攻撃しないが、異なる地域集団の個体がいれば攻撃していると考えられる。この非常に戦略的なシステムにより、地域集団を維持していると推察できる。

今回の実験で、タテジマイソギンチャクは強い何かしらのにおい物質と、自分が同じ地域集団の個体であることを示すシグナル物質を持っている。シグナル物質は個体が闘争行動を行う際に影響し、熱に弱く、同じ地域集団に対して刺糸発射を抑制する作用があると考えられる。また、シグナル物質の濃度が異なると刺糸発射の有無の境界が変わることがわかった。

タテジマイソギンチャクは切られた触手だけでも、同種間でも同じ地域集団か異なる地域集団を区別して、異なる地域集団に対しては刺糸を発射させる。異種間ではどのようなになるかを検証していきたい。

9. 参考文献

内田紘臣・楚山勇『イソギンチャクガイドブック』(2001年・阪急コミュニケーションズ)

環境 DNA を用いた外来種のカメの分布調査 II 期

兵庫県立加古川東高等学校 自然科学部生物班

1 年 今村駿平

3 年 千古晴菜, 瓶内ひなた, 松谷朱莉

1. はじめに

本校が立地する東播磨地域には多くのため池がある。それらの池では、外来種のカメの生息数が増加し、食糧や生息域などが重複するために在来種のカメの生息数が減少している。この現状を知った私たちは、池に生息するカメの生息調査を行って地図上に示し、将来的には在来種の保全につなげたいと考え、本研究を始めた。

環境 DNA を用いた調査では、研究開始時の 2014 年 4 月時点ではカメでの前例がなく、第一に調査手法・条件の確立が必要であった。そのため、本研究では東播磨地域の池に広く生息し、生息数が最も多く駆除対象になっているミシシippiaアカミミガメ（以下アカミミガメ）を研究対象種として選んだ。

2. 予備研究と結果

・プライマーの設計

塩基対数 150bp~200bp の塩基配列を増幅するプライマーを設計する（図 1）。なお、プライマーは、北海道システムサイエンス株式会社に依頼し、合成する。

プライマー名		塩基配列	増幅産物サイズ (bp)
1	Left	CCT CCA ACA TCT CTG CTT GA	150
	Right	ATT GTA CGT CTC GGG TGA TG	

図 1 設計したプライマー

このプライマーでアカミミガメの組織の DNA が増幅することを確認し、今後の実験に使用する。

・飼育水槽の水サンプルの環境 DNA 抽出・増幅

(1) 方法

本校生物室で飼育しているアカミミガメの水槽の水サンプルを採取する。採取した水サンプルは、ろ過装置を用いてフィルターろ過をする。フィルターから DNA を抽出する。



図 2 DNA 抽出 Kit と小型遠心分離機

(2) 結果

電気泳動の結果、図 2 の結果が得られた。

水槽の水サンプルで、150bp のところでアカミミガメの環境 DNA の増幅が確認できた。

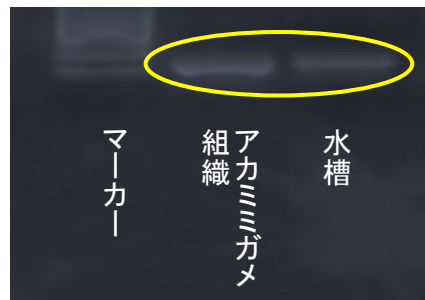


図 3 環境 DNA の増幅結果

3. 野外サンプルの環境 DNA 抽出・増幅と

アカミミガメの生息分布

(1) 方法

野外の水サンプルを採取・目視確認する。採取場所は、本校横の水路と三ツ池、峠池、寺田池、狐池、半鐘池、竜ヶ池、新池、前の池、中ノ池、今池の 11 か所とし、それぞれを F01~F11 とする。そのうち目視でアカミミガメの生息を確認できなかった場所は、F09 の 1ヶ所だった（図 4）。その後、ろ過装置を用いてフィルターろ過をする。フィルターから DNA を抽出する。

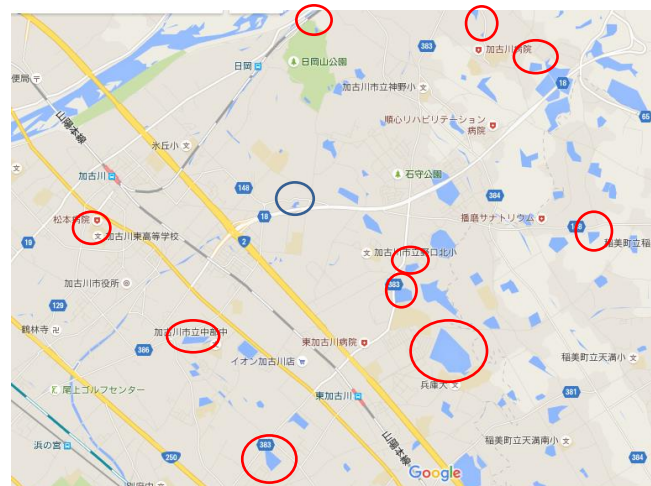


図 4 ため池の水サンプル採取場所

（目視で生息確認した池は赤色）

PCR 試薬は、Taqman Environmental Master Mix 2.0 を用い、新しく採取した池の水サンプルを含む F01~F11 において環境 DNA の PCR 反応を行い、電気泳動により対象種であるアカミミガメの環境 DNA 増幅の有無を確かめる。

また、神戸大学から提供を受け、カメの生息していない神戸大学ビオトープ、ため池 2 か所についても同様に PCR 反応を行った。

(2) 結果

電気泳動の結果、図5の結果が得られた。

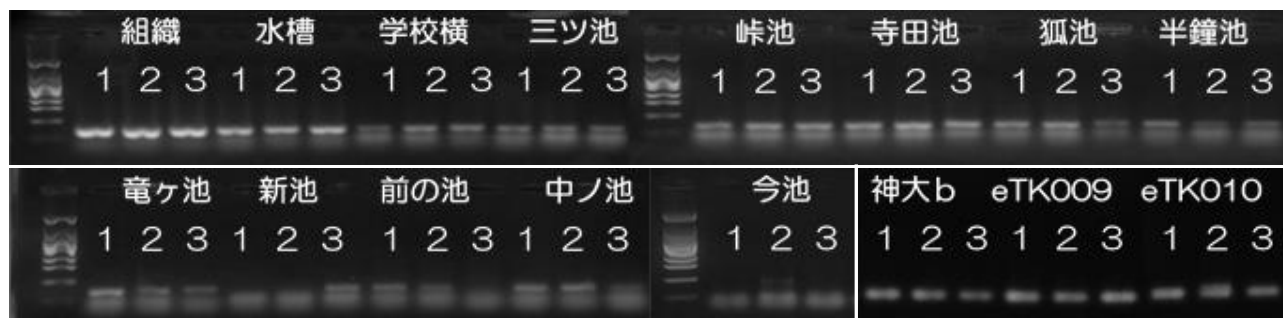


図5 環境 DNA の増幅結果

表1 アカミミガメの目視確認と泳動結果 (目視確認:◎10匹以上 ○1匹以上10匹未満 ×確認できず)

	F01 学校横	F02 三ツ池	F03 峠池	F04 寺田池	F05 狐池	F06 半鐘池	F07 竜ヶ池	F08 新池	F09 前の池	F10 中ノ池	F11 今池	神大 ビオトープ	eTK 009	eTK 010
目視確認	○	○	○	○	○	◎	◎	○	×	○	○	×	×	×
泳動結果	3	3	3	3	3	3	3	1	2	3	1	0	0	0

目視確認できた池では、環境 DNA の増幅も見られた。神戸大学提供のサンプルは、予定通り DNA の増幅が見られなかった。F09 前の池では、目視確認できていないが DNA の増幅が見られた。

4. 考察

野外の水サンプルで環境 DNA の増幅が確認できたことから、ため池の環境 DNA が検出できたといえる(図5)。環境 DNA が検出できた池では、アカミミガメの生息も確認されている。しかし、前の池は生息が確認できなかったが、環境 DNA が検出された。この池は、蓮が水面を覆っており見通しが悪かった。実際にはカメが生息している可能性が考えられる。その理由は、神戸大学提供のサンプルでは、環境 DNA が検出されなかったからである。以上により、アカミミガメの環境 DNA を検出する調査手法・条件を確立できたと言える。

5. 応用実践

確立された調査手法を用いて、2016年6月初旬から現在、東播磨県民局の事前調査でアカミミガメが侵入していないとされる加古川市志方町付近のため池を東播磨県民局の方々の協力のもと、侵入の有無を調査中である。

6. 今後の課題・展望

今回の研究で調査手法・条件が確立した。これにより、簡易にアカミミガメの生息の有無の調査が可能になった。近年、東播磨全域においてアカミミガメの侵入が問題となっており、在来種の保護・外来種の侵入防除が盛んである。今後は地域と連携し、この問題を改善できるよう協力していこうと思う。

本研究開始時には、カメの環境 DNA を用いた調査は前例がなかったが、2015年7月にカナダの研究チームがカメの環境 DNA を用いた調査の論文を発表した⁵⁾。我々は、この手法が世界各地での在来種のカメの保護に役立つと考えている。

【謝辞】

神戸大学大学院特命助教の源利文先生、兵庫県東播磨県民局水辺地域づくり担当の方々、和亀保護の会の西堀様に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 環境省 自然環境局要注意外来種リスト
http://www.env.go.jp/nature/intro/outline/caution/detail_ha.html
- 2) Takahara T., Minamoto T., Yamahara H., Doi H., Kawabata Z. (2012) Estimation of fish biomass using environmental DNA. PLOS ONE, 7(4), e35868
- 3) バケツ一杯の水で海洋生物の量や種類を知る
JSTnews August 2014 p12-13
- 4) Application of Environmental DNA for Inventory and Monitoring of Aquatic Species (USGS, January 2013; Fact Sheet 2012-3146)
- 5) Christina M. Davy, Anne G. Kidd, Chris C. Wilison (2015) Development and Validation of Environmental DNA (eDNA) Markers for Detection of Freshwater Turtles, PLOS ONE

琵琶湖淡水植物プランクトンの日周鉛直移動に関する研究

滋賀県立膳所高等学校 生物班
2年 佐藤源気 1年 田畑千織 吉川航武

1. 動機及び目的

プランクトンは、浮遊状態で生活し、媒質(水)の営力に依存して移動する移動能力の低い生物である。⁽¹⁾しかし、実際には多くのプランクトンは鉛直的に非ランダム分布を示し、さらに魚類などと同様に日周鉛直移動を行うことが知られている。日周鉛直移動について、特に動物プランクトンでは数々の報告がなされており⁽²⁾⁽³⁾、植物プランクトンについても、藍藻類や鞭毛藻類では多くの報告がある。⁽⁴⁾⁽⁵⁾しかしながら、琵琶湖の淡水植物プランクトン、特に珪藻類や緑藻類について、日周鉛直移動の報告は少なく、解析があまりなされていないのが現状である。そこで、本研究では、淡水植物プランクトンに着目し、鞭毛藻類・緑藻類・珪藻類の日周鉛直移動を解析することを目的とした。そのために、植物プランクトンの日周鉛直移動についてフィールド調査と実験室での実験を行った。

2. 方法

【フィールド調査】滋賀県大津市膳所(琵琶湖南湖)にある水深約 3m の漁港にて、2016 年 4 月 29 日 10:00、14:00、17:00、20:30 と、30 日 6:00、10:00 の計 6 回採取を行った。各採水時刻に水深約 0~0.5m、0.5~1.0m、1.5m~2.0m の湖水を、塩化ビニルパイプを加工したバンドン式採水器様の装置を用いて 10L 採取しプランクトンネット(NXXX25 型:目合 41 μ m)を用いて 50mL まで濃縮した。濃縮した試水はプランクトン計数板と界線スライドガラス(松浪硝子製造)を用いて検鏡して属レベルで同定⁽⁶⁾、個体数の計測を行い、属ごとに湖水 1mL あたりの個体数[個体数 $\cdot$ mL⁻¹]を算出した。調査時は無風、水温約 17 $^{\circ}$ C、pH7 程度で一定、調査約 1 週間前から調査期間中まで降雨無しであった。

【実験室での実験】滋賀県大津市膳所(琵琶湖南湖)にある水深約 0.5m の湖岸にて湖水をプランクトンネット(NXXX25 型)で濃縮して採取し、それを試水とした。試水をそのままの湖水を用いて希釈し、植物プランクトン濃度がもとの湖水の 4.5×10^3 倍になるように調整した。調整後の試水を高さ約 30cm の透明な円筒形容器に入れ、高さ 25cm で底面が直径 4cm 円の水柱を作成した。作成した水柱を恒温機内に設置し、塩化ビニル管や黒紙を用いて光条件を光の方向と量に着目して 3 $\times$ 2 通り(図 2)に設定した。各条件のもと 20 $^{\circ}$ C に維持して 2 時間静置後、水深 0cm、12.5cm、

21cm の試水を採取してフィールド調査同様に検鏡し、属ごとに湖水 1mL あたりの個体数を算出した。なお、採水時、水の対流が起きないように工夫した。また、試水は pH7 程度であった。

3. 結果と考察

フィールド調査・実験室での実験に共通して、個体数が多く、特徴がみられると判断した 5 属のプランクトンを解析対象とした。(図 1・図 2)

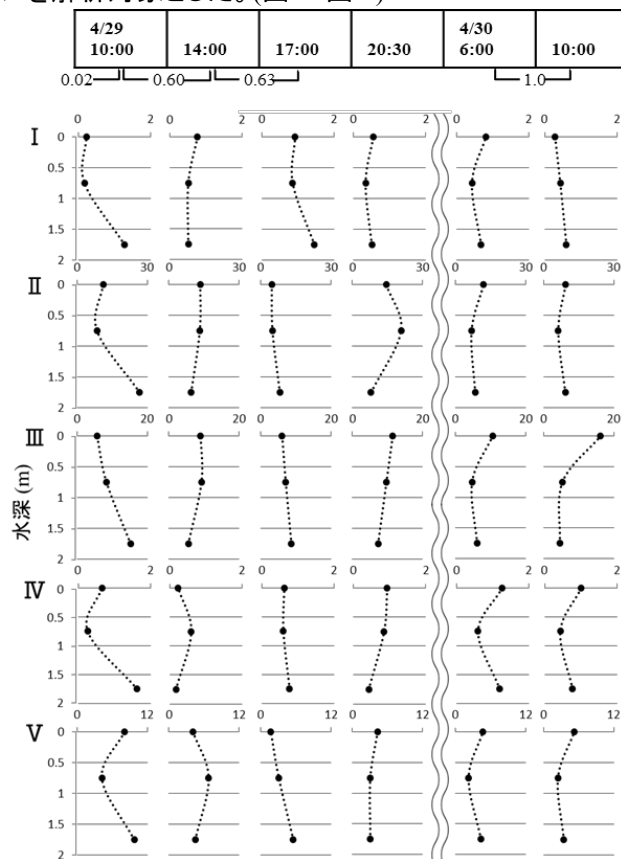


図 1 フィールド調査における時間ごとのプランクトンの鉛直分布

枠内: 採取時刻

(下の数字は、同月の快晴日の日照時間に対する本調査時の日照時間の比⁽⁷⁾)

グラフ縦軸: 水深[m]

横軸: 湖水中の個体数[個体数 $\cdot$ mL⁻¹]

I: *Ceratium* (渦鞭毛藻類) 鞭毛で遊泳 単独細胞

II: *Aulacoseira* (珪藻類) 円筒形細胞の糸状群体

III: *Fragilaria* (珪藻類) 棒状細胞の帯状群体

IV: *Asterionella* (珪藻類) 棒状細胞の星状群体

V: *Staurostrum* (緑藻類) 単独細胞

フィールド調査において、*Ceratium* は日照時間が長くなるにつれ表層に増加する傾向をみせた。(図 1 I) 実験室での実験では上方・暗下条件では沈降し、それらと比較すると四方条件では均一に分布した。(図 2 I) この結果から、ケラチウム属が光を求めた能動的な鉛直移動をすることが示唆される。しかし、実験室での実験では光を避けるような傾向がある。こ

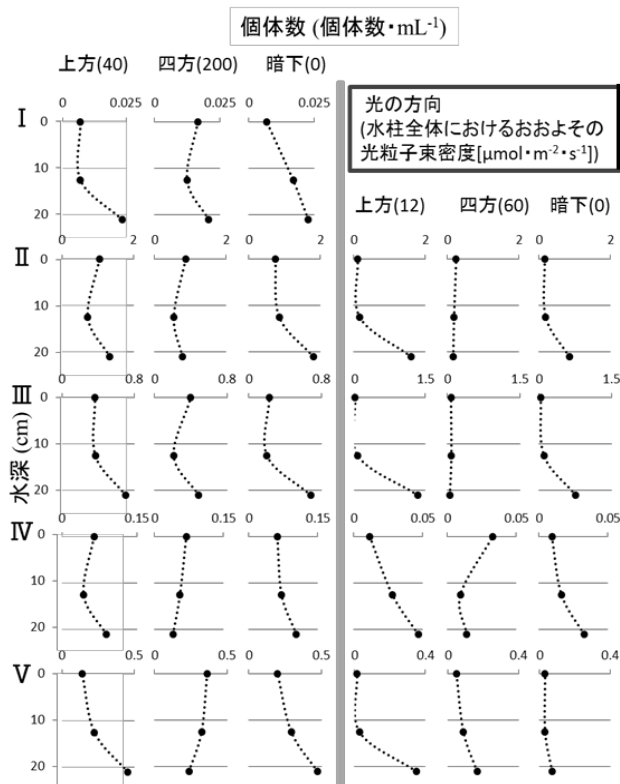


図 2(2 枚目) 実験室での実験における各条件下でのプランクトンの鉛直分布 (I ~ V は図 1 に同じ)

の現象が起こった一つの可能性として、実験室での実験条件では *Ceratium* にとって光が強すぎたため、光障害を回避したものと考えられる。四方条件では四方から光があたっていたため強い光を避けようにも光量の少ない部分がなかったために均一に分布し、暗下条件では移動を引き起こす光刺激がなかった結果、重力に従って沈降したと考えられる。

Ceratium が鞭毛をもち遊泳可能である⁽⁶⁾ことから前述の考察ができるが、能動的に移動できない珪藻・緑藻類の 4 属については異なる考察が必要である。*Staurastrum* は日照時間が短いと沈降、長くなると浮上する傾向を示しており、*Aulacoseira*, *Fragilaria*, *Asterionella* は単純に日照時間の増加に伴い浮上する傾向を示している。(図 1 II ~ V) 実験室での実験の結果では、これらの属はどれも水柱が受ける光量が多くなるほど浮上傾向が顕著である。さらに、*Aulacoseira*, *Fragilaria* と比較して *Asterionella* はより少ない光量で浮上傾向を示しており、一方、*Staurastrum* は少ない光量では浮上傾向をあまり示さなくなっている。(図 2 II ~ V) 実験室での実験の結果から、浮上がおこるための光閾値が存在する可能性がある。また、図 2 に示される傾向が正しければ、その閾値は属ごとに異なり、*Asterionella*, *Aulacoseira* と *Fragilaria*, *Staurastrum* の順に低いと考えられ、この日周鉛直移動機構に

おける閾値の概念は、フィールド調査で

Staurastrum が日照時間の短い 1 日目に沈降していたという結果を説明できる。

ここで、水中における植物プランクトンの沈降速度 v は以下の Stokes 式で表される。⁽⁸⁾

$$v = \frac{2gr^2}{9} \cdot \frac{(\rho' - \rho)}{\eta \cdot \phi_r}$$

g は重力加速度、 η は湖水の粘性、 ρ は湖水の密度で定数と捉えられ、植物プランクトンの直径 r 、外抵抗係数 ϕ_r は、今回の調査・実験で大きく変化したとは考えにくい。よって、珪藻・緑藻といった一般に非運動性とされる植物プランクトンの鉛直移動を引き起こしたのは、光条件による生物体密度 ρ' の変化が原因ではないかと考えられる。つまり、光によって代謝系が直接的に影響を受け、密度が変化することにより日周鉛直移動が引き起こされたのではないかと予想される。

4. 反省と課題

本研究で、琵琶湖における淡水植物プランクトンの鉛直分布が変化し、その変化の一因としてプランクトンの鉛直移動があることを示唆する結果が得られ、さらに、プランクトンの種類、光条件によっていくつかの解析ができた。今後、フィールド調査・実験室での実験を蓄積し、信頼性を高める必要がある。また、光による鉛直移動以外の、鉛直分布が変化する要因として、対流・pH・水中の気体分圧や塩類濃度などについても調べていかなければならない。代謝系に注目した生化学・生理学的な解析の実験も必要である。

珪藻・緑藻類の鉛直移動機構を解明することは大きな意義がある。このような研究の成果が、将来的に赤潮などのプランクトン由来の現象に対する人工的なコントロール技術開発の一助となることを期待する。

5. 参考文献

- (1)奥谷,"自然の中の粉粒体シリーズ プランクトン",紛体工学研究会誌,P37(1976)
- (2)伊藤・花岡,"動物プランクトンの鉛直移動と照度変化に関する実験室での実験的観察"(1968)
- (3)元田,"動物プランクトンの生態特に日周鉛直移動の習性について"(1972)
- (4)米田・吉田,"赤潮の生理生態学的研究-I 赤潮プランクトンの垂直的移動について",日本水産学会誌 Vol.23,P405(1957)
- (5)増木・若林,"成層化したダム湖における藍藻類の鉛直移動"(2012)
- (6)若林徹哉 他,やさしい日本の淡水プランクトン図解ハンドブック (2008)
- (7)気象庁ホームページ, <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/index.php> (2016 年 8 月 25 日閲覧)
- (8) Smayda,"The suspension and sinking of phytoplankton in the sea" (1970)

日高川のハマボウの分布と生態について

和歌山県立紀央館高校高等学校 自然科学部
3年 名古美幸 坂口幸紀 2年 岡本直樹

1. はじめに

自然科学部は平成22年度より御坊市指定の天然記念物、「ハマボウの群生」の日高川（王子川含む）河口干潟における分布とハマボウ *Hibiscus hamabo* の生態についての調査・研究を継続的に実施している。

2. 調査・研究内容・目的

(1) ハマボウの生態

(i) ハマボウとは

アオイ科フヨウ属の落葉低木。三浦半島以西に分布し、暖地の汽水域で砂泥堆積地に自生。純群落をつくるので半マングローブ植物であり、パイオニア植物でもある。県のレッドデータブック（2012）のカテゴリーでは準絶滅危惧種（NT）で、原因は開発によるものである。

(ii) 塩生植物

ハマボウは塩生植物の一種で塩分耐性があり、独特の群生を形成する。このような植物の例としてウラギクやマングローブ林などがある。

(iii) 花

花色は黄色で中心部は茶褐色の蜜標がある。夕方になると花はオレンジ色に変色。花弁は5枚で7月から8月にかけて開花し紅葉は10月から始まる。花は1日花で最盛期には、毎日花が咲く。日高川河口付近の花の直径を調査（100個）すると7月初旬より8月初旬の方が約1cm大きくなり、その後徐々に小さくなった。今年度樹高約4mのハマボウ1本を調査した結果、花の数のピークが7月下旬で約50の開花数を確認この時の花の直径平均は70.5mmであった。

フヨウ属の仲間であるオクラとハマボウを比較観察した。花弁が5枚で柱頭、葯の形態は非常に似てい

る。花粉を顕微鏡（150倍）で観察すると両方とも球体でまわりが棘状になっている。直径がハマボウと比較してオクラの方が40μm大きい。

(iv) 葉

葉の縁の部分には細かい鋸歯があり先端は急に

細くなって突出、葉は落葉樹にしては厚く両面に星状毛があり、裏面には特に密生するので灰白色に見える。

(v) 葉の裏の表面

葉の星状毛は水をはじく機能があり雨が降っても気孔がふさがれにくいなどの効果がある。

(vi) ハマボウの根

ハマボウの根は縦に約1mあり、タコ足状で通気性に富む構造である。

(vii) ハマボウの種子の特徴

①種子（縦横約5mm）の散布形態は海流散布で水に浮きやすい。中に少し空洞があり、水に浮きやすい構造である。果実は5つの部屋からできており、1つの部屋には3個から6個の種子が入っていた。昆虫により食害された果実には穴が空いており、幼虫や蛹が入っていた。

②調査果実278個中、47.8%が虫害果実であり、虫害果実の平均種子数は8.7で正常果実は15.8。正常果実145個中の約2割が未熟な果実であった。虫害果実中には2種類の幼虫と1種類の蛹が入っていた。

(viii) 考察 1. ハマボウの生態（花）

- ・夕方になると変色してしぼむ1日花であるが、昼でもオレンジ色の花が観察できた。実際には1日以上しぼまず咲いているものもある。

- ・花の直径調査より8月初旬が花の最盛期で虫媒による受粉の確率が最も高い。

- ・花粉について他のキク科、バラ科などと比較するとフヨウ属の仲間の花粉は120~150μmと、かなり大型の花粉であった。

- ・種子からガの幼虫が出てきた。この幼虫を調べるとマダラトガリホソガの幼虫であった。その他にカクモンノメイガの幼虫と蛹を確認

- ・ハマボウを食害する鱗翅目昆虫を調べると、本州西部ではマダラトガリホソガをはじめ、9種類確認されている。

- ・ガは種子ではなく柔らかい果実を食べている。
- ・種子調査より成木1本から約3400個の種子が作られることから日高川河口の成木が約900本として年間に約306万個の種子が散布される。しかし種子が発芽し成木となる確率はかなり低い。

- ・海流散布であるが、ハマボウの種子は発芽すると根を下ろすスピードがとても速いと推測する。

- ・海流散布により種子は波打ち際に沿って自生している。これはハマボウの特徴である。

(2) ハマボウの分布

(i) 和歌山県におけるハマボウの分布

県のハマボウの分布は過去には和歌川河口が北限であったが絶滅、現在は日高川河口が北限。

(ii) 日高川河口のハマボウ分布 (H22～27 年度調査) 合計 1097 本

- ・ A. 天田橋北詰北側：16 本 B. 南側：6 本
- ・ C. 天田橋南詰北側：64 本 D. 南側：518 本
- ・ E. 北塩屋船着場 265 本 OF. 北浜群生地：226
- ・ G. 発電所前堤防付近、干潟のなごり：2 本

(iii) 王子川のハマボウ分布 (H26 年度調査)

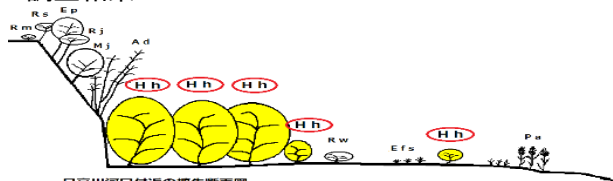
合計 243 本

- ・ A. 王子橋北詰北側：6 本
- ・ B. 425 号線付近：89 本
- ・ C. 農道付近：122 本
- ・ D. 王子橋より 1km 付近：226 本

(iv) 日高川河口干潟植生調査 (H26 年度調査)

調査方法：堤防沿いの横 46m×縦 37m を調査

調査結果



日高川河口付近の植生断面図

図中のアルファベットは Rm:ハゼノキ, Ep:オウゴンノミ, Rj:ヌルデ, Mj:アカメカシワ, Ad:タンシク, Rm:ノイバラ, Hh:ハマボウ, Kw:アザミ, Efs:イソヤマタンツキ, Pa:ヨシ 表示している

図 1 日高川河口のハマボウの分布

(v) 考察 2. 日高川河口干潟 ハマボウの分布

・ 準絶滅危惧種に登録されているが日高川河口付近のハマボウの数は 1985 年の調査 (836 本) から現在 (日高川河口 1097 本・王子川 243 本) に至るまでかなりの数のハマボウが増加。これは県全体としては減少傾向にあるが日高川河口付近のハマボウの数は安定している。

(3) ハマボウの塩分濃度に対する耐性実験

(i) 実験方法：ハマボウを含む 4 種類の植物をそれぞれ塩分濃度の溶液 [0・0.6・2.0・3.2 (海水)・5・10・15%] につけてその経過を観察

- ・ ハマボウ：塩分耐性実験結果：15 時間後、塩分濃度 5%以上で葉や茎から塩がふきでていた。
- ・ マユミ：15 時間後マユミに変化はなし。実験後数日放置しても変化なし。
- ・ ヌルデ：24 時間後 5.0%以上で葉が萎れてきた。
- ・ イチョウ：24 時間後 5.0%以上で葉が萎れてきた。

(ii) 実験方法：ハマボウと同属のハイビスカスと比較し、塩分濃度を細かく設定して経過を観察し

た。

・ ハマボウ塩分耐性実験結果：10 時間後、4.0%以上の濃度で茎や葉が萎れてきた。その後、約 2 日間観察した結果、3.6%以下の濃度では変化はなかった。

・ ハイビスカス：10 時間後に 4.4%で葉が黄色く変色し、2 日後には 4.0%でも黄色に変色した。

(iii) 考察 3. ハマボウの塩分濃度に対する耐性実験

- ・ 結果ではハマボウとマユミとも耐性があった。ハマボウは塩分を体外に出す機能が優れていた。
- ・ マユミは実験後も枯れずにいたので耐性が強いと考える。イチョウとクスノキは耐性なし。

(4) ハマボウの発芽実験

(i) 実験方法：塩分濃度 0.0.2.0.4.0.6.0.8.1% を明・暗各シャーレ 5 個ずつ準備し、種子を 50 個ずつ播種。脱脂綿がつかる程度に溶液を入れ、種子を塩酸で 1 日処理したものと比較する。

* 明は太陽光線に当て、暗は太陽光線を段ボールをかぶせて遮断

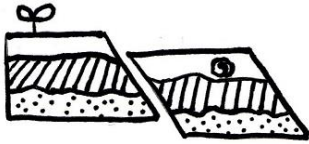
- ・ 無処理結果：25 日目で明は 0～0.6%、暗は 0～0.4%で発芽
- ・ 塩酸処理結果：25 日目で明は 0～0.8%で発芽 0.6%は発芽せず。暗は 0～0.8%で発芽

(ii) 考察 4.

- ・ 種子の発芽の塩分限界は 0.8%以下
- ・ 発芽条件は暗い方が発芽する確率が高い。
- ・ 発芽の温度条件は 21～23℃でも発芽
- ・ 播種後、約 10 日で発芽
- ・ 発芽する割合は 1/50～3/50
- ・ 発芽促進には塩酸処理の効果があつた。

3. 参考文献

- ・ 中西弘樹. 1979: ハマボウ群落の分布と生態. 植物分類地理, 30, p169-179.
- ・ 村瀬ますみ・高須英樹. 2007: ハマボウを食樹とする蛾. 蛾類通信, No246, p. 373-374.
- ・ 北村泰一, 西村幸恵. 2003: ハマボウ挿し穂及び種子の耐塩水評価 (研報), 南九州大学地域環境学科緑地保全学研究室.
- ・ 高須英樹, 2012: 保全上重要な和歌山の自然和歌山県レッドデータブック (2012 改訂版, p320, 和歌山県環境生活部環境制作局環境総務課自然観教室.



【口頭発表メモ・地学】



地学 1 :

地学 2 :

地学 3 :



地学 4 :

地学 5 :



花崗岩の風化による土砂災害への影響

兵庫県立加古川東高等学校 自然科学部地学班
2年 岩本南美 田島晴香 田村笙 東森碧月
1年 中野勝太 中野美玖 尾藤美樹

1. 動機と目的

平成26年8月、広島市で局地的豪雨による大規模な土砂災害が発生した。また、兵庫県加古川市北部の大藤山でも、平成23年に台風の影響で土砂災害が発生した。この2つの場所には花崗岩が分布していることから、花崗岩体では土砂災害が発生しやすいという仮説を立てた。そこで、平成23年から平成26年の間に全国で発生した土砂災害を調べた結果、花崗岩の分布面積は全国のおよそ12%であったのに対し、花崗岩体での土砂災害発生件数が最も多いことが分かった（図1）。

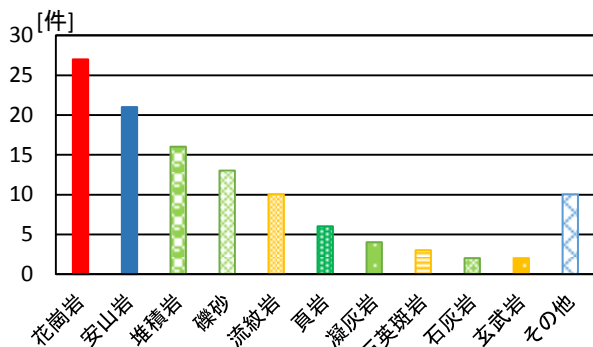


図1 地質別土砂災害発生件数（平成23～26年）

このことから、土砂災害の発生には地質的条件が大きく関わっていると考えた。そこで、兵庫県発行のハザードマップに地域の地質的条件を考慮した項目を加筆することを目的に研究を行った。

2. 研究方法

まず、大藤山で調査を行い土砂や水を採取した。また比較として、加古川市に隣接する高砂市にある、凝灰岩体の高御位山でも調査を実施した（図2）。なお、この2つの山は地形的特徴が類似しているが、大藤山では過去60年間に6回の土石流が発生しているのに対し、高御位山では過去70年間に土砂災害が発生したという記録は見られなかった。そして、採取した試料をもとに以下の実験を行った。

- ①岩石の物理的風化を調べるため、花崗岩・凝灰岩・流紋岩を電気炉で加熱し、偏光顕微鏡で観察。
- ②化学的風化を調べるための、大藤山・高御位山を流れる水と雨水のCa硬度を測定するキレート滴定。

- ③花崗岩・凝灰岩・流紋岩を乾燥させて水に浸し、増加した質量の割合を求める、岩石の吸水率測定。
- ④大藤山の土砂層を、基準地点から高さを揃えて層ごとに採取し、各層についての透水係数試験。実験では変水位透水試験を用い、以下の式1から透水係数を算出した。

$$\text{透水係数 } k [\text{cm/s}] = 2.303 \frac{aL}{A\Delta t} \log_{10} \frac{h_1}{h_2}$$

a: 水の断面積[cm²]
A: 試料の断面積[cm²]
L: 試料の高さ[cm]
Δt: 時間の変位[s]
h₁: 実験開始時の水位[cm]
h₂: Δt秒後の水位[cm]

式1 透水係数

- ⑤④の各土砂層の粒度測定。



Gs : 角閃石含有斑状黒雲母花崗岩及び文象斑岩
Hhs : 成層火山礫凝灰岩

図2 調査場所

3. 結果

現地調査の結果、大藤山では厚い土砂層が形成されていたのに対し、高御位山では土砂層があまり見られなかった。

- ①凝灰岩、流紋岩では間隙が見られなかったのに対し、花崗岩は鉱物間に間隙が生じ、加熱回数を重ねるごとに間隙が広がった（図3）。

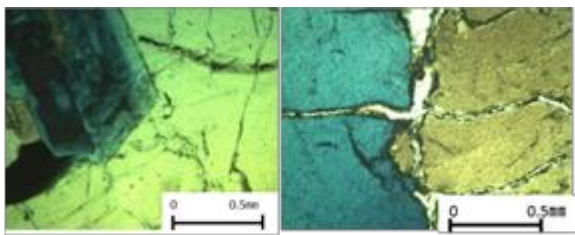


図3 加熱なし（左）と2回加熱（右）花崗岩の薄片

- ②高御位山の水の Ca 硬度は雨水とほぼ同じ値であるのに対し、大藤山の水はその約 10 倍の値だった。
- ③花崗岩は 0.83%、凝灰岩は 5.1%、流紋岩は 4.6% で、花崗岩が最も吸水率が小さかった。
- ④土砂によって透水係数に違いがみられた（表 1）。

表 1 層ごとの細粒の砂の割合と透水係数

基準からの高さ [cm]	細粒（粒径 420 μm 以下）の砂の割合	透水係数 [cm/s]
119-137	24.9%	9.9×10^{-4}
100-118	19.4%	23.9×10^{-4}
85-100	26.9%	12.9×10^{-4}
75-85	22.3%	10.4×10^{-4}
59-70	21.4%	12.9×10^{-4}
40-59	-	13.9×10^{-4}
30-35	32.1%	15.5×10^{-4}
0-15	20.3%	29.0×10^{-4}

- ⑤土砂の透水係数が大きいほど、細粒土砂の割合が小さくなっていった。

4. 考察

①②の結果から、花崗岩体は熱による物理的風化により鉱物間に間隙が生じ、雨水が染み込み、 Ca^{2+} が溶脱することで化学的風化が進行し、厚い土砂層を形成する。

また③の結果から、花崗岩は水を吸収しにくく、岩体の上に水が溜まりやすい。そして④⑤の結果から、細粒の割合が小さく、あまり風化の進行していない層では透水係数が高くなっている。

これらのことから、花崗岩は岩体の上や透水係数の低い層の上に水が溜まり、土砂に浮力が働くことで厚い土砂層が滑りやすくなり、

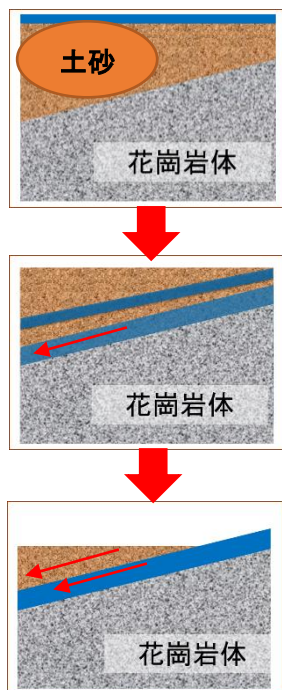


図 4 花崗岩体における土砂災害発生過程

土砂災害が発生しやすくなると考えられる（図 4）。

しかしながら、筆者らが平成 23 年から平成 26 年にかけて全国各地で発生した土砂災害を調べた結果をもとに、地質的条件と降水量と傾斜の相関関係を分布図（図 5）にしたところ、現在の危険箇所の指定は傾斜が 30 度以上であるにも関わらず、30 度以下の範囲にある地域にも多数の土砂災害の発生がみられた。

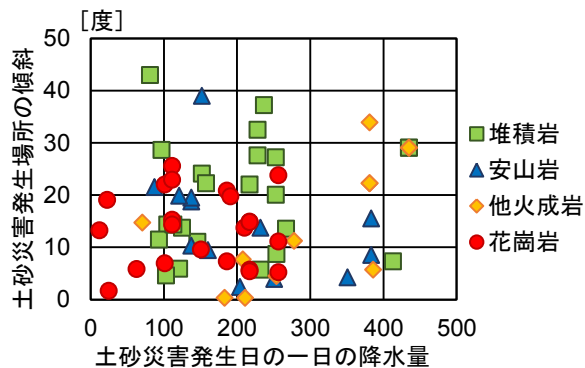


図 5 土砂災害発生要因相関図（平成 23 年～26 年）

このことから、現在ハザードマップの作成は主に斜度などの地形的条件を考慮して行われているが、今後この研究を発展させ、兵庫県発行のハザードマップへ、地質的条件を考慮した項目の加筆を行うことを目標としている。現在は六甲砂防事務所などと研究・協議を実施している（図 6）。



図 6 六甲砂防事務所の調査員との協議

5. 今後の課題

大藤山土砂層の各データを増やし、同じ花崗岩体である六甲山のより詳細な調査（図 7）を行うことで、風化度基準の定量化を目指す。



図 7 六甲山フィールドワークの様子

巨椋池の起源と変遷

京都府立桃山高等学校 グローバルサイエンス部
2年石坂優衣 1年瀧脇迪哲 1年永井愛梨

1 動機および目的

昭和16年まで、京都市伏見区から宇治市・久御山町にかけて巨椋池と呼ばれる周囲16kmの大きな池が存在した(図1)。その池の成因や変遷については、鍵層や示準化石が見つからないことから詳細な研究は行われていない。そこで私達は、京都市伏見区観月橋の宇治川河川敷に露出する巨椋池泥層を調査し、巨椋池の起源と歴史を明らかにすることを目的とした研究を実施した。なお、先行研究として、巨椋池泥層は、最上部からヒメコガネ(*Anomalurafocur*)が発見されることから、年代が室町時代(約1500年前)であること(桃山高校 2009)、泥層の最下底の年代は、直下のレキ層中の材化石の放射性年代値($3310 \pm 30\text{yrBP}$)から、約3000年前(縄文時代後期)であることがわかっている(桃山高校 2013)。



図1(桃山時代の巨椋池)巨椋池干拓史より

2 研究方法

宇治川河川敷に露出する巨椋池泥層を簡易ボーリングで採取し、処理後にプレパラートを作成し顕微鏡観察を行った。

(1)ボーリングコア採取地点(図1)

A地点、B地点、C地点の3地点

(2)顕微鏡観察用プレパラートの作製

ボーリングコアを等間隔(0.5cm)に切断し、その1個につき数枚のプレパラート(計約500枚)を作成した。(封入剤として「マウントメディア」和光純薬(株)を使用。)

(3)顕微鏡での観察

約500枚のプレパラート中に見つかる全ての珪藻化石を同定した。珪藻生態図鑑(渡部仁治)を使用し、好清水性種、広適応性種、好汚濁性種に分類した。

3 結果と考察

(1)珪藻観察の結果

A、B、C地点のコアから産出した珪藻について、層準ごとに分類し、その量比を表した(図2,図3,図4)。好清水性種とは、絶えずきれいな水が供給される環境を好むもので、いつもきれいな水が流れこむような環境。広適応性種とは、様々な環境に適応する種で、水が流れ込むが水量に変化があるような池。好汚濁性種とは、きれいな水の供給がほとんどない、よどんだ沼のような環境を想定した。また、A地点については、池の環境変化のターニングポイントの層準、B地点とC地点はすべての層準を示している。また、グラフの横軸は左ほど下位の層準になる。

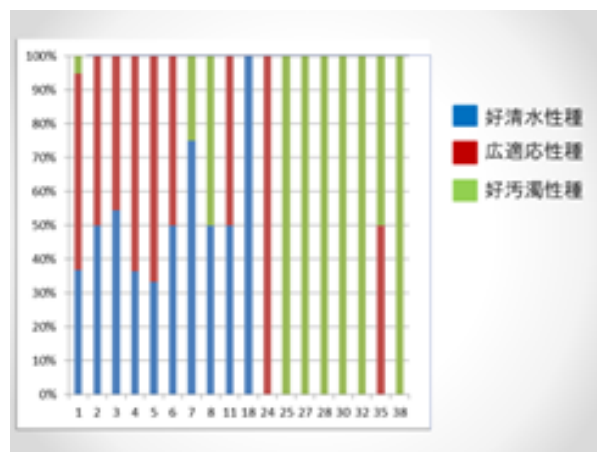


図2(A地点)

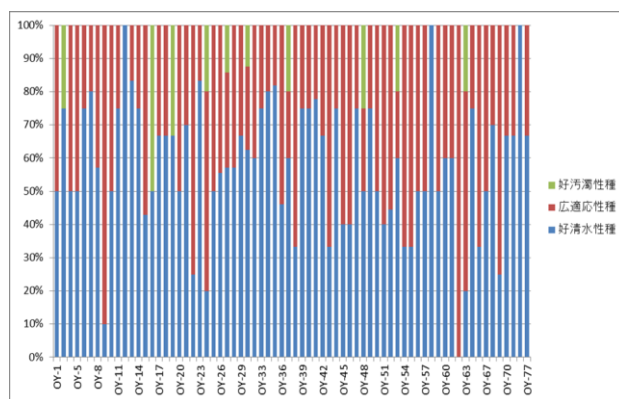


図3(B地点)

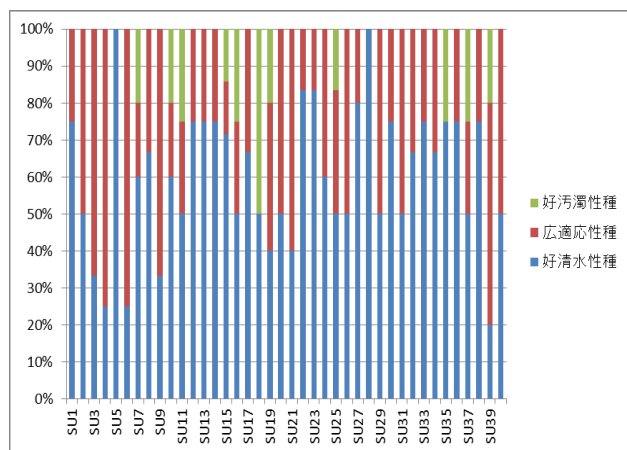


図4(C地点)

(2)地点ごとの特徴

①A地点

コア下部はシルトで、上部は粘土からなる。層順18・24・25で珪藻の種類が大きく変化し、18において好清水性種のみになる。層順25以降はほとんど好汚濁性種のみになる。堆積物の粒度によって比較すると、コア下部のシルト質の部分からは、好清水性種・広適応性種が多く産出するが、上部の粘土質の部分からはほとんどが好汚濁性種になる。

②B地点

コアはすべてシルトで、A地点(図2)のような目立った規則性はなく、好清水性種、広適応性種がすべての地層から産出する。好汚濁性種は非常に少ない。

③C地点

コアはすべてシルトで、B地点(図3)と同様に目立った規則性がなく、好清水性種、広適応性種はすべての地層から産出する。好汚濁性種は非常に少ない。

(3)A地点における「珪藻化石の種類と池の変遷」についての考察。

①巨椋池泥層A地点のコアサンプルについて、最下底は約3000yrBP、最上部は西暦約1500年である。また、今年度の調査で粘土層のほぼ中間の層順から植物化石が見つかり、放射性年代値は800±20yrBP(西暦約1150年)であった。以上のことから、粘土層の堆積年代が平安初期～室町時代であることがわかった。

②(縄文後期～奈良時代頃)好清水性種・広適応性種が多く見られ、層準による珪藻の種類に大きな変化がないことから、ある程度(数m)の水深を持った池であったと考えられる。

③(奈良時代後期～平安時代初期)層順18で好清水性種のみになる。奈良・平安時代になると宇治川上流の田上山や木津川上流の山々の花崗岩が森林伐採により風化にさらされる(中川2002)。特に、奈良・平安時代の宮殿の造営や寺社仏閣の建立に伴う滋賀県田上山地域の森林が激しく伐採された(琵琶湖河川事務所)。これらにより花崗岩の深層風化がすすみ大量の真砂が巨椋池に流れ込み、巨椋池の水深が急速に浅くなったために河川性の珪藻が多くなった。巨椋池に多くの砂州(島)が形成されたのがこの時期と考えられる。

④(平安時代～室町時代)層順25で好汚濁性種のみになるのは、砂州の形成によって、宇治川や木津川の水流が観月橋まで流れ込みにくい環境になったために水質が悪化したものと考えられる(図1)。

(4)地点A、Bにおけるコア堆積物の粒度の違いについての考察

A地点では下部がシルト層、上部が粘土層になっているのに対して、B地点は全てがシルト層からなっている。巨椋池泥層の粒度組成とケイソウの種類はきわめて対応がよく、シルト質の部分には好清水性種が多く、粘土質の部分には好汚濁性種が多くなっている。図5はABC地点での柱状図である。A地点とB地点の大きな違いは、A地点には粘土層(上部)があるが、B地点には存在していないことである。このことは、2つの地点の堆積場の違い(水流の違い)と考えられる。図1において、A地点は砂州の後ろ側になるために水流がほとんどなく泥が堆積するが、B地点は砂州と砂州の間の水路になり、水流の影響で泥が堆積しなかったものと考えられる。また、B地点の最上部の地層の年代は奈良時代頃と考えられる。

(5)B地点とC地点のコア堆積物の類似について

両地点のコアはともにシルトである。珪藻の種類には規則性がなく、好清水性種、広適応性種がすべての地層から産出し、好汚濁性種が極端に少ない。これらの類似した特徴から考えて、C地点もB地点と同じように、砂州と砂州の間の水流のある環境であり、平安時代以降の地層は存在しないものと考えられる。このことは、古地図(図1)とも一致する。

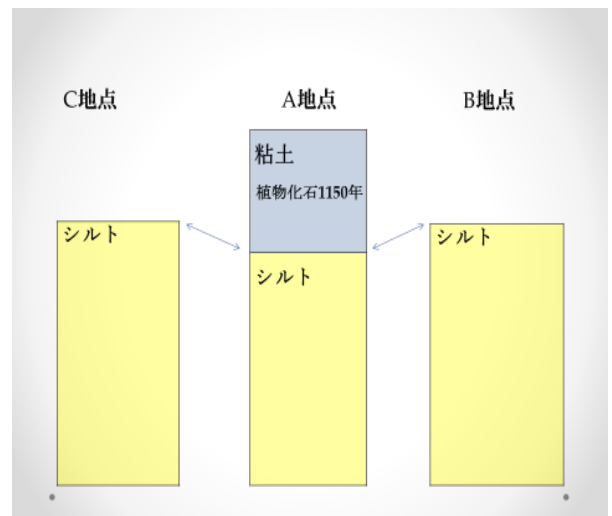


図5

5 反省と課題

巨椋池の珪藻化石と堆積物の粒度および古地図上の砂州の位置にきわめて良い対応関係があることがわかってきたが、もっと調査地点を増やす必要がある。

6 参考文献

- 吉田敬市・巨椋池土地改良区「巨椋池干拓史」(1962)
- 中川要之助「南山城の200万年―特に巨椋池の成因を考える―」(2002)
- 京都府立桃山高等学校地学部「旧巨椋池の地層の研究と復元図1・2」(2009)
- 京都府立桃山高等学校グローバルサイエンス部「縄文人が見た巨椋池」(2013)

時系列でみた御坊周辺の津波浸水状況 (レベルL1, L2 津波のシミュレーション比較)

和歌山県立紀央館高校高等学校 自然科学部
3年 名古美幸 坂口幸紀 2年 岡本直樹

1 動機

東日本大震災後、和歌山県の各自治体で M9.1 クラス(レベルL2)の津波ハザードマップが作成されたが、避難対策を考える場合、時間を追っての津波浸水の状況を知る必要があると思った。今後、この結果をもとに自分たちで南海トラフ巨大地震への対策を考える基本資料としたい。

2 方法

御坊市街への津波浸水を知るために、レベルL2(M9.1)とレベルL1(M8.7)の地震発生後60分の0.5分ごとの津波時系列の浸水計算を和歌山工業高等専門学校環境都市工学科小池教授にいただき、それをもとに時系列の浸水図をつくり、浸水アニメーションを作成し、浸水パターンを調べた。御坊の三地点(日高川河口部、御坊市役所、紀央館高校)の時系列浸水深を読み取りグラフ化して浸水の速さ等を算出した。

(1) コンピュータによるシミュレーション計算

① 計算モデル

L2 レベル：内閣府モデル case3

L1 レベル：宝永南海地震相田モデル

② 計算値は陸上に上がった津波(浸水深)・海面と川面の高さの設定は0mとしている。

③ 浸水深は10mメッシュ単位で計算。

(2) シミュレーション計算の画像化

① 計算結果を画像化ソフトを使って画像化

② 浸水深は10mメッシュの平均値

③ 色別表現の設定範囲は、最小値-15m 最大値17mとした。

(3) 画像と地形図の合成とアニメーション化

① (時系列浸水

分布図) 国土地理院の航空写真を海岸線や河川、山地をえどって地形図化した。

② 地形図とのシミュレーションは、パワーポイント上で大きさを調整して重ねた。

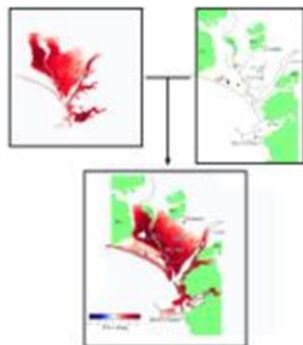


図1 浸水図と地形図の合成

③ 合成画像をパワーポイント上で時系列に並べてアニメーションにした。

(4) グラフ化

日高川河口、御坊市役所、紀央館高校の3点の浸水深を計算結果の座標から読み取り浸水深変化をグラフ化した。



図2 グラフ化地点

3. 結果

(1) 浸水パターン

アニメーションを分析して、L1, L2の浸水パターンをまとめると表1と図3, 図4になる。

表1 浸水パターン

L2	L1
津波の浸水状況 27.0分 日高川河口から浸水 29.0分 日高川河口から浸水 31.5分 日高川河口から浸水 33.5分 日高川河口から浸水 35.5分 日高川河口から浸水 37.5分 日高川河口から浸水 39.5分 日高川河口から浸水 41.5分 日高川河口から浸水 43.5分 日高川河口から浸水 45.5分 日高川河口から浸水 47.5分 日高川河口から浸水 49.5分 日高川河口から浸水 51.5分 日高川河口から浸水 53.5分 日高川河口から浸水 55.5分 日高川河口から浸水 57.5分 日高川河口から浸水 59.5分 日高川河口から浸水	津波の浸水状況 27.0分 日高川河口から浸水 29.0分 日高川河口から浸水 31.5分 日高川河口から浸水 33.5分 日高川河口から浸水 35.5分 日高川河口から浸水 37.5分 日高川河口から浸水 39.5分 日高川河口から浸水 41.5分 日高川河口から浸水 43.5分 日高川河口から浸水 45.5分 日高川河口から浸水 47.5分 日高川河口から浸水 49.5分 日高川河口から浸水 51.5分 日高川河口から浸水 53.5分 日高川河口から浸水 55.5分 日高川河口から浸水 57.5分 日高川河口から浸水 59.5分 日高川河口から浸水

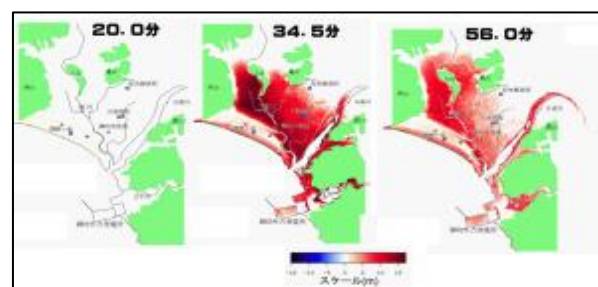


図3 L2 浸水図

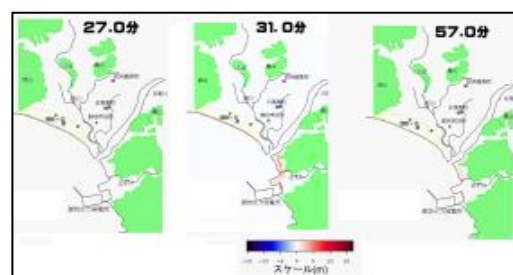


図4 L1 浸水図

(2) 3 地点の時系列浸水深変化

① L1 の日高川河口における浸水変化

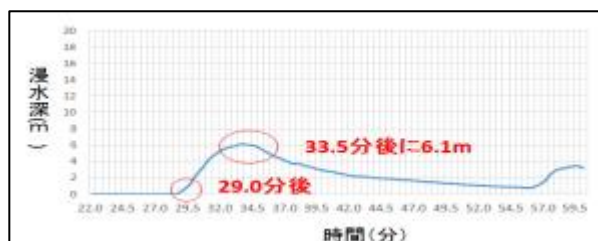


図5 日高川河口の浸水深変化 (0分-60分)

②L2 3カ所の浸水深変化

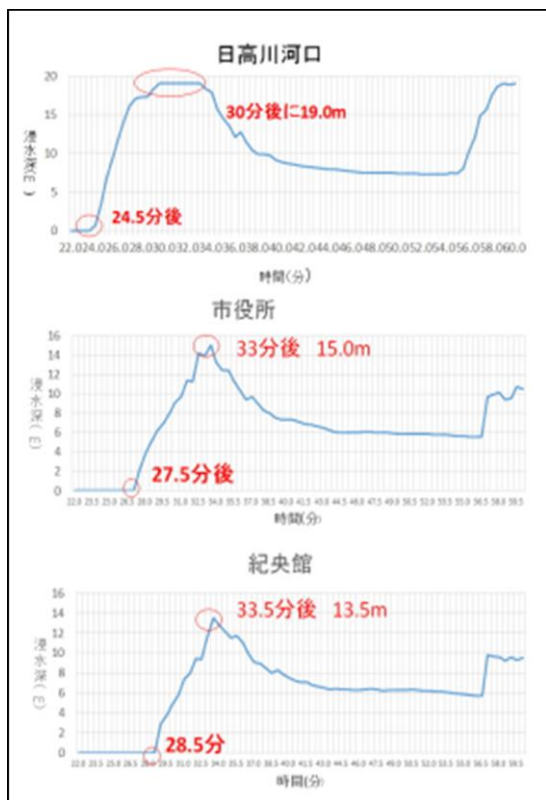


図6 3カ所の浸水深変化(0分~60分)

4. 考察

(1) M8.7 (L1) M9.1 (L2) の比較

L1とL2はM値の違いは0.4だが、エネルギー規模を比較すると、L2はL1の4倍大きい。これが以下の違いとなっている。

① 到達時間

L2が5分ほど早くなっている。これはエネルギー差ではなく、モデルの違いによるものと思われる。

② 最大浸水深

第1波の最大浸水深はL2がL1に比べ3倍程度大きい。

③ 浸水規模

L2は日高平野の最奥にの日高町まで達するのに対し、L1は御坊市海岸沿いの名屋地域でわずかに浸水する程度。L2では第一波侵入後はほとんど引かずそこへ第2波が入るため、2波のピークも1波と同程度になる。

④ 襲来パターン

第1波のあと30分ほどで第2波が来るというパターンは似ている。しかし高さは、L2では第1波の1/2程度になっている。

(2) L2における各地点の浸水状況

3地点の津波到達時間、最大浸水深、第1波平均増加率と人が立っていられなくなる水深0.3mに

達する時間を表2にまとめた。

また、各項目を棒グラフ(図7)にして示した。

- ① 到達時間、最大浸水深は河口からの距離に対応している。

表2 3地点での最大浸水深、浸水増加率等

地 点	河口からの距離(km)	モデルマグニチュード	最大浸水深に達する時間(分)	最大浸水深(m)	平均増加率(m/分)	0.3mに達する時間(秒)
日高川河口	0	8.7	5.0	6.1	1.2	14.7
市役所	1.8	9.1	6.0	19.0	3.2	5.7
紀央館高校	3.6	9.1	5.5	13.5	2.5	7.3

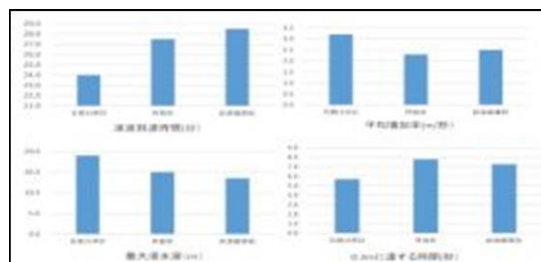


図7 3カ所における津波到達時間 平均増加率 最大浸水深 0.3mに達する時間の比較

- ② 第1波の浸水が始まって最大浸水深に達するまでの平均増加率を計算すると、河口、紀央館、市役所の順番になっている。それをもとに、人が移動できなくなる浸水深0.3mになる時間を計算した。これが小さくなるほど危険性が高いことを示し、危険性は河口、紀央館、市役所の順になっている。しかし違いは5秒から8秒と3秒ほどしか差がなく、いったん浸水が始まったら3カ所ともほぼ逃げるのは不可能であることを示している。
- ③ L1レベルの津波については、この結果から避難については十分対応ができそうだが、L2レベルとなるときわめて対応が難しくなる。津波浸水が始まる25分前後で市街全部が避難を完了せねばならない。どのような対策があるのか、今後自分たちで対策を考えてみたい。

5. 参考引用文献

- ・和歌山県. 2013: 平成25年度公表津波浸水想定和歌山県, 和歌山県総務部危機管理局防災企画課.
- ・佐藤良輔. 1989: 日本の地震パラメーター, 鹿島出版会.

謝辞

今回、津波のデータの提供およびご指導をして頂いた和歌山高等専門学校環境都市工学科 小池信昭教授ならびに印南町立印南中学校 阪本尚生先生に深く感謝申し上げます。

木星の模様を探れ

滋賀県立米原高等学校 地学部

2年 山田直人, 小林晃啓, 大城悠斗, 小倉匠翼

1年 北村天音, 小野和樹, 岸田優衣,

谷口秀平, 田中克宜, 山中達

1. 動機・目的

人工衛星など他の研究機関の撮影画像を用いずに惑星研究に耐えうる綺麗な画像を自分たちの手で撮影したいと思ったこと、また木星の大気の特徴を調べたいと考えたことからこの研究を始めた。

2. 研究 1

目的 本校にある機材を用いて、木星を最も綺麗に撮影できる方法を確立する。

方法 今回の研究では7台の望遠鏡を用いて、それぞれカメラを天体望遠鏡に直接取り付ける直接焦点法、アイピースを用いて拡大するリレーレンズ法、バローレンズを用いて拡大するバローレンズ法といった撮影方法を試した。(図1)

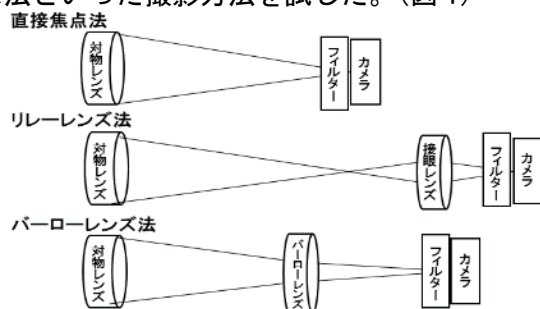
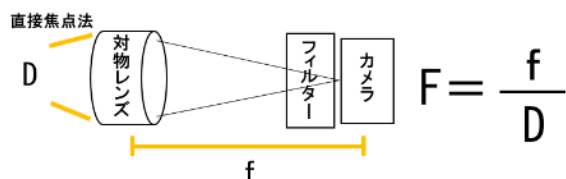


図1. 撮影方法

また、カメラはモノクロカメラを使用しL、R、G、B フィルターを通して撮影した。この時に各撮影機材のF値（合成F値）を計算した。私たちは、F値が大きいほどより大きく綺麗な画像が得られると考えた。(図2)



f・・・対物レンズの焦点距離(mm) D・・・対物レンズの直径(mm)

図2. F値の求め方

画像処理にはRegiStaxを使用し、カラー合成にはステライメージを使用した。

結果 処理後の各画像を比べた結果、高橋製μ-180 反射望遠鏡を用いリレーレンズ法での撮影が最適だということが分かった。(図3, 4)



図3. μ-180 と撮影機材



図4. 撮影機材の拡大図

また、L、R、G、B、それぞれの画像を比較することで、木星の模様の特徴の違いを見つけることができた。最も綺麗な画像を見ると、フェストーンや後方攪乱、白斑、南赤道縞にSTBZと呼ばれる白い縞などが確認することができた。(図5)

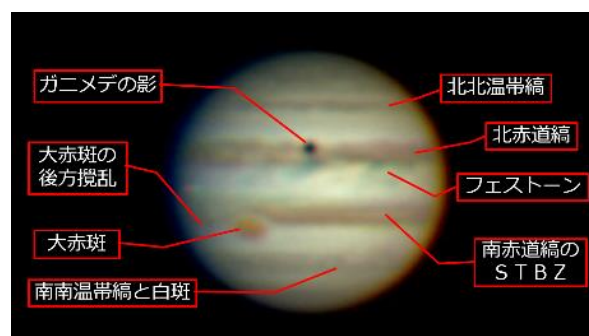


図5. 最も綺麗な画像

また、F値が大きいほど綺麗であると考えていたが実際は25より少し大きい程度に設定すると綺麗な画像が得られるということが分かった。

3. 研究 2

目的 研究1で「綺麗な画像」と評価した際に、

評価が主観的であった。客観的に評価するために
独自で決めた尺度より木星の綺麗な画像の定義を
決める。

方法 初めに、処理後の画像の中央に線を引き、
すばる画像処理ソフト「マカリ」を用いて、輝度
変化のグラフを作成する。木星の三本の縞の部分
に明暗の角度を決めた後、角度の大きさや輝度差
を求めた。そして、角度①、②、③の平均と輝度
差を数値化したものの平均を評価の値とした。(図
6)

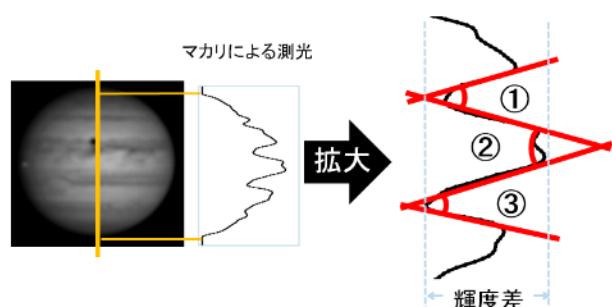


図 6. 画像の評価方法

結果 20 枚の画像を評価した結果「綺麗な画像」
は明暗の角度が 35° 以下、輝度差が 8000 以上で
あると定義した。

4. 研究 3

目的 木星の自転周期である 10 時間分の画像を
用いて展開図を作成する。

方法 はじめに WinJUPOS という天体画像の測定
ソフトを用いて、1 枚の木星画像から 1 枚の展開
図を作成する。(図 7)

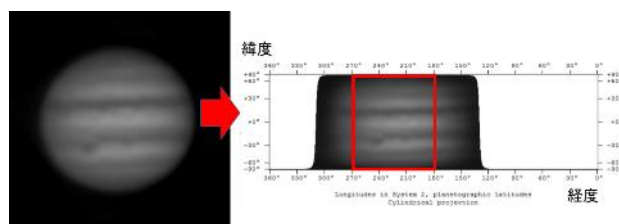


図 7. 1 枚の展開図を作成

その後、画像処理ソフトを用いて展開図から木星
中央の経度 30° 分を取り出す。この処理を 10 時
間分全ての画像に行い、それらの経度をあわせて
貼り付け一枚の展開図を作成する。(図 8)

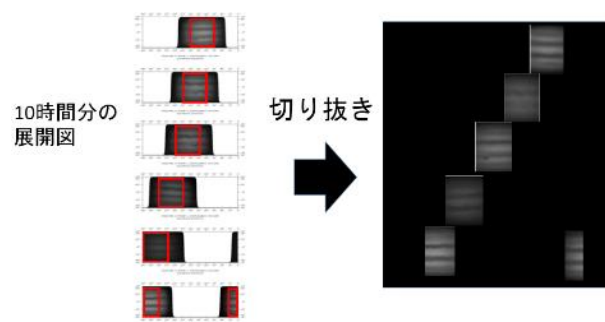


図 8. 切抜き作業

結果 今までには南赤道縞と北赤道縞しか見えな
かったが、今回は南南温帯縞や北北温帯縞まで確認
することができた。(図 9)

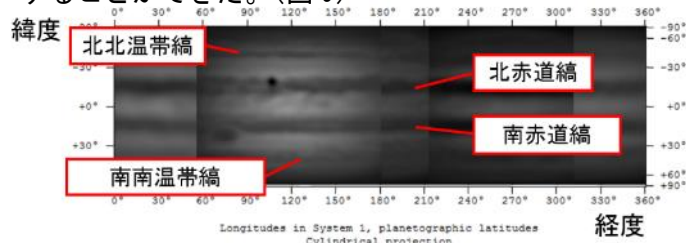


図 9. 完成した展開図

他にも 2 通りの方法を試みたが先ほど記載した方
法が最適だった。

5. 結論

①今回の研究から、惑星の撮影に最適な方法は、
焦点距離の長い反射望遠鏡を用いてリレーレンズ
法で撮影する。

②展開図の作成は Winjupos と画像処理ソフトを
用いた方法が最適であるとわかった。

6. 今後の課題

①より綺麗な画像を撮影するために結露対策など
の工夫をすること。

②木星を継続して撮影することで、木星の縞の変
化や大赤班や白斑など大気の動きを調べること。

③R 画像や IR 画像を調べることで更に木星の様
子の特徴を調べていきたい。

7. 謝辞・参考文献

月惑星研究会関西支部

安達様、熊森様をはじめとする皆様

天文年鑑 2015 年版、2016 年版

～天文年鑑編集委員会編～ 誠文堂新光社

白亜紀後期の兵庫県中南部の形成過程（第2報）

兵庫県立西脇高等学校 地学部

3年：臼井滉平・竹本周・田中愛子・福島茄奈・北條健太 2年：石井紗智・大城戸琢生・岡本恒輝・奥田真奈・久保宏斗・戸田亮河・斎藤龍生・坂本光太・篠田睦生・田中朱音・中橋徹・村上智

1. はじめに

筆者らの中には、本校周辺地域に毎年起こる加古川の水害で浸水被害を受けた部員が複数いる。昨年度、水害の原因を明らかにするために、東西20km、南北18kmにわたる西脇地域の地質調査を行い、85試料を採取して分析し、詳細な地質図を作成して兵庫県南部の形成過程を考察した（兵庫県立西脇高等学校地学部, 2014）。西脇市の洪水の原因となっている岩石分布を明らかにし、地域行政と共同で地域の防災に役立てている。

その後も継続して研究を続けていた筆者らは、凝灰岩の包有岩片を観察していて、昨年度発表した考察の誤りに気づいた。そこで、兵庫県を南北方向に日本海から瀬戸内海まで縦断して地質調査を行い、試料を採取して観察するほか、すべての鉱物組成、帯磁率、化学組成の分析を行った。

2. 昨年の成果に疑問をもった「きっかけ」

あらためて露頭に足を運びよく観察すると、加西市を境にして、南から北へ流紋岩から石英安山岩へ基質や包有岩片が次第に変化することに気づいた。これまで流紋岩質凝灰岩に流紋岩片が包有されるのみだと考えて噴火1回のモデルを作成していたが、この事実は、基質と岩片は別の起源で、複数回のマグマ活動があったことを示唆していた。

そこで、改めて研究を始めた。①兵庫県を160kmにわたって南北に縦断して露頭調査を行い、兵庫県中南部の形成過程を考察し直す。②146個すべての試料の薄片を作成して偏光顕微鏡で観察し、モード組成、帯磁率、化学組成分析を行う。兵庫県に広く分布する凝灰岩は、地域ごとに個性的な特徴があり、指標として調査をすることで白亜紀後期の兵庫県中南部の形成過程を推定できる。

3. 露頭調査と岩石記載

図中⑦は昨年度の研究で報告した地域である。今回の研究地域では、④～⑤丹波市と⑥西脇市黒田庄町が凝灰岩の性質が大きく変化する重要な地域である。凝灰岩のモード組成、帯磁率、化学組成は地域ごとにばらつきがみられるほか、同じ地域内でもばらつきがみられる。とくに、これまで単一のマグマ活動で形成されたと考えていた兵庫



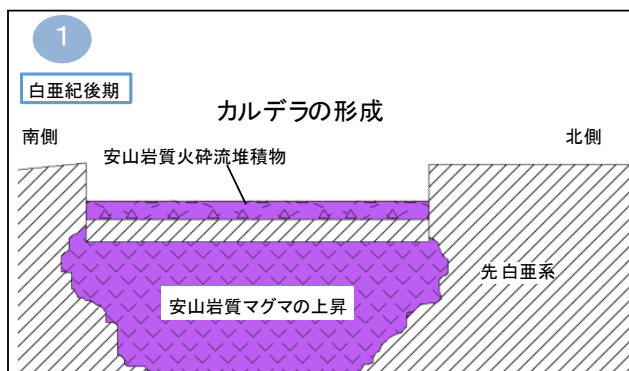
試料採取地点	泥岩片	包有岩片	岩相	溶結
1 豊岡市赤石	×	石英安山岩片	安山岩～玄武岩	×
2 豊岡市出石町	○	石英安山岩片	安山岩	×
3 朝来市和田山町	○	石英安山岩片	安山岩	強
4 丹波市青垣町	×	石英安山岩片	安山岩	強
5 丹波市山南町一氷上町	○	石英安山岩片	流紋岩～安山岩	強
6 西脇市黒田庄町	○	石英安山岩片	流紋岩	強
7 西脇市野村町	○	流紋岩～石英安山岩片	流紋岩	強
8 加西市北条町	○	流紋岩～石英安山岩片	流紋岩	弱
9 三木市鳥町	○	流紋岩片	流紋岩	弱
10 加古川市東神吉町	○	流紋岩片	流紋岩	×
11 加古川市加古川町	○	流紋岩片	流紋岩	×
12 高砂市米田町	○	流紋岩片	流紋岩	×
13 南あわじ市南淡町	○	流紋岩片	流紋岩	×

県中南部に広く分布する凝灰岩でばらついていることは注目すべきである。

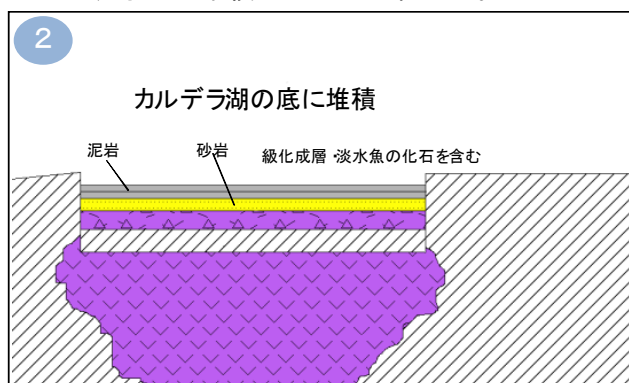
4. 兵庫県中南部の白亜紀後期の形成過程

（本校を通り兵庫県を南北に縦断する断面図）

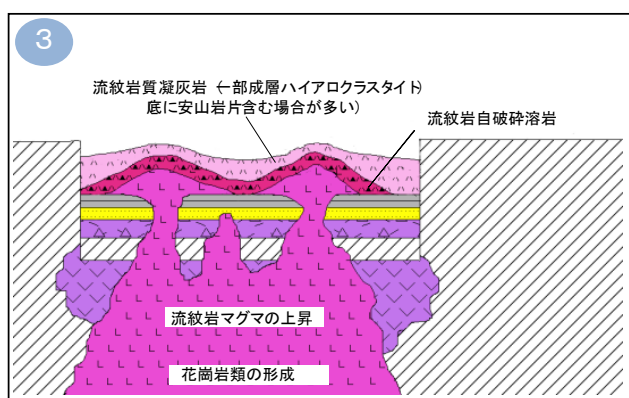
①白亜紀後期に石英安山岩マグマが兵庫県南部に上昇、火砕流が大量に流れ出しカルデラ湖を形成。カルデラ湖の北端は現在の西脇市野村町にある。境界部には断層が多くみられる。その後、湖底に石英安山岩質の火砕流堆積物が堆積した。



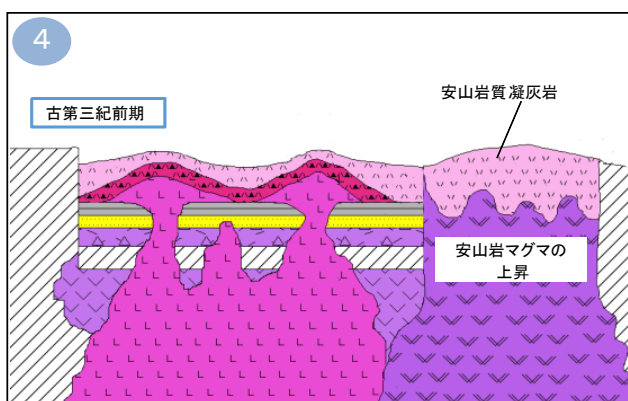
②水底に砂岩泥岩互層が堆積する。砂岩—泥岩は淡水魚の化石を含んでおり、また級化成層を呈するため、水底で堆積したことがわかる。



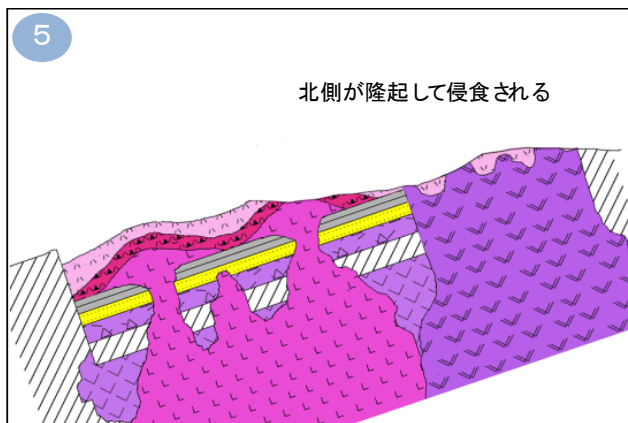
③安山岩片や砂岩泥岩の角礫を巻きこみながら流紋岩質マグマが複数回上昇した。同一地域内の凝灰岩でも、モード組成、帯磁率、化学組成がばらつくことが示唆する。流紋岩溶岩が自破碎構造を呈することや、流紋岩質凝灰岩が成層ハイアロクラスタイトをなすことから、カルデラ湖底で噴出堆積したと考えられる。下部の凝灰岩は粗粒の角礫凝灰岩であり、熱でさまざまな程度に溶結した。



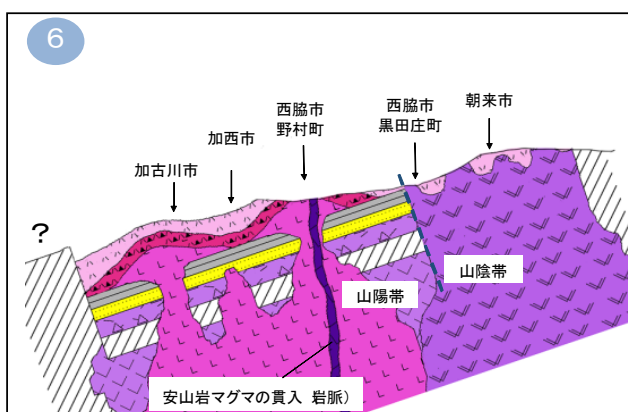
④古第三紀前期には、マグマ活動の場が兵庫県北部に移動した（先山, 2005）。カルデラ湖の外縁が山陽帯と山陰帯の境界部付近にあり、西脇市以北の凝灰岩が全て安山岩片を包有することから、カルデラの外縁に沿って安山岩マグマが上昇した。



⑤西脇市以北の安山岩の流離構造が凝灰岩とともに南西方向に傾斜しており、貫入後兵庫県北側が相対的に隆起して表層が削剥された。西脇市付近では下位の強溶結凝灰岩が露出し、南部では上位の細粒凝灰岩が残されている。



⑥石英安山岩マグマが貫入した。石英安山岩は③で示した流紋岩質凝灰岩に包有されている石英安山岩と帯磁率が異なる。西脇市周辺に見られる石英安山岩には水平方向の流理構造が見られるため、北側の隆起削剥の後貫入したことがわかる。



9. 今後の課題～現在おこなっている研究

山陽帯と山陰帯のマグマの成因と兵庫県全体の形成過程との関係の解明に向けて、現在も精力的に基礎研究を続けている。

引用文献：兵庫県立西脇高等学校地学部（2014）本校が立地する兵庫県中部～南部地域の基盤岩の形成過程（未来の科学者との対話 13）

先山徹（2005）近畿地方西部～中国地方東部における白亜紀～古第三紀の帯磁率（人と自然, No. 15）

【ポスター（パネル）発表・メモ】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

【ポスター番号： 】

ゲル法を用いた結晶作成

滋賀県立彦根東高等学校 SS部化学班
2年 大澤暉, 宇佐美正成, 田中輝,
相馬龍斗, 西山大稀, 三原晃平

1. 動機及び目的

薬の開発において、結晶を用いた化合物の構造解析は必要不可欠であり、そのためには解析に見合うきれいな結晶を得ることが重要となる。

結晶作成の手段として、再結晶法がよく知られているが、再結晶法では温度による溶解度の差が小さい物質、水に溶けにくい物質などの結晶作成は難しいという課題がある。

そこで、私たちは他の結晶作成の方法としてゲル法に注目し、研究を始めた。

2. 方法

ゲル法とはゲル中で結晶の生成反応を起こし、結晶作成を行う方法である。試験管中に化合物 B を混ぜたゲル (B 液) を作成し、ゲルが固まった後、ゲル上部から化合物 A の水溶液 (A 液) を添加して数日静置する。ゲル中に A 液が浸透し、B と反応することで、化合物 AB の結晶がゲル内に生成される。

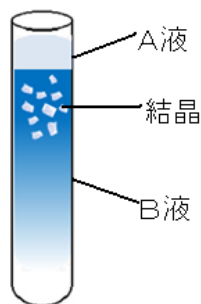


図1 ゲル法の様子

以下にゲル法の利点をあげる。

- ・ 反応がゆるやかに進行するため、溶液同士の反応では作成しにくい化合物も結晶化できる。
- ・ ゆっくり結晶化が進むため、きれいな結晶が得られやすい。
- ・ 固形のゲルを扱うため実験時の条件を変更しやすい。

3. 実験結果と考察

ゲル法による結晶作成について調べることを目的に3つの実験を行った。

実験 I ゲルおよびゲル化の検討

【目的】

ゲル法には、ゲル中を溶液がゆっくりと侵入することが必要であり、ゲルの材料検討を行った。また、pH や温度がゲル化に与える影響について調べた。

① 材料検討

【材料】 寒天(くらしモア製)、ケイ酸 H_2SiO_3
(ケイ酸のゲル化: $\text{Na}_2\text{SiO}_3 + \text{酸} \rightarrow \text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{塩}$)

【方法】 それぞれのゲルを作成後に、着色水を添加し観察した。

【結果と考察】(一日後)

添加翌日、寒天では着色水がゲル下部にまで達していた。一方、ケイ酸は着色水がゲル上部にのみ侵入しており、寒天よりもケイ酸の方がゲルの構造が細かいと考えられた。よって、今後はケイ酸のゲルを使用することとした。

② pH・温度の影響

【方法】

ケイ酸のゲルに対して、pH や温度を調整し、ゲル化までにかかる時間、ゲルの硬さ、ゲルの外観を調べた。

○pH 調整 … 1M 塩酸、酢酸、 NH_3aq 、 NaOH_{aq} を用いてそれぞれ調整した。

○温度…恒温機を用いて 40°C 、 80°C の一定温度下でゲル化させた。

○硬さ測定

… 圧力測定器(図2)を用いて、ゲル中を測定棒が沈む様子を観察し、始点と終点の目盛から沈度を測定した。(図3)硬いゲルほど沈度は小さいと考えられる。



図2

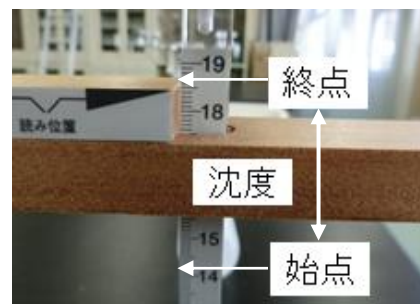
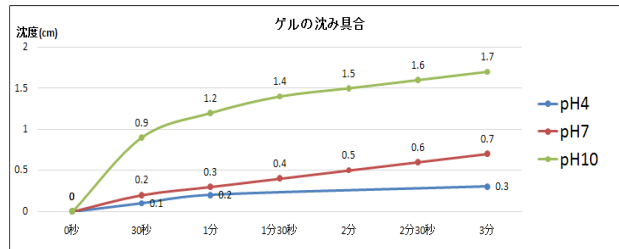


図3

【結果】

pH	2	3	4	5	6	7	8	9	10
時間	—	>1week	54h	10h	2h	33min	3min	8min	14min
外観	透明	← 白濁 →							白濁

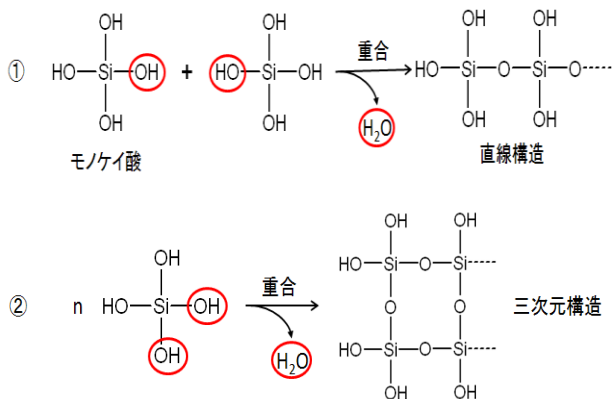


ゲル化にかかる時間は pH8 を最短とし pH が高いほど短くなった。ゲルの外観は pH が高いほど白濁した。pH が高いほどゲルは軟らかく、pH が低いほど硬くなった。温度によるゲル化までの時間やゲルの硬さへの影響はみられなかった。

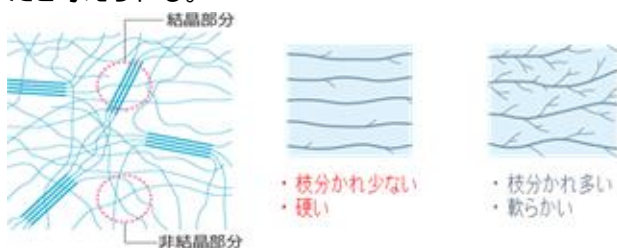
【考察】

pHによりゲルの性質が変わることについて次のように考えた。

ゲルは酸性条件下では反応が抑制され、①の反応による直線構造が多くなるためゲル化までの時間が長くなる。塩基性条件下では反応が促進され、②反応による三次元構造が多くなるためゲル化までの時間が短くなる。



ゲルは高分子同様に下図のような結晶部分と非結晶部分を持つ構造であると考えられる。酸性条件下では枝分かれが少ない直線構造が多いためゲルは透明で、結晶部分が多い構造のため硬くなり、一方、塩基性条件下では枝分かれが多いためゲルは白濁し、結晶部分が少ない構造のため柔らかくなったと考えられる。



実験Ⅱ ゲル法の条件検討

【目的】 pHが結晶化に及ぼす影響を調べる。

【内容】 pHの異なるゲルを用いて酒石酸カルシウムの結晶を作成し、比較する。

【結果】

pH	2	3	4	7	9
様子					
結晶					
大きさ	大				小
透明度	高				低

pHが低いほど大きく、透明度の高い結晶が得られた。

【考察】

酸性条件下では、目の細かい構造のゲルができ

るため結晶が成長しやすく、不純物を含みにくくなりその結果、大きく、透明度の高い結晶ができたと考えられる。

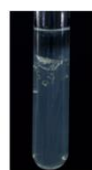
一方、塩基性条件下では、目の粗い構造のゲルができるため、結晶が成長しにくく、不純物を含みやすくなりその結果、小さく、透明度の低い結晶ができたと考えられる。

実験Ⅲ ゲル法を用いた様々な結晶作成

【内容】

酒石酸の混じったゲルを作成し、添加液として塩化カルシウム、硫酸銅、硝酸ストロンチウムの水溶液をそれぞれ添加し、結晶を作成した。

【結果】



酒石酸カルシウムの結晶



酒石酸銅の結晶



酒石酸ストロンチウムの結晶

酒石酸化合物のそれぞれの結晶を得た。これらの結晶は再結晶法では得にくいことを確認しており、これよりゲル法の利点が活かされたといえる。

4.まとめ

私たちはケイ酸を用いたゲル法について研究を行い。その最適条件を検討した。その結果、酸性条件下では、枝分かれが少なく、目の細かい構造を持つ、透明な硬いゲルができた。また、生成する結晶は大きく、不純物が少なく透明度の高い結晶ができた。

一方、塩基性条件下では、枝分かれが多く、目の粗い構造を持つ、白濁した軟らかいゲルができた。また、生成する結晶は小さく、不純物が多い透明度の低い結晶ができた。

5.今後の課題

- 添加する溶液を変えて様々な結晶を作成する。
- 2種類以上の物質を含む結晶を作成する。
- 実験のデータや評価法の信頼性を向上させる。

6.参考文献

- ・教科書 化学, 東京書籍(2013)
- ・平山令名著, 「結晶とはなにか」, 講談社(2014)
- ・H.K.ヘニッシュ著, 中田一郎, 中田公子 共訳, 「結晶成長とゲル法」, コロナ社(1972)

プラナリアの食性と行動

滋賀県立彦根東高等学校 SS 部生物班
2 年 星野 遼 横田 一紗
渡辺 のどか

1. 研究の動機

本校では、2011 年より、県内外のプラナリア（ナミウズムシ）の COI 遺伝子の変異に基づく分布に関する研究をおこなってきた。その中で、一般的にレバーはプラナリア採取に良い餌とされているにもかかわらず、本校で飼育しているプラナリア（ナミウズムシ）があまり食べないような印象を持ち、プラナリアの食性についての研究をおこなった。以後ナミウズムシをプラナリアと表記する。



図 1 ナミウズムシ

2. 目的

昨年度の研究では、「プラナリアは餌としてアカムシは好むが、レバーはあまり好まない。でも、空腹なら食べる。」という結果が出ていた。その後、専門家の方から、「餌選択実験には実験生物が、空腹かどうかが大きな影響をおよぼす」というアドバイスをいただいたので、餌を与えてからの日数による、餌に対する誘引の変化を調べた。

3. 実験材料と方法

(1) ナミウズムシの系統

今回は、実験個体の遺伝的な差異をなくすために、兵庫県立大学で作製された H I という単一の飼育系統を使用した。

(2) [実験 I] 餌に対する誘引実験

① 実験装置

図 2 のように、24cm の箸箱を使い、その中心にプラナリアを置く。そして餌をプラナリアから 12cm 離れた一方の端に置き、餌のある方向を＋としてプラナリアの移動距離を測定した。プラナリアが、餌の近くに移動すれば、餌に誘引されたと考えた。プラナリアには負の光走性があるため、容器に段ボールを被せ、部屋の照明を消すことで、暗黒下にして実験を実施した。

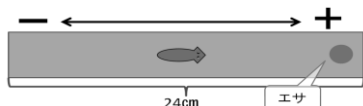


図 2 実験装置

② 餌の学習について

[実験 I] では、餌に対する学習効果も検証するため、H I 系統を 3 つの個体群に分け、それぞれ、レバー、アカムシ、アユを用いて、1 ヶ月以上連続飼育を行った後に [実験 I] をおこなった。

③ 飼育餌と誘引餌の組合せ

上記の 3 種の餌で飼育した個体群それぞれに、レバー・アカムシ・アユの 3 種の餌で、餌による誘引実験を行った。これにより、9 パターンの飼育餌・誘引餌の組み合わせができる（図 3）。誘引実験時間は 5 分である。実験は、餌を最後に十分に与えた日を 0 日目として、1・3・5・7 日目に実施し、プラナリアを空腹にした期間が、実験結果に与える影響も調べた。実験に利用した個体はそれぞれ別の個体である。

飼育時の餌	実験で誘引する餌
アユ	アユ
	レバー
	アカムシ
レバー	アユ
	レバー
	アカムシ
アカムシ	アユ
	レバー
	アカムシ

図 3 餌の組合せ

(3) [実験 II] 光による走性実験

① 実験装置

24cm の箸箱を使い、その一方の端にプラナリアを置く。そしてプラナリアを置いた側に光を当て、そこから 20cm のところに陰をつくり、負の光走性により、陰に到着するまでの時間を測定した。

② 実験方法

今回の実験では、アカムシ飼育したもののみを使用した。また、餌を与えた日を 0 日目として、1・3・5 日目に実験を行った。負の光走性を利用し、空腹による運動能力の変化を調べた。

4. 実験結果

(1) レバーは比較的好む餌

それぞれの実験 I について、12 個体以上実験を行った。その結果の平均値を次ページ図 4 にグラフとして掲載する。程度の差はあるが、飼育時の餌が何であったかにかかわらず、空腹期間が 5 日経過以降、レバー・アカムシには誘引され、比較的好む餌と思われる。アユはあまり好まないようだ。本校の過去の研究で「レバーはあまり好まない」ように見えたのは、プラナリアの餌やり後から実験までの日数をあまり顧慮していなかった

ため、個体の空腹状況が結果に影響したのではないと思われる。

(2) アカムシ餌は早く空腹になる？

図4の各グラフで、アカムシを餌にして誘引したものを比較すると、5日目以降、アカムシを餌で飼育した場合が、最も空腹による誘引効果が高いようだ。このことは、プラナリアはアカムシを餌として好むが、何らかの原因でアカムシは早く空腹になることを示していると思われる。

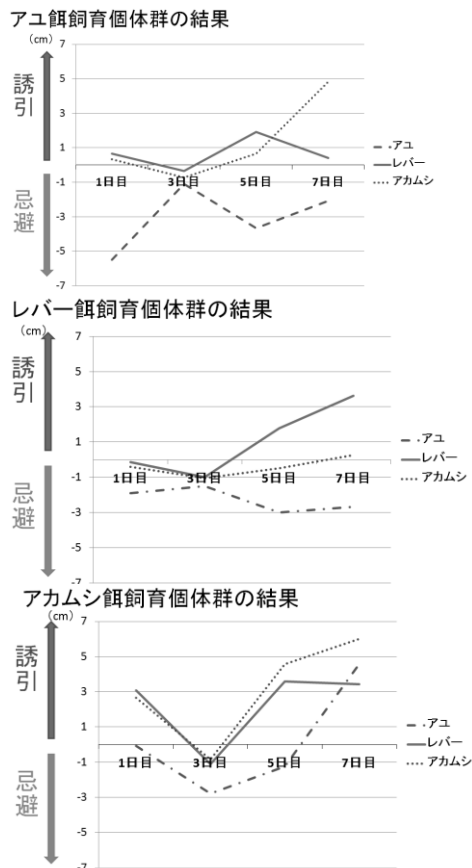


図4 実験Ⅰ結果

(3) 空腹になっても運動能力は変わらない

実験Ⅱについて、実験Ⅰと同じく12個体以上実験を行った。その結果、1・3・5日目において陰への到達時間にほとんど変化がなく、空腹でも運動能力は変わらないと思われる。

5. 考察

(1) 空腹の誘引に与える影響について

どの場合も、グラフは右上がりとなり、餌やりから時間がたつほど、つまり空腹になればなるほど、餌に強く誘引されるようだ。

(2) アカムシについて

結果の(2)より、プラナリアはアカムシを好む

が、アカムシはプラナリアにとって栄養価が低い餌なのではないかと考えられる。このことは本校で、レバーとアカムシを餌として連続飼育した場合、餌としてレバーを与えた方が、アカムシを与えた場合より増殖しやすいことと一致している。

(3) 餌の学習効果について

図4のグラフより、レバーで飼育した個体群はレバーに、アカムシで飼育した個体群はアカムシに、より強く誘引されるようだ。このことは、それぞれの食べていた餌を学習し、飼育時に食べていた餌に、より強く誘引された結果と考えられる。つまり、プラナリアには餌を学習する能力があると言える。

(4) 餌やり後3日目までの結果について

上記グラフは、えさやり後1日目(空腹期間1日)の方が、えさやり後3日目(空腹期間3日)よりも強く誘引される傾向があるように見え、空腹になればなるほど餌に誘引されるという本研究の考察に対して、矛盾する傾向がある。このことについては、実験Ⅱより1日～5日目の運動能力に変化がないことから、餌への感覚や反応の様子に変化が生じるのではないかと考えている。例えば、「空腹で餌に誘引される状態」と「満腹で消化に専念し誘引されない状態」の2つ行動形態があり、その切り替えに1日以上かかるというようなことである。食事しても、何らかの原因で、1日程度は「空腹・餌探索」状態から「満腹・消化専念」状態に切り替わらないため、食後1日目はまだ餌に誘引されるが、3日目には消化に専念するために、餌を食べなくなり、5日目くらいから、消化吸収が完了しはじめ、また餌に誘引されるようになるのではないかと考えている。

6. 今後の課題

各実験で12個体以上実験を繰り返しているが、統計処理をして、実験結果が有意であるか検討するべきであると考えている。場合によってはもっと試行数を増やす必要があるかもしれない。また、考察(4)の検証のためには、各餌について、えさやり後すぐなど、細かくデータをとる必要があると思われる。そして、7日以上空腹状態にしてみると、またおもしろい結果がでるかもしれない。

今回は3種の餌のみで調べたが、自然界にはもっとプラナリアの好む餌があるかもしれない。それを探すことも興味深いと考えている。

米原高校周辺に生息する
カスミサンショウウオについて

滋賀県立米原高等学校 生物部
2年 安居 稜真 北川 竜揮
林 大輔 橘 佑輔
1年 北川 彩乃

1. 動機及び目的

数年前から継続してカスミサンショウウオについての研究を続けてきた。飼育観察を行ううちに胚は複数の膜に包まれており、1つが死亡しても卵のう内に影響を与えないことに気づいた。また、卵のう膜は、常温水中で放置しても1年間残っているため「膜」についてより詳しく知りたいと考えたため今回の実験を行った。

2. 実験1 温度と膜の有無による発生の違い

(1) 方法

卵のう膜の有無や温度の違いが幼生の成長に与える影響を調べるため、胚を包む膜と卵全体を包む膜の有無と9個の実験区を設置した。

卵は処理を行った後1日ごとに体長を測定した。

表1 実験区の種類

卵条件/ 温度	未処理	卵のう膜除去	卵包膜除去
5℃	卵のう膜付5	卵包付5	胚のみ5
10℃	卵のう膜付10	卵包付10	胚のみ10
15℃	卵のう膜付15	卵包付15	胚のみ15

(2) 結果と考察

表2 経過日数と体長の関係



表2より、実験開始から30日までは卵の膜の条件に左右されず、15℃、10℃、5℃と、温度が高い順に成長し、最終的には卵膜の有無より水温の影響が多いことがグラフから読み取れる。



(図1) 胚のみ 10 (図2) 卵包付 10 (図3) 卵のう膜付 10

しかし、図1～図3のようにグラフ上の体長のデータに表れない成長の差が見られた。3枚の写真からわかるように同じ温度条件の中で胚のみの個体は他の個体に比べ、外鰓(呼吸のための器官)の発達に差が見られる。胚のみの個体は卵包膜付きの個体や卵のう膜付きの個体にくらべて明らかに外鰓が小さい。外鰓の発達不足が影響したのか、実験終了時において胚のみの個体の生存数はそうでない個体に比べて少なかった。また表3より、どの膜条件においても15℃で、最終的な生存数が少なかったのは、カスミサンショウウオが冬から早春に産卵するため、初期発生条件としては、暑すぎたせいと考えられる。地球温暖化による影響を受けやすい生物かもしれない

表3 条件ごとの生存数

匹数	胚のみ	卵包膜付き	卵のう膜付き
5℃	7	19	22
10℃	7	17	10
15℃	×	3	1

以上の実験1の結果より、卵包膜や卵のう膜について次のような仮説を立てた。

- これらの膜は胚を物理的に動けなくすることで胚の器官が十分に成長し、膜の制限を突破できる程度まで孵化を制限している。

- これらの膜、もしくは膜の中身に外鰓などの器官の発達に必要な成分が含まれている。

しかしながら、これらの仮説についての実験は、難しいと考えている。

3. 実験2 卵のう膜の成分

(1) 方法

小さく切った卵のう膜とタンパク質分解酵素を含む液体をシャーレに入れ、40℃インキュベータに静置する。その後1日目と5日目に目視による観察を行う。比較のため同じ両生類で産卵時期、

場所の同じカエルの卵のう膜を使用した。

(2) 結果と考察



図4 目視による観察

5日目のカスミサンショウウオの卵のう膜をピンセットで触ると1日目に比べ、破れやすくなっていた。2015年3月に採取した卵のう膜については色が薄くなっていた。カエルの卵のう膜は5日目には分解されて、ピンセットではつまめなかった。

観察の結果より、卵のう膜にはタンパク質が含まれていて、それがタンパク質分解酵素によって分解されたことによって1日目と比べて5日目のものは破れやすくなったと考えられる。また、カエルの卵のう膜はカスミサンショウウオの卵のう膜と比べてタンパク質の含有量が多かったために分解されたのではないかと考える。

しかし、使用したタンパク質分解酵素が全てのタンパク質を分解できるわけではないため、タンパク質の種類の違いによって起こった差だという可能性を否定することができない。

4. 実験3 キサントプロテイン反応による確認

(1) 方法

卵のう膜をすりつぶし、すりつぶした膜と純水を試験管に入れ濃硝酸を0.5ml入れる。それを沸騰するまで観察した後、流水で冷やし6mol/Lのアモンニアを2ml入れて反応を観察する。

(2) 結果と考察

カスミサンショウウオの卵のう膜が黄色～橙色に変化した。なお、カエルの卵のう膜でも黄色に変化した。ただし膜の分解が進んでいたため正確な結果とはいえない。

この実験の結果より、卵のう膜にタンパク質が

含まれていることが分かった。キサントプロテイン反応ではベンゼン環を持ったチロシンやトリプトファンといったアミノ酸が含まれると考えられる。

しかしこの実験ではカスミサンショウウオの卵のう膜は水中で1年たっても保存できるがカエルは保存できないことの説明がつかないため、不溶性タンパク質の代表格であるケラチンに注目して実験を行うことにした。

5. 実験4 燃焼による確認

(1) 方法

乾燥させた卵のう膜を燃焼させ、においを確認する。比較として髪の毛も燃焼させる。なお、ケラチンを燃焼させると硫黄臭が発生する。

(2) 結果と考察

燃焼させた卵のう膜は硫黄臭が発生した。また、髪の毛の場合も同じようなにおいが発生した。

この結果から、カスミサンショウウオの卵のう膜には不溶性タンパク質であるケラチンが含まれていることがわかった。しかしカエルの膜は『完全に分解されていた』ため実験にしようできなかったが、『完全に分解されていた』ことからケラチンは存在していないと考えられる。

6. 反省と課題

実験1について

幼生の成長の差異には温度が大きくかかわっている事が分かったが産卵直後の卵のうを発見することが難しく、再度実験はできていない。今後、頻繁に観察に行き同じ実験を行いたい。

実験2, 3, 4について

カエルの卵のう膜のケラチンの有無を明確にする。また、カエルだけではなく他の生物の卵のう膜でも比較する。

大川における底質を中心とした水環境について

立命館守山高等学校 サイテック部
3年 小西祥太
2年 杉浦快, 前川銀太郎

1. 動機及び目的

滋賀県守山市北部の準用河川大川は、もともと野洲川の南流であったが 1979 年に改修工事が終わり、現在は水深の浅い、細長い池のような状態になっている。本校サイテック部は地域住民の取り組みと連携して、この大川で水質浄化を試みたり、景観の美化を試みたり様々な活動を行ってきた。

これまでの活動を通して、大川はリンや窒素などの富栄養化にかかわるイオンの濃度は少なく、特に問題のないレベルであるが、川底にヘドロが多く、溶存酸素が少ないことが課題として明らかになってきた。そして、この問題を解決するために、地元自治会、守山市をはじめとする関係諸団体が連携して、2017 年度以降に、大川へ農業用水の導水が計画されるようになった。

そこで、導水前後で水環境にどのような違いが生じるかを判断できるように、大川の底質の環境を分析することにした。大川で問題となっている溶存酸素量やヘドロは底質ときわめて関わりが深く、導水前後で底質の環境が大きく変化することが予想されるからである。

そこで、大川の特徴ある 3 地点（図 1）を調査地点とし、それぞれの環境の特徴から底質近くの溶存酸素、酸化還元電位および、底質中の硫化物量、生物相について仮説を立てて調査することとした。（表 1）



図 1 大川の調査地点

	源流	上流	下流
環境の特徴	ヘドロが堆積し、基本的に嫌氣的		
	周囲にヨシ帯	底泥から気泡発生	川幅が広く川底砂多し
溶存酸素	比較的多い	少ない	比較的多い
酸化還元電位	比較的高い	低い	比較的高い
硫化物量	少ない	多い	少ない
底泥中の生物	ミミズ類 ユスリカ類	ミミズ類 のみ	ミミズ類 ユスリカ類

表 1 調査地点の特徴と仮説

なお、酸化還元電位とはその調査地点が酸化的

な環境にあるか、還元的環境にあるかを示すもので正の値であれば酸化的な環境、負の値であれば還元的な環境である。たとえば、酸化還元電位が +400～+500mV で硝化 ($\text{HN}_4^+ \rightarrow \text{NO}_3^-$) が起こり、0～-200mV で硫酸還元 ($\text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{H}_2\text{S}$) が生じ、さらに低くなるとメタン生成 ($\text{CO}_2 \rightarrow \text{CH}_4$) が起こるとされる。

また、硫化物量は嫌氣的な環境では、鉄イオンは 3 価から 2 価になり、硫酸イオンは硫化物イオンになり、底泥中に硫化鉄(Ⅱ)が増える傾向にある。

2. 方法

溶存酸素と酸化還元電位は多項目水質計で測定した。硫化物量はヘドロテックと気体検知管を用いて、底泥中の硫化物に濃硫酸を反応させて発生した硫化水素の質量から求めた。底泥の生物は長柄杓 2 杯分 (3.6L) の底泥中に生息する生物を、目開き 2mm および 0.5mm のふるいで採取し、個体数を調べた。なお、調査日は 4 月 29 日である。

3. 結果と考察

調査の結果、下表 2 のデータを得た。

	溶存酸素 (mg/L)	酸化還元電位 (mV)	硫化物量 (mg/g)	底生生物 (3.6L 中)	
				ユスリカ類	ミミズ類
源流	2.45	-65	0.094	29	131
上流	4.00	-65	0.71	1	45
下流	5.40	151	0.25	0	36

表 2 調査結果

①溶存酸素について

仮説では源流の溶存酸素が多いと予想したが、結果は 3 地点で一番少なく、逆に、溶存酸素が一番少ないという仮説だった上流が予想以上に多かった。

これは源流と上流の間に砂防ダム状の構造物があり、水がそこを流れ落ちる際に酸素を含むためだと考えられる。

②硫化物量と底泥の生物の個体数の相関について

源流の硫化物量は他の 2 地点に比べ低い。これは、他の地点ではほとんどいなかったユスリカ類の幼虫が源流には多く生息していたことが原因だと考えられる。ユスリカは図 2 のように底泥の硫

化物を多く含む還元層に酸素を供給することが知られており、還元層の硫化物が酸化され、全体の硫化物量が少なくなったのだと考えられる。

③溶存酸素と底泥の生物の個体数の相関について

源流は溶存酸素が少ないにもかかわらず生物の個体数が多く、下流は溶存酸素が多いにもかかわらず生物の個体数が少なく仮説と異なる結果となった。これは溶存酸素を測定した地点と底泥の生物を採集した地点が5メートル程度ずれていたことがわかり、その程度のわずかな位置の違いでも、底質の状況が異なっていることが想定され、その違いによるものではないかと考えられる。

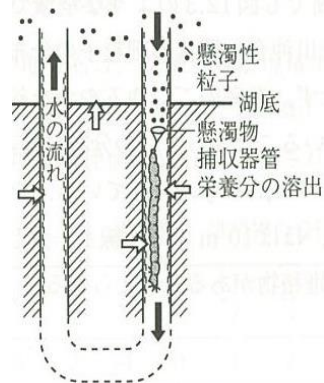


図2 底泥とユスリカ幼虫

4. 反省と課題

今後の調査はこれらの考察を検証するために以下の取り組みを行いたい。

一つ目は、源流と上流の間に実際に落差があり、その前後で溶存酸素量がどれくらい異なるのかを調べることである。二つ目は、源流と下流、それぞれ同じ地点で溶存酸素の測定と底泥の生物の採集をして検証することである。

そして、溶存酸素については水中のクロロフィルa量も測定するとともに、上流では実際に底泥からガスが発生していたので、硫化水素の濃度を調査し、光合成細菌による溶存酸素への影響も検証していきたい。

参考文献

- 1) 榎 佳之・平石 明/編、理工系学生のための生命科学・環境科学、東京化学同人(2011)
- 2) 西條 八束、三田村 緒佐武/著、新編 湖沼調査法、講談社(2009)

四つ葉のクローバーの発生条件

京都府立嵯峨野高等学校 サイエンス部生物班

2 年 城千遥 高野翔子 杉本有紀

1 年 吉田詩穂 犬伏順哉 森田航

【動機・目的】

四つ葉のクローバーの発生には遺伝的要因や外的要因が関わっていることが知られている。遺伝的要因については多くの研究がなされているが、外的要因について定量的に検討された研究は確認されなかった。そこで、本研究では外的要因の中でも踏まれるなどの傷に注目し、四つ葉以上のクローバーの発生条件やその確率について検討することとした。

【予備調査】

屋外に生えているクローバーの中にはどのくらいの確率で四つ葉以上のものがあるのかを調べるために、梅小路公園の様々な場所に計 12 区画を設け、1 区画あたり 400 cm²の範囲にあるクローバーの三つ葉、四つ葉、五つ葉、六つ葉の数を数えた。

【仮説】

人通りが多いと思われる区画では、人通りが少ないと思われる区画より四つ葉以上のクローバーが多く見つかるのではないかと考えた。

【結果】

四つ葉以上のクローバーが見つかった区画はヒトの立入が制限されていない区画であった。一方、ヒトの立入が制限されている区画では三つ葉のクローバーしか見つからなかった。



水族館横の芝生

三つ葉	四つ葉	五つ葉	六つ葉	合計
704	3	1	2	710



木の根元の植え込み

三つ葉	四つ葉	五つ葉	六つ葉	合計
291	0	0	0	291

【考察】

調査対象が屋外に生えているクローバーであるため四つ葉以上になった原因として外的要因に加えて土壌などの環境や遺伝的な違いが考えられる。

そこで、土壌などの環境や遺伝的な違いを取り除くため、人工的にクローバーを育てて実験することとした。

【実験①】

ホワイトクローバー (*Trifolium repens*) をプランターで栽培し、上からレンガを落とすことにより葉を傷つけ、四つ葉以上のクローバーが生える確率を調べた。

【仮説】

レンガによって葉を傷つければ四つ葉以上のクローバーがより多く発生するのではないかと考えた。

【方法】

1. プランター4 つにホワイトクローバーの種 2.0g をまき、1 日 1 回 250ml ずつ水を与えた。
2. 種まきから 2 か月後、クローバーが十分に成長したのを確認し、4 つのプランターのうち 2 つに土の表面の 5 cm 上からレンガを落とした。
3. 対象区のプランターは 1 か月に 1 回、レンガを落とした方のプランターは 2 週間に 1 回、クローバーの数を数えた。



【結果】

対象区のプランターからは三つ葉のクローバーしか発生しなかったが、レンガを落としたプランターからは三つ葉に加え、四つ葉、五つ葉、六つ葉が発生した。

	三つ葉	四つ葉	五つ葉	六つ葉	合計
対象区	6408	0	0	0	6408
レンガを落とした	5766	2	4	2	5774



【考察】

葉を傷つけられることで四つ葉以上のクローバーが発生することが確認された。本実験で出現した四つ葉や五つ葉、六つ葉を観察すると、はじめから生えていたと思われる大きな三枚の小葉よりも上部から小さな四つ目、五つ目、六つ目の小葉が生じている事が確認された。そこで、小葉が生じている部分である葉原基が傷つけられたことで四つ葉以上が生じるのではないかと考えた。

【実験②】

新たに2つのプランターを用意し、クローバーの葉原基を柄つき針で傷つけ、四つ葉以上のクローバーが発生する確率を調べた。

【仮説】

小葉の元である葉原基を直接傷つけると、実験①よりも四つ葉や五つ葉が高い確率で出現するのではないかと考えた。

【結果】

ほぼ全てのクローバーが枯れてしまった。

【考察】

葉原基を強くつきすぎたせいで枯れてしまったと考えられる。

【今後の方針】

- ・栽培しやすくするためにクローバーを脱脂綿上で育てる。
- ・葉原基をつく強さを弱くして再度、実験を行う。

【参考文献】

一般社団法人 日本植物生理学会

四葉のクローバーと突然変異について

https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=2923

ネクシャル・データランド・ファーム・アムラン
クローバー・ハンターズ

<http://www5f.biglobe.ne.jp/~amuran/clhs/clhsf.html>

擬ニュートンポテンシャルを用いた三体問題のシミュレーション

京都市立堀川高等学校 自然科学部
2 年小池なつみ
1 年井上詩乃 門田海

1. 動機及び目的

スペースコロニーを建設する軌道の候補を求め
る方法として、三体問題の特殊解として知られる
ラグランジュ点を利用する方法がある。スペース
コロニーとは宇宙空間に作られた人工の居住地で
あり、地球温暖化、人口の爆発的増加、資源枯渇
などの地球における様々な問題の解決策の 1 つと
して、人間がスペースコロニーに移り住むという
案が挙げられている。

三体問題とは、宇宙に 3 つ天体があるときのそ
れぞれの天体の運動をモデル化したものである。
通常、三体問題はカオスが生じ一般解を出すこと
ができないが、特殊な条件をつけた場合にのみ、

3 体目の物体が安定した軌道を描くことができ
る。3 体目の天体の質量が他の二天体の質量に比
べ無視できるほど小さいという条件下では、3 体
目の天体が特殊な位置にあれば他の 2 天体との相
対位置を変えずにその位置に留まっていることが
できる。このような位置をラグランジュ点といい、
現在、ニュートン力学におけるラグランジュ点は
5 つ発見されている。しかし、ニュートン力学（古
典力学）を用いた三体問題では、一般相対性理論
に基づく空間の歪みを再現することができない。
そこで、ニュートンポテンシャルの式を変形した
擬ニュートンポテンシャルを用いれば、比較的簡
単な式で一般相対論の計算を再現することができる。

本研究ではニュートンポテンシャル、擬ニュー
トンポテンシャル、一般相対論をそれぞれ用いて
三体問題を解き、ラグランジュ点を求め、擬ニュー
トンポテンシャルの一般相対論に対する再現度
を求める。一般相対論における空間の歪みが考慮
されたラグランジュ点を、擬ニュートンポテンシ
ヤルによってより簡単な計算で求めることができ
れば、スペースコロニーの候補をより効率的に求
めることができる。

2. 方法

表計算ソフト Excel を用いて、以下の式を基に
三体問題のシミュレーションを行った。(添え字の
N はニュートン、PN は擬ニュートン、GR は一
般相対論を示す。また、G は万有引力定数、M は
質量、r は初期位置からの距離、c は光速、a は
シュバルツシルト半径を示す。)

■ポテンシャル

$$\psi_N = -\frac{GM}{r}$$

$$\psi_{PN} = -\frac{GM}{r-a}$$

$$\psi_{GR} = c^2 \ln \sqrt{1 - \frac{a}{r}}$$

$$a = \frac{2GM}{c^2}$$

■単位質量あたりの力 F

$$F_N = -\frac{GM}{r^2}$$

$$F_{PN} = -\frac{GM}{(r-a)^2}$$

$$F_{GR} = \frac{GM}{r^2 \sqrt{1 - a/r}}$$

太陽・地球・月の三体における三体問題をニュ
ートンポテンシャル、擬ニュートンポテンシャル、
一般相対論でシミュレーションし、擬ニュートン
ポテンシャルによる一般相対論の再現度を検証す
る。なお、データの正確性は、1 年間で太陽の周
りを回る地球と月の軌道が入れ替わる回数で検証
する。

3. 結果・考察

シミュレーションの結果、地球と月の軌道が入
れ替わる回数は、ニュートンポテンシャルが 6 回、
擬ニュートンポテンシャルが 7 回、一般相対論が
7 回だった（実際の地球と月の軌道が入れ替わる
回数は約 13.27 回）。そこから、ニュートンポテ
ンシャルと比較すると、擬ニュートンポテンシ
ヤルの方がより一般相対論の結果を再現している
ということがいえる。

section3.pdf> (2016 年 8 月 15 日)

- 4) “二体問題と三体問題の物理法則と運動方程式”. <[https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn528554\(v=vs.85\).aspx](https://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/dn528554(v=vs.85).aspx)> (2016 年 8 月 15 日)

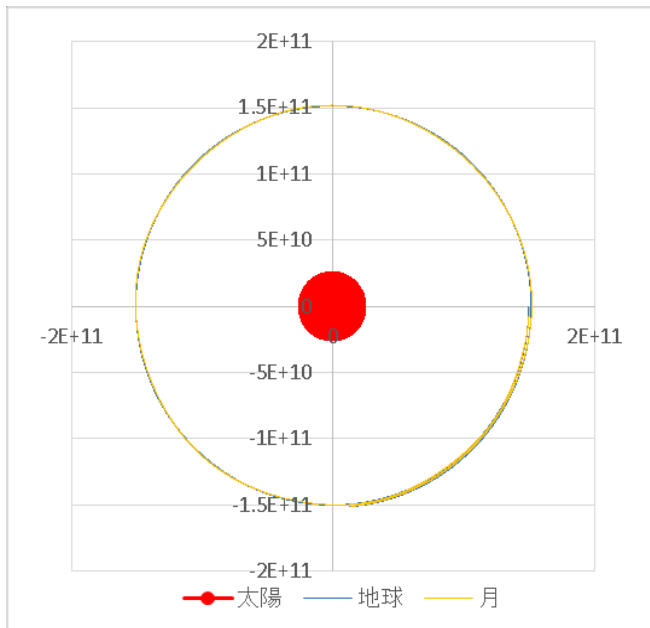


図 1 太陽・地球・月における三体問題のシミュレーション（赤が太陽，青が地球，黄色が月の軌道）

しかし，どの結果でも，地球と月は太陽の周りを一周した後，軌道が徐々にずれていったり，大きく外れていったりした。また，実際の地球と月の軌道が入れ替わる回数とシミュレーションによる回数に違いがあることから，数値に誤差が生じているということが考えられる。

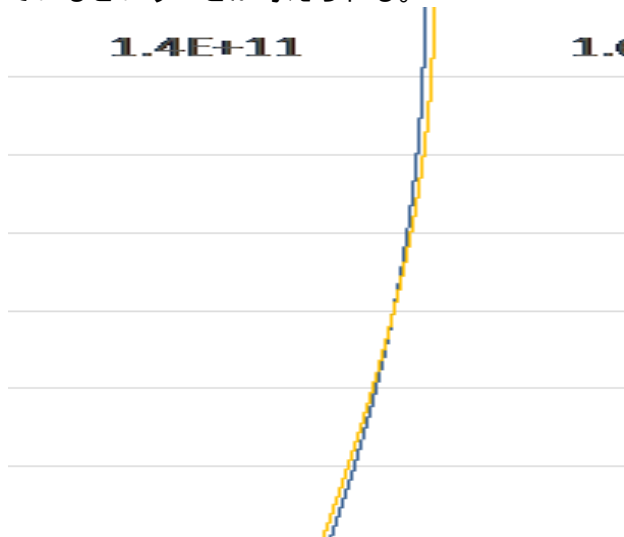


図 2 地球と月の軌道が入れ替わっている様子

参考文献

- 1) 福江純, “らくらく相対論入門 その1ー擬ニュートンポテンシャルの特徴ー”, 天文月報
- 2) ポール・ヘリングス, パソコンで宇宙物理学, 国書刊行会 (2008)
- 3) “The Restricted Three-Body Problem”, <www.ep.sci.hokudai.ac.jp/~ssd/doc/SEC03/>

コンテリクラマゴケの構造色について

京都私立大谷中学校・高等学校 科学部

2年 林紫稀 平木克哉 柳澤直輝

3年 小原誉正 下村隼生

1. はじめに

なぜコンテリクラマゴケを本研究のテーマにしたかという、部活の先輩方が水生植物の研究をしているなか、顧問の先生から「コンテリクラマゴケ」という植物を奨めていただきました。学校の近くの稲荷山にコンテリクラマゴケを見に行くと青色に光る群生があり葉が青色をしていました。そこで我々はなぜ青色をしているのか不思議に思い、研究を始めるに至りました。

コンテリクラマゴケとはイワヒバ科イワヒバ属の常緑のシダ類 学名は *Selaginella uncinata*

。英名は Peacock moss, Rainbow spikemoss

常緑性の多年草本。主茎は地上を横に這って長30～60cmに達する。所々に側枝と、その基部から根を出す。いずれの葉も表面に紺色の光沢がある。中国南部から西南部に分布する。日本には観賞用に持ち込まれあちこちで野生化している。(私たちは京都市伏見区稲荷山で採取した。)

仮説 1

コンテリクラマゴケ自体の色素に青色が含まれている。

コンテリクラマゴケ



クラマゴケ



2. 実験について

仮説1を確かめるために、コンテリクラマゴケとその近縁の種であるクラマゴケを用いて、この2種の色素をペーパークロマトグラフィーと、有機溶剤を用いた色素の分離を行った。

実験方法

ペーパークロマトグラフィーの抽出液はメチルアルコールとアセトン、展開液はトルエンとベンゼンを用いた。

有機溶剤を用いた色素の分離はメチルアルコールと石油ベンゼンを用いて分離した。

- ① 乳鉢、乳棒を使ってコンテリクラマゴケ、クラマゴケをすり潰す。
- ② すり潰したものに抽出液であるメチルアルコールとアセトンを混ぜ、再びすり潰す。
- ③ 2でできた液体をろ紙に染み込ませる。
- ④ ろ紙の下部分を展開液であるトルエン、ベンゼンに浸す。

実験結果

コンテリクラマゴケ(右)とクラマゴケ(左)では色素に明確な違いはなかった。しかし、コンテリクラマゴケには僅かだが赤い色素がみられた。



※補足 1ですり潰したものと有機溶剤であるメチルアルコール、石油ベンゼンを混ぜてろ過したところ、クロロフィル(葉緑素)に大きな違いが生まれた。



3. 実験考察

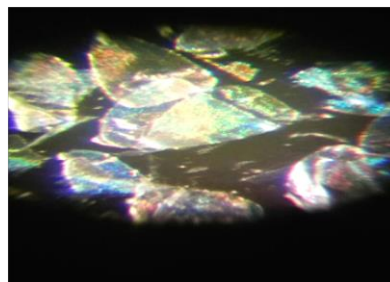
先ほどの実験結果からコンテリクラマゴケ自体には青色の色素が含まれていないことが分かった。しかし、コンテリクラマゴケの色素の緑色と黄色の間に赤色の色素が確認できた。クラマゴケの色素は緑色と黄色のみであるが、その量はコンテリクラマゴケよりも多いことが確認できた。しかし、色素自体にははっきりとした違いは見られなかった。そこで我々は葉の表面に何か特徴があるのではないかと考え、顕微鏡を使い表面の構造を調べることにした。

顕微鏡の写真



写真を見ると、突起のようなものなものが確認できた。この突起の葉が青色に見える原因なのではないかと考えた。下記の写真は「表面に特徴をもつ構造色」という点で合致するモルフォチョウの羽を顕微鏡でみたものである。

モルフォチョウの羽の写真



鱗のようなものが重なっているようにみられた。この二つを比較すると表面の構造が明らかに違うということが分かった。以上のことからコンテリクラマゴケの葉が青く見える原因は葉の表面の構造が原因ではないことが分かった。

3. 総合考察

葉の表面の構造が構造色と直接関係してるわけではなかった。そもそも青色に見えるのは可視光線の光の中の青色を反射するからではないかと考えた。青色の光は波長が短いためコンテリクラマゴケは、他の植物に比べると青色のような短い波長を反射する性質があるのではないかと考えた。コンテリクラマゴケが自生し始めた時代はオゾン層が少なかった時代だったので、紫外線が植物に大きな影響をあたえていた。そのような環境でも生きていくためにコンテリクラマゴケは波長の短い紫外線を反射または透過しているのではないかと考えた。

4. 課題

そう考えた我々は紫外線ライトを使って、紫外線反射率、可視光線、反射率を調べてみることにした。尚、コンテリクラマゴケと比較するためにケヤキ、カタバミ、アワダチソウ、スメノカタビラ、イラクサも調べたい。

洗濯物の乾きやすさと色の関係

私立ノートルダム女学院中学高等学校
高校科学クラブ

2年 広瀬 文乃, 増田 瞳子, 伊藤 梨奈
中村 由, 宮本 望

1年 山崎 千尋, 水口 那美, 常廣 理菜
瀬尾 桃子, 友田あやの, 松野ゆかり

1. 動機及び目的

洋服売り場に行くと汗を吸い取りやすい素材、汗をかいても乾きやすい素材などを売り文句にしたシャツが多数売られているように、生地の種類によって乾きやすさに違いが出るということはよく知られている。

また、夏の暑い日には黒い服より、白い服の方が涼しく過ごせる。私たちは、服の色によって、同じ素材でも乾き方に違いがあるのかどうかに興味を持ち、調べてみることにした。

2. 方法

実験は3種類行った。

実験 1

試料：ホームセンターで購入した5色入りタオルセット（綿100%、淡い色彩）

1: 緑、青、白、黄、ピンクのそれぞれのタオルについて、乾燥時の質量を測定する。

2: それぞれのタオルに同量（90g）の蒸留水をしみこませ、ハンガーを用いて屋外に干す。

3: 10分おきにハンガーから外し、その時点での質量と表面温度を測定し記録する。

実験 2

実験1よりより原色に近い色の6色のタオル（緑、青、白、黄、赤、黒）を入手して、それぞれに同量（100g）の蒸留水をしみこませ、同様の実験を行った。

実験 3

実験2で使用した6色のタオルについて、エアコンのきいた実験室内で「部屋干し」した時の質量、温度の変化を記録した。

3. 結果と考察

実験 1 の結果

※80分後のデータはハチが現れたために屋内に避難したので測定できていない。

質量の変化 (g)

(分)	緑	青	白	黄	ピンク
0	150	152	147	150	150
10	138	143	138	140	142
20	136	138	134	136	137
30	131	134	132	133	134
40	126	129	130	129	130
50	108	121	123	115	120
60	106	120	118	114	118
70	105	110	115	113	112
80	*	*	*	*	*
90	96	96	104	101	100
100	90	89	98	94	93
110	83	82	92	88	86
120	77	76	86	83	80
130	73	73	82	79	76
140	69	69	78	75	71
150	66	67	73	71	68
160	64	66	68	67	65
170	62	64	65	65	64
180	62	64	62	64	63

温度の変化 (°C)

(分)	緑	青	白	黄	ピンク
10	23.8	23.6	23.4	23.2	23.0
20	24.4	24.4	23.8	23.8	23.2
30	24.0	24.2	23.8	23.6	23.6
40	25.2	24.6	25.2	24.2	23.6
50	24.6	25.0	23.6	24.0	23.4
60	26.0	26.0	24.8	25.0	24.6
70	26.6	26.6	25.4	25.4	24.6
80	*	*	*	*	*
90	26.8	27.2	26.2	27.0	26.6
100	26.6	27.0	25.8	26.4	26.4
110	27.0	27.2	26.0	26.2	25.8
120	26.4	25.8	24.4	25.2	24.2
130	25.8	27.4	25.4	25.6	25.4
140	26.6	27.6	25.0	25.6	25.4
150	28.0	29.4	27.0	27.4	27.6
160	31.2	32.2	27.0	29.2	30.0
170	31.2	34.2	28.8	30.0	29.6
180	31.6	32.6	29.4	30.8	31.2

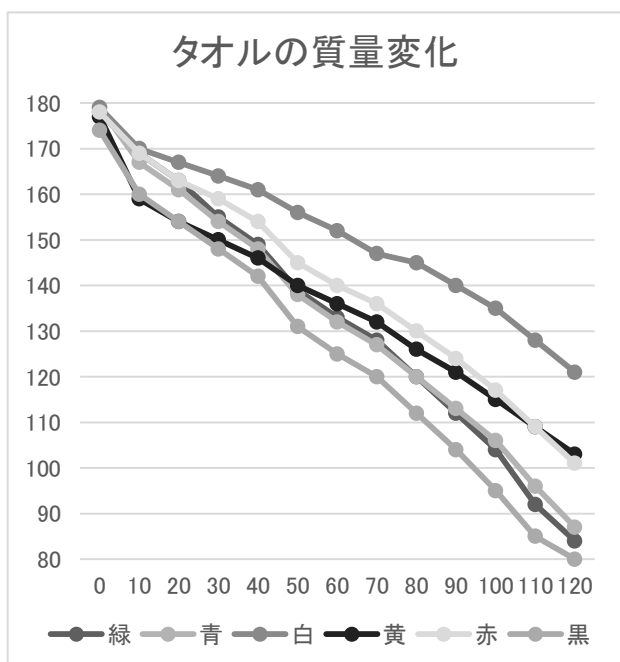
タオル表面の温度変化からは、白のタオルが比較的低温であることが見られたが、質量の減少、すなわち水の蒸発量については大きな違いは見られなかった。淡い色合いのタオルで行ったから差が小さかったのだろうと考え、より濃い色のものを入手して実験2を行うことにした。

実験 2 の結果 質量の変化 (g)

(分)	緑	青	白	黄	赤	黒
0	178	179	179	177	178	174
10	169	167	170	159	169	160
20	163	161	167	154	163	154
30	155	154	164	150	159	148
40	149	148	161	146	154	142
50	139	138	156	140	145	131
60	133	132	152	136	140	125
70	128	127	147	132	136	120
80	120	120	145	126	130	112
90	112	113	140	121	124	104
100	104	106	135	115	117	95
110	92	96	128	109	109	85
120	84	87	121	103	101	80

温度の変化 (°C)

(分)	緑	青	白	黄	赤	黒
10	27.0	26.6	25.0	25.4	25.4	25.6
20	27.6	28.2	25.4	25.8	25.6	25.8
30	27.6	27.8	26.4	26.6	26.2	27.0
40	26.6	27.0	25.4	26.0	27.2	27.8
50	26.0	25.2	24.4	24.6	24.8	24.6
60	25.4	25.4	24.4	24.6	24.6	25.4
70	26.0	26.2	24.8	25.0	25.6	25.6
80	27.0	26.8	25.4	25.6	26.0	26.6
90	27.0	26.6	25.6	25.8	26.2	27.2
100	27.0	26.4	25.4	25.6	25.6	26.2
110	29.0	27.8	26.4	26.2	27.2	32.2
120	32.6	30.6	26.6	27.0	27.4	30.6



各色のグラフの近似直線を求め、10 分間に蒸発した水の質量の平均値を求めた。計算は Microsoft Excel を使い、最小 2 乗法によって直線を求め、その傾きを蒸発速度とした。

10 分間に蒸発した水の質量 (g) 屋外

緑	青	白	黄	赤	黒
7.6	7.2	4.4	5.4	6.0	7.6

この結果から黒や緑に比べて、白い色のタオルは乾きが遅いことが分かる。

実験 3 の結果

実験 2 と同じ測定を、25°C に設定したクーラーの効いた実験室内で行い、10 分間に蒸発した水の質量の平均値を求めた。

10 分間に蒸発した水の質量 (g) 室内

緑	青	白	黄	赤	黒
6.6	6.4	6.3	6.2	6.3	6.5

綿 100% のタオルについて、色によって水が蒸発する速度に違いがあるということが、実験で確かめられた (実験 2)。色が異なると、太陽光が当たった時の温度上昇に違いが生じることが原因であろうと考えられる。空調の効いた部屋という、色による温度の違いが生じにくい条件では蒸発速度にほとんど差が見られない (実験 3) ことから、蒸発には温度が大きく影響しているとわかる。

4. 反省と課題

タオルを干すときに、すべてのタオルに対して同じ角度で太陽光が当たらなければならないが、実験当日は風が吹いており、ハンガーが突風で寄ってしまったたり、隣のタオルと接触したりしていた。より正確な測定のためには、干し方に工夫をしなければならない。

黒は熱を吸収し、白は反射するので乾き方に違いが生じたのだと考えられるが、そのほかの色、たとえば赤と青での違いについて、原因の考察が十分でないのでさらに研究を進めていきたい。

また、今後の計画としては『海辺で潮風に当たるとベタベタして乾きにくい』についても実験したい。

直流電流による磁場の測定値の解析

開智高等学校 サイエンス部
2 年 藤原一登, 川本将生

1. 動機

前回の研究においては、直流電流による磁場の大きさを導線の長さが十分に長く無限であるとして、測定結果の解析を行った。導線の中央付近においては、測定誤差に収まる程度の一致を見たが、導線の端付近では、測定誤差をこえる違いが見られた。今回、この違いが導線の長さの有限性によるものであること確かめるため、その長さを有限として電流による磁場の大きさを算出し測定結果との比較を行った。

2. 理論

(1) 方位磁針の測定角度よりの磁場の算出

方位磁針の測定角度 θ 、地磁気の大きさ H_0 、設置された導線の測定面からの高さ h 、導線から方位磁針までの水平距離 y として、直流電流による磁場の大きさを次式より算出する。

$$H = \frac{\sqrt{h^2 + y^2}}{h} H_0 \tan \theta$$

(2) 直流電流による磁場の大きさ

電流の大きさ I 、導線から方位磁針までの距離 r として、導線が無限に長い場合の磁場の大きさ H は次式で与えられる。

$$H = \frac{I}{2\pi r}$$

一方、導線の長さが有限の場合には、ビオ・サバールの法則を用いて磁場の大きさ H は、

$$H = \frac{I}{2\pi r} \frac{\cos \theta_i - \cos \theta_f}{2}$$

となる。ここで、 θ_i 、 θ_f は、導線の両端と方位磁針とを結ぶ直線と導線とのなす角である。

3. 測定方法

(1) 実験装置

電流の周りの磁場の測定に際し、縦 100 cm 横 120 cm の模造紙、割りばし 2 本、太さ 1.2 mm のエナメル線 2 本、スタンド 2 台、方位磁石 12 個、ワニ口クリップ、直流電源装置、電圧計、直流電流計及びすべり抵抗器を用いて実験装置を設定した。模造紙の中央を原点として、長辺に平行に x 軸、短辺に平行に y 軸とする xy 座標系を取る。さらに、図 3-1 のように格子点 ($10.0k$ [cm], $10.0l$ [cm]) ($k = -5, -4, -3, -2, -1, 0, 1, 2, 3, 4, 5$ 及び $l = -2, -1, 0, 1, 2$) をとり、測定位置とする。また、エナメル線については、スタンドに取り付けて高さを調整しやすくするためエナメル線を割りばしに取り付けて、図 3-2 のように割りばし間の長さが 110.0 cm になるように設定する。

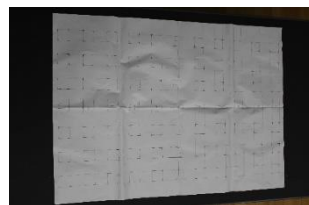


図 3-1 模造紙の準備



図 3-2 エナメル線



図 3-3 実験装置の設定

(2) 実験装置の設定

(1) で準備したものをを用い実験装置を設定する。まず、模造紙を方位磁石を用いて北を x 軸の正の方向とし、 x 軸と南北が平行となるように設定する。スタンドを用いて割りばしに取りつけたエナメル線を x 軸の上部に x 軸と平行になるように設置する。2 本のエナメル線をそれぞれエナメル線①、エナメル線②とし、図 3-3 のように電源装置、エナメル線①、電流計、エナメル線②、すべり抵抗器を直列に配線する。配線の後、方位磁石を x 軸上に配置し、電流の流れていない状態で方位磁石の磁針の向きがエナメル線に対して平行であることを確認する。平行でない場合は模造紙およびスタンドの位置を再度調整する。

(3) データの測定

- [1] x 軸上所定の位置に方位磁石を設置し，エナメル線の高さ h を 6.0cm にし，1.0A の電流を流す。
- [2] 模造紙におかれた方位磁石の磁針の角度を測定し，記録用紙に記録する。
- [3] 一度電流を止め，方位磁石の位置を変更し，電流を流し，方位磁石の磁針の角度を読み取る。この操作を繰り返し，模造紙に設定した測定位置（ x 軸方向 11， y 軸方向，計 $11 \times 5 = 55$ ）すべてについて測定を行う。
- [4] 電流の値を 2.0 A，3.0 A に変更し，[1]～[3] の操作を行う。
- [5] エナメル線の高さ h を 10.0cm に変更し，[1]～[4] の操作を行う。

4. 解析結果

導線の端付近ではその影響が測定結果に表れるが，中央付近では図 4-1 のグラフに示されているように測定誤差内に収まる結果が得られる。図 4-2，図 4-3 に有限性を取り入れた解析結果を示す。図 4-2，図 4-3 は，横軸を電流より計算した磁場の大きさ，縦軸に方位磁針の測定角度より算出した磁場の大きさをプロットしたグラフである。磁場の小さい領域で測定データのばらつきが見られるのは，方位磁針の振れが小さく測定誤差が大きく表れるためである。線形近似により求めたその傾きは 1 のまわりに概ね 10% で収まっている。表 4-1 は，測定した各 x での傾きをまとめたものであるが，誤差の大きさは 10% 程度で収まっている。

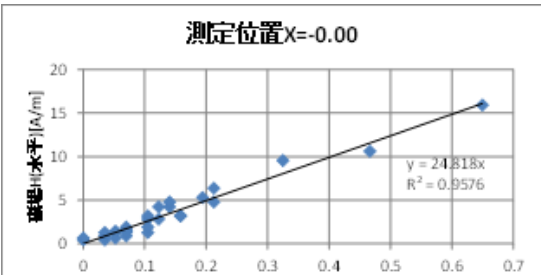


図 4-1 測定角度と磁場の水平成分

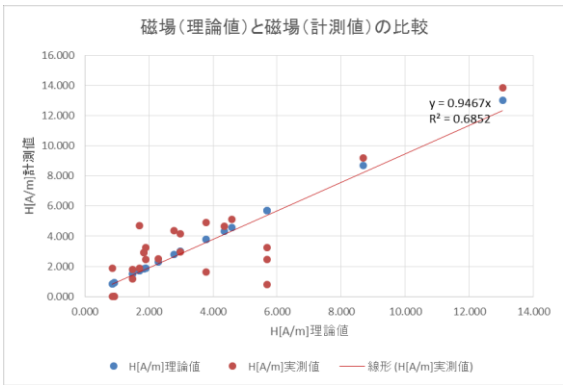


図 4-2 $x = 0.0\text{cm}$

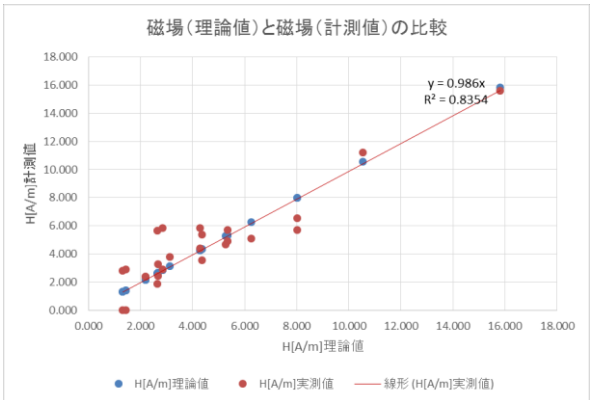


図 4-3 $x = 50.0\text{cm}$

表 4-1 各位置における計算値と計測値の比較

x の位置 [cm]	-50.0	-40.0	-30.0	-20.0	-10.0	0.0	10.0	20.0	30.0	40.0	50.0
傾き	1.19	0.93	0.92	0.96	0.94	0.98	0.95	0.87	0.87	0.8	0.94

5. 考察

中央付近での測定結果は，「導線が十分に長い」という扱いが可能であるが，端部付近においては導線の長さが有限であることを補正しなければならない。これより我々の行った実験においては，有限であることの効果を計算に取り入れるることにより，導線に平行な方向に対し各位置における磁場の測定を誤差 10% 程度の精度で測定出来ることがわかった。

この測定にあたり実験の段階で屋内に地磁気以外の磁場の存在を確認している。今後，この実験結果を基準として磁場の存在している場所での磁場の測定を行い，その原因が何によるものであるかを探究しようと考えている。

6. 参考文献

中村 栄二ほか 14 名，2014: 高等学校物理，pp. 218-224，第 1 学習社

電波望遠鏡を利用した地球-太陽間の距離の測定 その2

近畿大学附属和歌山高等学校 科学部

2年 山田 直哉

1年 大野 龍世, 坂本 杜太, 西井 勇太

1. 動機

これまでの研究^{1) 2) 3)}で, 星間物質が放出する電波の周波数を測定し, ドップラー効果による周波数の変化から, 地球と星間物質の直線上の相対速度(以後視線速度という)を求める方法を習得した。

また, 同じ方向の星間物質の視線速度を, 期間を変えて測定したところ, 地球の公転速度の影響によるものと考えられる変化が観測された。

この変化から, 地球が太陽の周りを周る公転速度(以下地球の公転速度という)を計算で求めることができれば, 地球と太陽との間の距離(1天文単位)を求めることができるのではないかと考え, この研究を始めた。

2. 原理

同じ方向の星間物質の視線速度を, 期間をおいて2度観測し, その視線速度の差から地球の公転速度を求める。

地球の公転面に星間物質, 地球の動きを投影したものを図1に示す。視線速度は, 相対的に近づ

いていれば正, 遠ざかっていけば負の値で表す。

この公転面上の星間物質の移動速度を $V_{\text{星間物質}}$, 地球の公転速度を $V_{\text{地球}}$ とすると, 図1に示すとおり, 式1, 式2に示す関係が成立する。

$$\text{視線速度}_{5\text{月}} = V_{\text{星間物質}} - V_{\text{地球}} \times \cos 48.23^\circ \quad \text{---式1}$$

$$\text{視線速度}_{8\text{月}} = V_{\text{星間物質}} - V_{\text{地球}} \times \cos 129.30^\circ \quad \text{---式2}$$

観測で求めた視線速度_{5月}, 視線速度_{8月}を式1, 式2に代入して $V_{\text{地球}}$ を求め, その値を式3に代入して, 地球と太陽との間の距離を求める。

$$2 \times \pi \times \text{地球太陽間の距離}$$

$$= \text{太陽の一年間の移動距離}$$

$$= V_{\text{地球}} (\text{km/s}) \times 1 \text{ 年間の秒数} \quad \text{---式3}$$

3. 観測する方向の検討

(1) 視線速度の観測できる方向

これまでの研究により, H I 輝線のドップラーシフトにより視線速度が観測できるのは, 星間物質の多い銀河面方向, すなわち, 銀緯 0° 方向に限定されることがわかっている。

図2に天の川の断面図を示す。

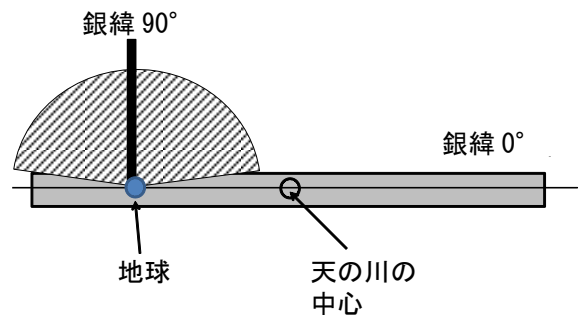


図2 天の川の断面図

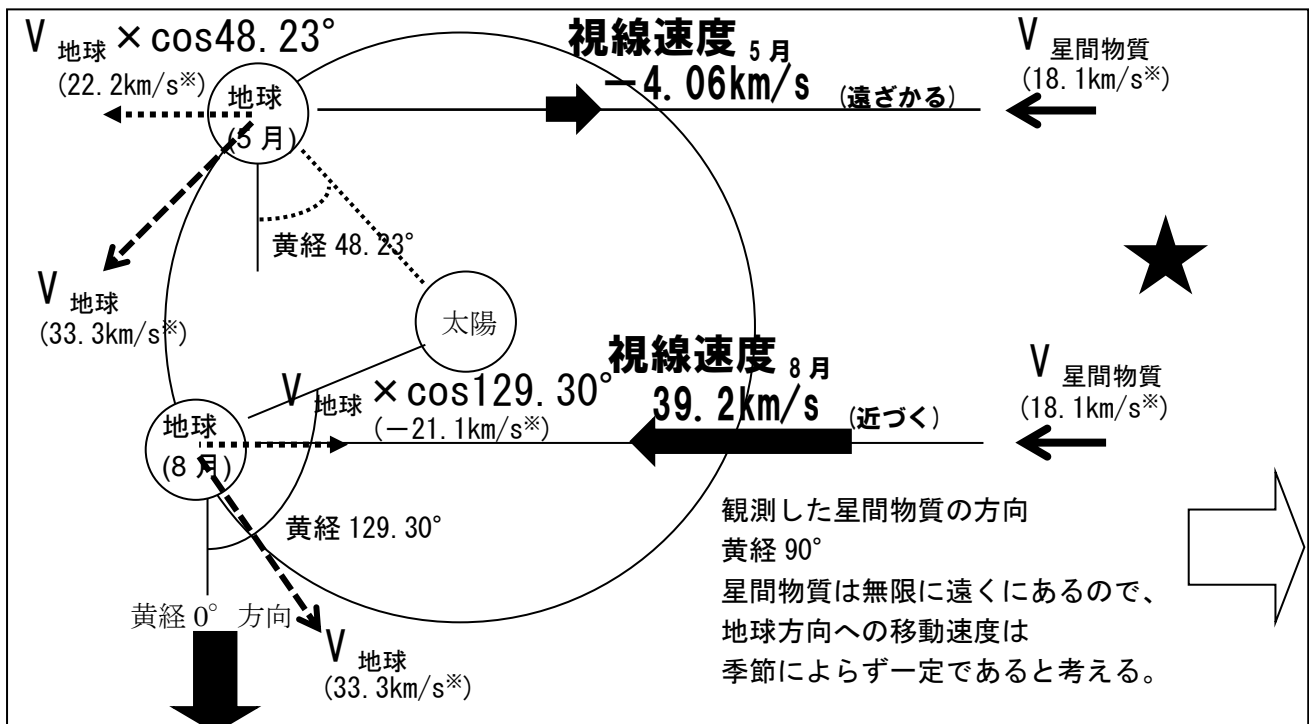


図1 原理の概略図(北から見た図) (※印で示している速度は今回の観測を元にした計算結果の値)

地球から銀緯 90° 方向に広がる斜線で示す扇形の部分には、星間物質があまり存在しないため、H I 輝線を観測出来ず、視線速度が計算できない。

(2) 計算の容易な方向

また、2. 原理で述べた原理に基づき計算するには、図 1 に示す地球の公転面に投影した速度を求める必要があるが、この公転面上にない方向の星間物質を観測した場合は、観測された視線速度についても、この公転面上に投影しなければならず、計算が煩雑になる。

この公転面というのは、黄緯 0° の面である。

(3) 観測する方向

(1)、(2) 両方の条件を満たす方向、すなわち、銀緯 0°、黄緯 0° の方向にある星間物質を観測することとする。

図 3 に示すとおり、この条件を満たす方向は 2 つあるが、今回は、5 月と 8 月の両方の観測時間帯に観測可能である黄経 90° 黄緯 0° の方向の星間物質を観測することとした。

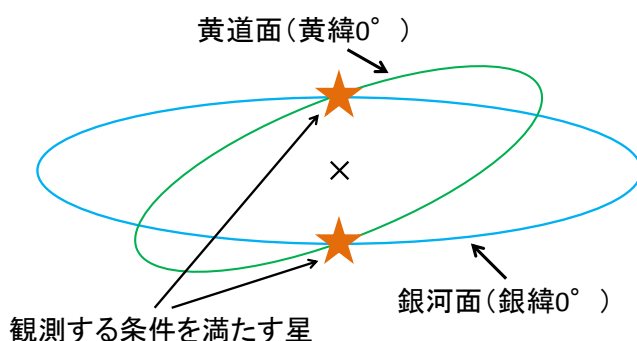


図 3 観測する星間物質

観測する星間物質の座標^(注)

黄道座標	黄経	90°	黄緯	0°
銀河座標	銀経	186°	銀緯	0°
赤道座標	赤経	90°	赤緯	23.14°

4. 観測結果

観測日時

① 平成 27 年 5 月 9 日土曜日

15 時～19 時

天候 雨のち晴れ

② 平成 27 年 8 月 2 日日曜日

8 時～12 時

天候 晴れ

観測場所 みさと天文台(和歌山県紀美野町)

観測機器 和歌山大学 8 メートル電波望遠鏡

5 月 9 日の視線速度 -4.06 km/s

8 月 2 日の視線速度 39.2 km/s

5. 計算結果、結論、考察

4. の観測結果を 2. の原理の式に代入して計算した結果、地球の公転速度は 33.3 km/s、地球と太陽の距離は、 1.67×10^8 km と求められた。

これは、真の値 1.50×10^8 km (1 天文単位)⁴⁾ に対して誤差 11% であった。

誤差の要因として次のことが考えられる。

- ・地球の公転軌道が真円ではないこと
- ・地球の公転速度が一定ではないこと
- ・星間物質が一定速度で直線運動しているとは限らないこと
- ・地球の自転の影響 (これまでの研究¹⁾での検討によると最大誤差は 2.6% 程度である。)

☆計算に使用した数値

一年 $\div 60 \times 60 \times 24 \times 365.2422$ 秒

$\cos 48.23^\circ \div 0.666$

$\cos 129.30^\circ \div -0.633$

円周率 $\div 3.14$

6. 今後の方針

誤差の影響度合い、誤差の生じた原因を取り除く方法を考え、より真の値に近い距離を求める。

7. 謝辞

今回の観測で大変お世話になりました次の先生方にはこの場を借りて深くお礼申し上げます。

・和歌山大学宇宙教育研究所

秋山 演亮 氏、小谷 朋美 氏、森田 克己 氏、
貴島 政親 氏、佐藤 奈穂子 氏

・紀美野町 みさと天文台 台長 矢動丸 泰 氏

・同天文台友の会宇宙通信苦楽部 岸裏 一起 氏

8. 参考文献

¹⁾ 第 37 回全国高総文祭(2013 長崎しおかぜ総文祭)自然科学部門 発表論文集 pp. 206～207

²⁾ 第 38 回全国高総文祭(いばらき総文祭 2014)自然科学部門 発表論文集 pp. 244～245

³⁾ 第 39 回全国高総文祭(2015 滋賀びわこ総文)自然科学部門 発表論文集 pp. 254～255

⁴⁾ 国立天文台編、平成 23 年：理科年表 第 84 冊、天文部 p. 天 1(77)

(注) 黄道座標、銀河座標、赤道座標

天球上の位置を表す座標はその基準の違いから三種類あり、これら互いの一対一に対応する。

それぞれの基準は次のとおりである。

黄道座標……黄道(太陽の天球上の通り道)

銀河座標……銀河中心(いて座方向)と銀河面

赤道座標……天の北極と天の南極

和歌山大学電波望遠鏡を利用した天の川観測 その 6

近畿大学附属和歌山高等学校 科学部
1 年 峯 璃依人, 保利 亮輔, 引地 浩寿
阿部 龍迅, 安居 聡良

1. これまでの研究 ¹⁾²⁾³⁾

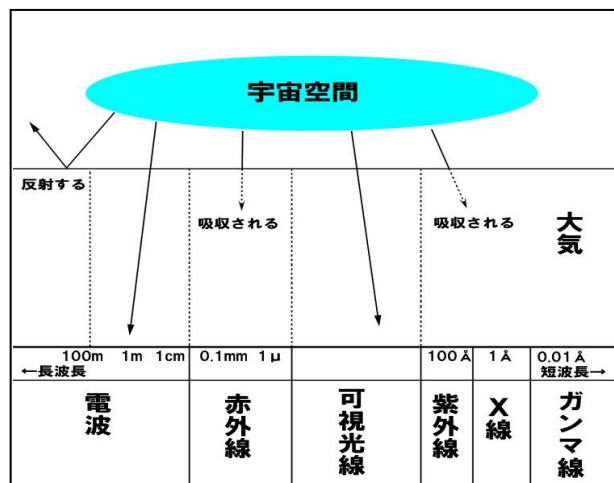


図1 電磁波の種類 ⁴⁾

図1のように、地球には様々な種類の電磁波が降り注いでいることが知られているが、その多くは大気に反射されるか、吸収されるので、観測に適している波長は限られている。また、地上にその領域の周波数を放出する物質が存在する領域も、観測に適しているとは言えない。その限られた観測に適した波長域の中で、波長1cm~100mの電波が観測に適していることが分かっている。そこで、この電波の中のH I 輝線という種類の電波を利用した観測を実施した。

H I 輝線とは、星間物質が放出する電波であり、その固有の周波数は1420.40575 MHz (波長 21 cm) である。H I 輝線を地球で観測したときの周波数を正確に観測することにより、その観測された周波数と本来の周波数とのドップラー効果によるずれを計算し、地球と星間物質との間の視線方向の相対速度(視線速度)を求めることができる。

これまでに、様々な方向のH I 輝線の観測を試みたが、銀緯 0° 方向のみH I 輝線が観測でき、銀緯 10° ~90° の方向からはH I 輝線は観測できなかった。これは、銀緯 10° ~90° の方向には星間物質が存在しないことを意味し、我々の銀河系は円盤状をしているということを意味する。

また、銀緯を 0° に固定し、様々な銀経方向のH I 輝線の観測を実施した結果、我々の銀河は回転していることがわかった。

2. 視線速度とは

視線速度とは、地球と対象の星間物質のそれぞれの動きを、地球と対象の星間物質を直線で結んだ軸方向に投影し、その軸上での、地球と対象の星間物質との相対速度をいう。

本研究においては、その対象の星間物質が地球から遠ざかっている場合を正の値、その対象の星間物質が地球に近づいている場合を負の値として表現している。

3. 動機

これまでの観測結果について、その同じ範囲を観測した場合の再現性に興味を持ち、この研究を開始した。

4. これまでの観測

4-1. 観測方法

電波望遠鏡を観測したい方向(銀経・銀緯を設定)に向け、その方向から受けるH I 輝線の周波数付近の周波数において 2kHz 刻みで電波の強度を観測する。横軸にその周波数を視線速度に換算したもの、縦軸にその周波数において観測された電波の強度を描いたものが図2である。

図2からわかるとおり、観測される電波の強度は一点だけ強くなるのではなく、次第に強くなり、ピークを観測し、次第に弱くなる、という山型のグラフとなる。

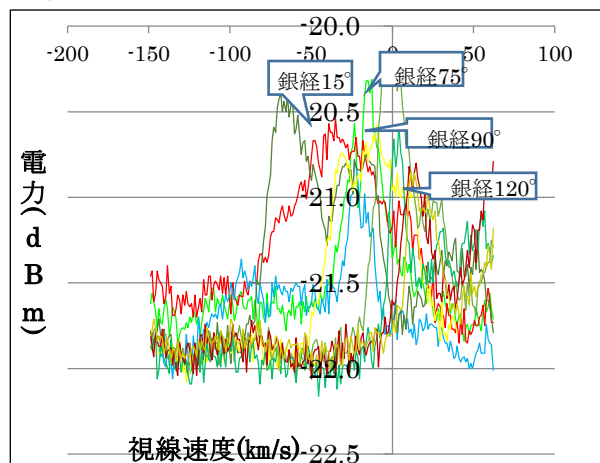


図2 観測した電波をスペクトルアナライザーで処理した図

4-2. 観測結果

図2の観測結果について

- 強度が強くなり始めた点→増加開始点
 - ×強度が最強の点→視線速度
 - ▲強度がベースラインに戻った点→減少終了点
- と定義し、横軸に観測した方向の銀経、縦軸に観測した周波数を光のドップラー効果の式を用いて視線速度に変換したものを表したのが図3である。

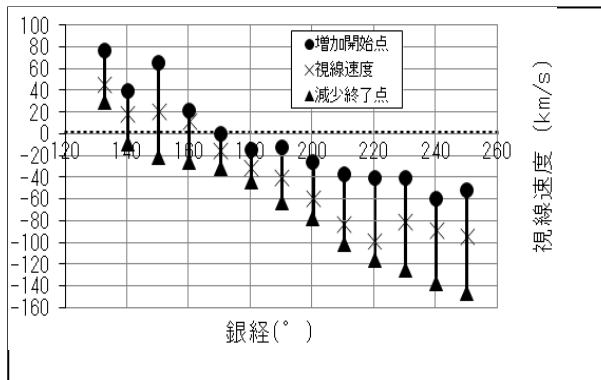


図3 前回(平成27年5月9日)の観測結果

前回の観測では、銀経 132.5° の視線速度は正の値であるが、徐々に減少していき、銀経 250° では負の値になった。すなわち、銀経 132.5° の星間物質は地球から遠ざかっているが、銀経 250° に近づくにつれて地球に接近していることがわかった。

5. 今回の観測

5-1. 観測範囲

図4の白点に示すとおり前回と同じ範囲を観測した。

銀緯 0° 銀経 132.5°

銀緯 0° 銀経 140° ~ 250° を 10° 間隔で

銀緯 80° 銀経 180°

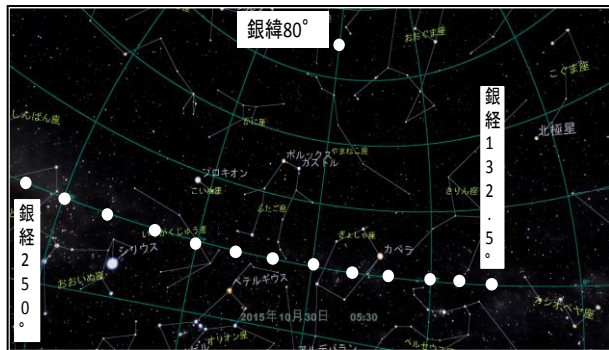


図4 観測した範囲

5-2. 観測日時と場所など

観測日時 平成27年8月2日日曜日

午前10時~正午

観測場所 和歌山県海草郡紀美野町

みさと天文台敷地内

観測機器 和歌山大学 8m 電波望遠鏡

天候 晴れ

5-3. 観測結果

今回の観測結果を、4-2. で示す●~▲の範囲、ならびに、視線速度×の値をまとめたものが表1であり、それを図3と同様のグラフにまとめたものが図5である。

表1 銀緯 0° における視線速度

銀経(°)	有意な値の視線速度(km/s)	強度最大値の視線速度(km/s)
132.5	-19.12~33.11	4.1
140	15.01~104.11	74.0
150	16.1~121.2	60.1
160	3.01~99	55.0
170	4.1~84.3	42.1
180	-82.5~-35.11	-48.1
190	-19.1~55	9.0
200	-91.01~-43.4	-43.0
210	-42.4~30.4	-18.1
220	-78.3~4.06	-48.7
230	-97.26~3.01	-61.4
240	-115.21~4.06	-84.6
250	-5.43~38.89	7.2

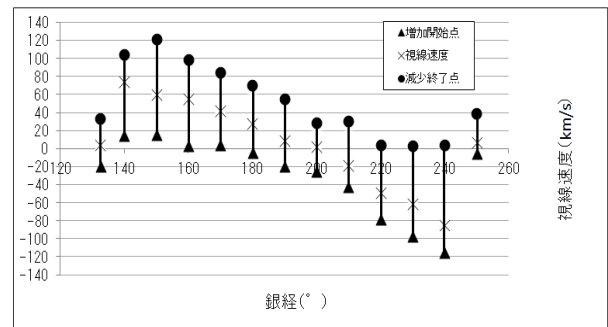


図5 今回(平成27年8月2日)の観測結果

6. 考察と今後の方針

図5に示すとおり、概ね視線速度が前回の観測より大きくなっている。これは、地球が太陽の周りを約 30km/s で公転していることと観測日に3ヶ月の差があることが原因と考えられ、これを利用した地球と太陽との間の距離の測定を今後試みる。

7. 謝辞

今回の観測で大変お世話になりました次の先生方にはこの場を借りて深くお礼申し上げます。

・和歌山大学宇宙教育研究所

秋山 演亮 氏, 小谷 朋美 氏, 森田 克己 氏,
貴島 政親 氏, 佐藤 奈穂子 氏

・紀美野町 みさと天文台 台長 矢動丸 泰 氏

・同天文台友の会宇宙通信苦楽部 岸裏 一起 氏

8. 参考文献

- 第37回全国高総文祭(2013 長崎しおかぜ総文祭)自然科学部門 発表論文集 pp. 206~207
- 第38回全国高総文祭(いばらき総文祭 2014)自然科学部門 発表論文集 pp. 244~245
- 第39回全国高総文祭(2015 滋賀びわこ総文)自然科学部門 発表論文集 pp. 254~255
- 海部 宣男, 宇宙の観測 I, 恒星社, p. 135, 1981
- 国立天文台・四次元デジタル宇宙プロジェクト開発 3D 天体シミュレーター「mitaka」

中紀地方のアコウの分布・生態とアコウコバチについて

和歌山県立紀央館高等学校 自然科学部
3 年 名古美幸 坂口幸紀 2 年 岡本直樹

1. はじめに

自然科学は平成 26 年度から中紀地方のアコウ *Ficus superba* について調査を開始している。

2. 調査・研究内容・目的

(1) 調査方法

- ① 中紀地方（有田市～御坊市の 6 地域）のアコウの分布状況を調査。
- ② 月に 2 ～ 4 回程度中紀地方のアコウの調査・観察を実施。
- ③ 花のう及び果のうを採集し、直径・斑点の数・空洞直径・果実の色及びアコウコバチ（顕微鏡観察）の調査。
- ④ 花のう及び果のうを半分に割り試験管に入れ、出てくるアコウコバチをカウントし観察。動画及び画像を撮る。
- ⑤ アコウの木にハエ取り紙をしかけ、飛んでいるアコウコバチの採集調査を行う。(H27. 7. 24～8. 4)

(2) アコウとは

クワ科イチジク属で紀伊半島以南に分布し、温暖な地域に自生。樹高は 10～20m で鳥類などにより種子散布される。アカギやヤシなどの樹木の上に運ばれ発芽し、成長すると気根で親樹を覆い尽くし、枯らすこともある。

(i) アコウの新芽の成長過程

（有田群湯浅町田 H27. 4 月～5 月）観察した結果 4 月初旬に、バナナ状の新芽が出ると、非常に速い速度で成長し、一時、葉は赤くなる。春芽が成長すると、約 30 センチメートル以上にも達し、アコウは非常に成長が速い植物である

(ii) アコウの花のう・果のう

イチジクを小型のした形で、枝の各所から直接生える。花のうを 2 個ずつつけるものが最も多い。

その他に 1 個・3 個・4 個・5 個の場合もある。花のうが確認できるのは枝の樹皮を突き破っ

て直径 2～3mm となった頃で、黄緑色をしており、成熟すると度合により緑から赤味を帯び紫に変色。この頃直径は 12～20mm にと急激に肥大し、やわらかくなり落下する。

(iii) 新芽と落葉の関係についての考察

アコウは新芽や花のうが出てから落葉する。

(3) 中紀地方のアコウの分布調査

2014 年 10 月 4 日から中紀地方のアコウ分布調査を行い、現時点で 14 か所の生育を確認。白浜町や紀伊大島にもアコウの大木があるが、自生のものではない。



図 1 中紀地方のアコウの分布調査

(i) アコウの自生地

有田市：宮崎町矢櫃	1 ケ所
湯浅町：田、栖原	2 ケ所
由良町：三尾川、衣奈、大引、神谷	4 ケ所
三尾川：大木は未確認	
日高町：小浦、津久野、比井、産湯	4 ケ所
美浜町：三尾 龍王神社	1 ケ所
御坊市：名田町の上楠井、下楠井	2 ケ所
	以上 14 ケ所

(ii) 中紀地方のアコウ分布調査 結果・考察

- ・アコウの自生地北限は有田市矢櫃
- ・有田市矢櫃は南斜面のみ生育。(陽当たりの良い場所)
- ・湯浅町田、栖原は海岸に沿った道路の山側や柑橘園の石垣に生育、また田の國津神社には数多くのアコウを確認。これらのアコウはほとんどが南斜面である。
- ・由良町衣奈では北斜面にも自生しているものがあり、南北斜面を問わない。
- ・アコウの北限地方では陽当たりの良い場所(温度)が生育の条件の大きな要素である。
- ・アコウが沿岸部や川岸に生育することから

乾燥をきらい、一定の湿度が必要なことから、生育の条件といえる。

(4) アコウコバチの生態

アコウコバチ *Blastophaga ishiiana* とはイチジクコバチ類で、アコウとアコウコバチは共生関係にあり、雌がアコウの花粉を運ぶ。

(i) アコウコバチ 雌雄の相違点

- ・雌には翅があり雄には翅がない。
- ・雌の体色は黒色で雄は茶褐色
- ・体長は雌雄どちらも 1.7mm
- ・雌には産卵管があり産卵管は 0.2mm
- ・雌には体毛がないが雄にはある。触覚や口の形態がかなり違い、雄は昆虫のクワガタに似ている。

(ii) アコウコバチの共生（相利共生）関係

- ・アコウは雌雄同株で雄花は 0.5~0.6 μm 、ゴールは 1.0~1.2 μm の大きさ。花のうはコバチより受粉すると果のうとなる。
- ・1つの花のうから平均 42 のコバチが出てくるが、そのうちほとんどが雌で、雄は 1~2 個体であった。

- ・空洞直径の調査では花のうの直径が 4mm を超えると空洞直径が約 1mm 以上となり、花のうの直径が 10mm を超えると空洞直径が 3mm 以上となる。花のう直径が 17mm を超えると、空洞直径が 4mm 以上という調査結果であった。

(iii) アコウコバチの生活環

- ・成長すると果実の中で交尾をする。
- ・交尾後、雄は果実から出ることなく死んでしまう。雌は果実から飛び出し、新しいアコウの果実に潜り込み、いくつかの雌花に卵を産み付けると同時に花粉をばらまく。
- ・平均、4.2mm~花のうに斑点（コバチの産卵跡）が現れる。

(iv) アコウコバチのハエ取り紙調査

調査方法は湯浅町の田・湯浅、由良町の神谷、日高町の比井、御坊市の下楠井、以上の 5 地点のアコウの地上から約 1m50cm 程度の高さにハエ取り紙を仕掛けアコウコバチを採集し、雌のアコウコバチの数をカウントする。

結果（雌のアコウコバチの個体数）

湯浅町田：8~21 由良町神谷：1630
日高町比井：412 御坊市下楠井：27

(v) アコウコバチの生態 考察

- ・中紀地方のアコウの「花のう」と「果のう」のアコウコバチを年間を通して継続的に調査してきた。その結果とハエ取り紙調査の結果から雌のアコウコバチは 7 月~8 月が最も産卵のピークであると考ええる。

- ・年間を通して継続的にアコウコバチを採集できたのは 6 地点のうち湯浅（4 月~5 月）と日高町の比井（5 月）、御坊市下楠井（4 月）の 3 地点だけであり、その数も雌と比較して極めて少なかった。採集時期に共通しているのは 4 月から 5 月という点である。

- ・アコウの「花のう」の産卵管の斑点調査をした結果、平均すると花のうの直径が約 4.2mm 以上になると雌のアコウコバチが花のうに産卵すると考える。

- ・アコウコバチのライフサイクルはタマゴ、幼虫、蛹、そして成虫になり花のうの外に飛び出し、他の花のうに入りタマゴを産み付ける。そして、越冬する。

(vi) アコウコバチの生態 展望

- ・アコウコバチの生活環において幼虫から成虫になる過程の画像撮るための工夫を考える。
- ・アコウコバチの調査については、さらに継続的な調査と調査方法を工夫することにより、多くの未解明な点について一つずつ解明していきたい。

3. 参考文献

- ・伊波佑輝.1999:身近なイチジク属の植物の教材化 花のうに共存するイチジクコバチ類を通して、沖縄県立宜野座高校（研報）,p211-216.
- ・大谷達也.2006:絞め殺しの木アコウの生活史.九州の森と林業 ,No78,p1-4.
- ・伊藤淑子・片山忠.1976:アコウの研究 アコウの北限を求めて,和歌山県立耐久高等学校生物部(研) ,p1-4.

- ・ J.galil ・ D.eisikowitch.1971:Studies on Mutualistic Symbiosis Between Syconia and Sycophilous Wasps in MnoeciousFigs.NewPhytol,(1971)70,773-787.

4. 謝辞

アコウおよびアコウコバチの調査研究に当たっては県立自然博物館理事吉田元重先生に、ご指導して頂いたことに深く、感謝申し上げます。

熱気球はどこまで軽くできるか

兵庫県立宝塚北高等学校 化学部
3年 平野 獏, 3年 多治見 大地, 2年 水田 千尋

1. はじめに

熱気球は、空気が暖まると膨張し密度が小さくなることを利用して浮揚する気球である。

熱気球の装置の質量を m 、常温で熱気球と同体積の気体の質量を w 、熱気球内の加熱された気体の質量を w' とすると、熱気球の飛ぶ条件は、

$$w' + m < w$$

と表される。気体の状態方程式 $pV = wRT/M$ より、気球内の加熱された気体の絶対温度を T' として熱気球が飛ぶ条件をまとめると次の式で表される。

$$m < \frac{MPV(T' - T)}{RTT'} \dots \textcircled{1}$$

アルキメデスの原理によれば浮力は体積が大きいほど大きくなり気球は飛びやすくなる。以上より熱気球をどれだけ小さく軽くできるかに興味をもった。また、過去の文献では燃料を除いた質量が 1.8 g のものが最軽量であることが分かった。

2. 目的

熱気球をどこまで軽くできるかを調べ、できるだけ軽い熱気球を製作して飛ばす。

3. 実験と結果および考察

熱気球は、袋、接続部、熱源から構成される。はじめは身近な袋、針金、エタノールを用いて様々な熱気球を製作し、飛ぶかどうか調べた。

袋(1)材質について

- ・ポリエチレン製のゴミ袋：飛んだが重い(27g)
 - ・コンビニのポリエチレン袋：熱で溶けた
 - ・アルミニウム箔で作った袋：重く飛ばなかった
- 可能な限り軽い素材として、食品用ラップフィルムを用いることにした。ラップフィルムを二重に重ねてアルミニウム箔で挟み、はんだごての熱で溶かして接着し、袋状にして実験した。
- ・ポリエチレン製ラップ(耐熱温度 110℃)：溶けた
 - ・ナイロンの両面をポリエチレンでコーティングしたラップ(耐熱温度 160℃)：溶けた
 - ・ポリメチルペンテン製ラップ(耐熱温度 -30℃～180℃)：溶けずに飛んだ

以上より、ポリメチルペンテン製ラップを用いることとした。このラップの質量は、 $1.8 \times 10^3 \text{ cm}^2$ あたり 1.519g であった。また、袋内の温度は 160℃ に到達していると仮定して実験を進めた。

(2)体積について

袋の体積は、表面積が同じであれば球形で最大である。平面状のラップから球形を製作するのは困難なため、ラップを折りたたんで正方形が 2 枚

重なった形にし、その 2 辺を接着して袋を作った。

様々な大きさの袋について、水槽に沈めながら内部に色水を入れて体積を測定し、元の正方形の一辺の長さ、内部の体積の関係を調べた(図 1)。

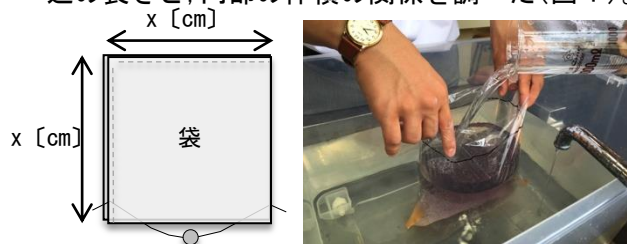


図 1. 熱気球の袋の一辺の長さ、体積の測定

得られたデータから近似曲線を求めると、ほぼ一辺の 3 乗に比例することが分かった(図 2)。

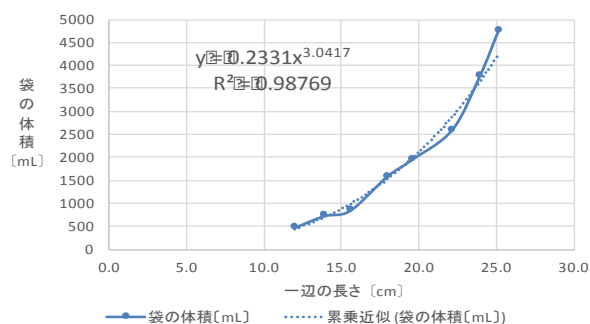


図 2. 袋の一辺の長さ、体積の関係

(3)袋の内部の温度について

袋の内部が 160℃ に到達していることから熱源からの距離と温度の関係について調べた。0.50g の脱脂綿に 1.0mL のエタノールを含ませて燃焼させ、上方の温度変化を測定した(図 3)。

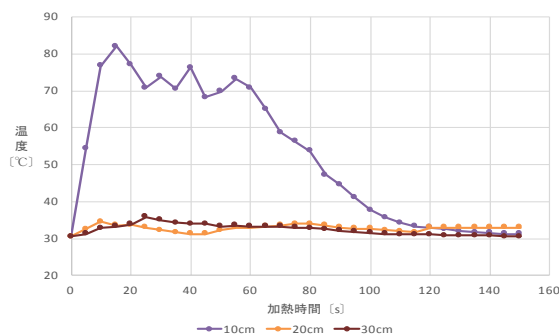


図 3. 加熱時間と熱源の上方の温度の変化

熱源から 10cm の高さで 82℃ まで、20cm、30cm の高さでは、ほとんど温度が変化しなかった。

熱源の上方の温度が高くなる要因には、輻射熱および高温の気体自身の上昇の 2 つが考えられるが、20cm、30cm の高さで温度変化がなかったことから、気球内部の温度上昇の原因は、高温の気体自身の上昇によるものと考えられる。

次に、燃焼によって生じた高温の二酸化炭素と水蒸気が上昇することを確かめるため、4 本のろうそくを縦に並べ、火をつけてから筒の中に入れて蓋をし、消える順番を調べたところ、ろうそくは上から順に消えた。二酸化炭素の分子量は 44

で空気の平均分子量より大きい、高温のため、水蒸気とともに上昇することが確かめられた。

接続部 熱に耐え軽いことが必要なので、ステンレス製で直径 0.19mm の針金を用いた。袋の下端が円形になったときの直径の長さで両端の袋に掛ける部分の 1.0cm ずつとを合わせて $2x/\pi + 2.0$ [cm] とし、袋の下端から 1.5cm の所に穴を開けて引っ掛けた。質量は 25cm あたり 0.056g であった。

熱源 (1) 素材について

熱源には、燃料、吸収材、受け皿の 3 つが必要と考え、はじめはエタノールと脱脂綿と受け皿のアルミニウム箔を用いたが、受け皿は重い使用せず液体燃料と脱脂綿だけを用いることにした。

(2) 燃料について

5 種類の物質について、0.050g の脱脂綿に燃料を含ませて、その質量、物質質量、燃焼して気体が生成するときに発生する熱量を調べた (表 1)。

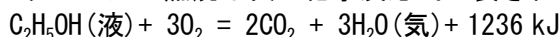
表 1. 0.050g の脱脂綿が含む物質とその燃焼熱

物質	化学式	質量 [g]	物質質量 [mol]	発生する熱量 [kJ]
メタノール	CH ₃ OH	0.393	0.0123	7.85
エタノール	C ₂ H ₅ OH	0.550	0.0120	14.8
アセトン	CH ₃ COCH ₃	0.436	0.00751	12.7
1-ペンタノール	CH ₃ (CH ₂) ₄ OH	0.415	0.00482	14.7
ヘキサン	C ₆ H ₁₄	0.315	0.00366	14.1

脱脂綿はセルロースからなり多くのヒドロキシ基 (-OH) をもつため、分子中に -OH をもち、その割合が大きい物質ほど多くの物質質量が含まれることが確かめられた。同質量の脱脂綿が含む燃料から最も燃焼熱が多く出るものはエタノールであった。

(3) エタノールの燃焼で生じる気体と熱について

エタノールの燃焼は次の化学反応式で表される。



空気の比熱を 1.0J/(g・K)、空気の平均分子量を 28.8 とすると、V [L] の気体を、t [°C] から 160°C まで上昇するには、

$$1.0 \times \frac{V}{22.4 \times \frac{273+t}{273}} \times 28.8 \times (160-t) \times 10^{-3} \text{ [kJ]}$$

の熱が必要である。ただし、暖めた気体はシャルルの法則によって膨張して袋から出るため、熱の損失がある。熱を加えて袋内に残る気体の割合は、 $\frac{273+t}{273+160} \times 100$ [%] である。これを熱効率とする。

まとめ 以上より、製作する熱気球の質量 $m_{\text{実際}}$ は、

$$\text{袋: } m_1 = \frac{1.519}{1.8 \times 10^3} \times 2x^2, \text{ 接続部: } m_2 = \frac{0.056}{25} \times \left(\frac{2x}{\pi} + 2.0\right)$$

$$\text{燃料: } m_3 = \frac{1.0 \times \frac{2.331 \times 10^{-4} x^3 \cdot 0.0417}{22.4 \times \frac{273+t}{273}} \times 28.8 \times (160-t)}{\frac{273+t}{273+160} \times 1236 \times 10^3} \times 46$$

$$\text{吸収材: } m_4 = \frac{0.050}{0.550} \times m_3$$

の和で、 $m_{\text{実際}} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$ である。この $m_{\text{実際}}$ が、前ページ①式の理論上の限界質量 $m_{\text{理論}} = \frac{MPV(T'-T)}{RTT'}$ を下回るとき、熱気球は飛ぶと考えられる。

いま、袋の体積は一片の長さ x のほぼ 3 乗に比例するのに対し、 $m_{\text{実際}}$ の大部分を占める袋は x を

小さくしてもラップの厚さが変わらないため 2 乗に比例する。したがって、x を小さくしていくと、あるところで $m_{\text{実際}}$ が $m_{\text{理論}}$ を上回り、限界となる。25°C で、様々な一片の長さ x と、 $m_{\text{実際}}$ と $m_{\text{理論}}$ を計算し、グラフを描いた (図 4)。

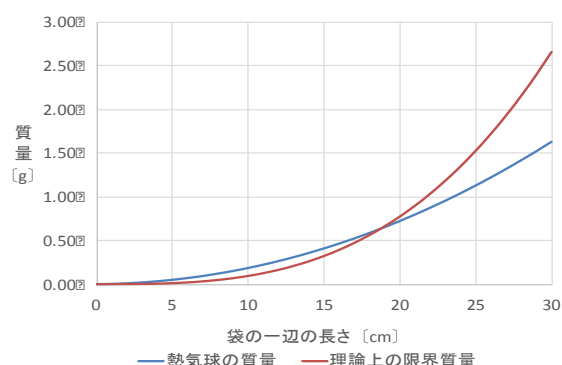


図 4. 袋の一辺の長さ x と質量の関係 (25°C)

このグラフの交点が、気温 25°C における限界質量 (0.650g) を示し、このとき x=18.9cm である。

さらに、気温と限界温度の関係を計算しグラフを描いた (図 5)。これより、限界質量の近似値を求めることができる。

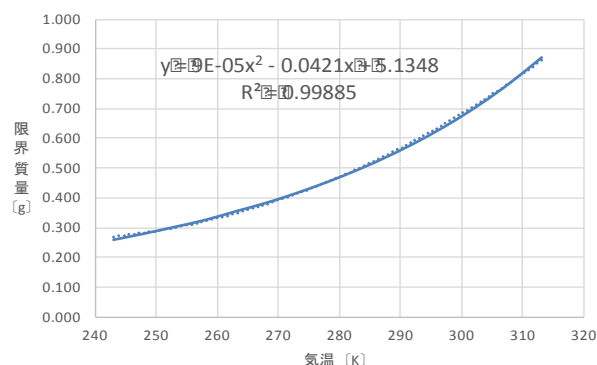


図 5. 気温と熱気球の限界質量の関係

以上をふまえて軽量化に挑戦した。これまでに飛んだ最軽量のは、 1.0×10^5 Pa, 11.5°C で、0.704 g (袋 0.661g, 針金 0.029g, 燃料 0.012g, 脱脂綿 0.002g, x=19.5cm) である (2016. 3. 9 現在)。

4. 結論

熱気球の限界質量は、袋、接続部、燃料の吸収材、燃料の種類と周囲の気温で決まる。

この研究の熱気球の製作方法では、理論上 25°C で 0.650g まで軽くすることができる。

5. 今後の課題

袋の形状の改良、熱効率および袋内の温度の正確な測定と、理論値に近い熱気球の製作を行う。

6. 参考文献

- 化学基礎、化学 (実教出版)
- ニューステージ化学図説 (浜島書店)
- いきいき物理わくわく実験 (愛知物理サークル)

扇風機後方はなぜ涼しくないのか

兵庫県立宝塚北高等学校 園芸部
3年 行田結希 石垣綾乃
田淵蓮 竹村一樹 2年 飯田陽

動機と目的

夏のある日、扇風機前方では風を受け涼しいが、後方では涼しくなかった。疑問に思い、後方で涼しくない理由を調べることにした。

仮説 1

扇風機の後方では風がないから涼しくないのではないかと考えた。ただし、普段風を浴びる空間を前方、その反対を後方、網で囲まれた空間の後方側を内部と定義する。

実験 1

扇風機の 10cm 後方で薄い紙をかざした。風の有無と方向を調べた。風速計を使って扇風機の前後の風速の違いを調べた。

結果 1

紙は扇風機の方方向になびいた。風速は測定できなかった。これは、扇風機のモーターによる磁場が影響を与えたためである。

考察 1

後方にも風があると分かった。回転翼が空気を押しだすと同時に吸い込むからだと思う。

仮説 2

回転翼の後方を塞ぐと、風の起き方に変化が起きるのではないかと考えた。

実験 2

後方の全面をゴミ袋で完全に塞いだ扇風機を用意し、内部、前方、扇風機から離れた場所(今後基準)の気圧をそれぞれ約 30 秒間 100Hz で測定した。測定には spark (PS-2008A 島津理化) に気圧測定のアタッチメントを接続して使用した。

結果 2

図 1 に測定気圧をヒストグラムで示した。

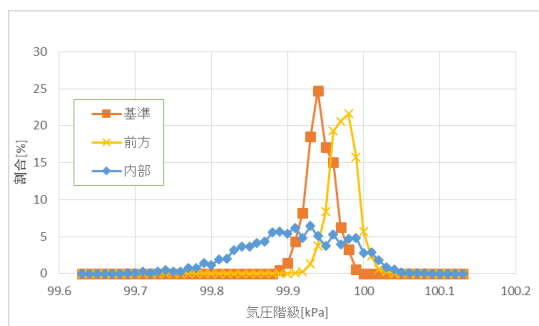


図 1 後方を完全に塞いだ気圧のヒストグラム

後方を塞いだ場合、前方に風は発生しなかった。気圧の平均値は、内部が 99.91kPa、前方が

99.97kPa、基準が 99.94kPa であった。測定器の分解能は 0.1kPa であるため、平均値に有意な差を観測できなかった。そこで、測定した場所ごとに 0.01kPa の幅でヒストグラム化した。

考察 2

平均値に有意な差がなくても、ヒストグラムには大きな差が出た。内部の気圧は、基準や前方と比べ、気圧が高い回数が減り、気圧が低い回数が増えることが分かった。同様の実験を 10 回繰り返しても同じ結果を得た。

後方を塞ぐと回転翼が回っていても風が起きないことから、風は回転翼が直接空気を押し出して起こすのではないと分かった。また、回転翼は内部に低気圧をつくっている。

仮説 3

扇風機内部の低気圧によって風が生じるのであれば、後方を塞がなくても内部に低気圧は発生しているのではないかと考えた。

実験 3

後方を塞いでいない扇風機を用意して、基準と前方、内部の 3 点の気圧をそれぞれ測定した。測定方法は実験 2 と同様にした。

結果 3

図 2 に測定気圧をヒストグラムで示した。

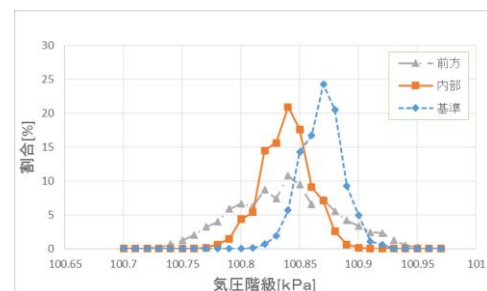


図 2 通常時の気圧のヒストグラム

考察 3

基準と比べ、後方は気圧の低い回数が多い。後方を塞がなくても内部に低気圧が発生していた。前方も気圧の低い回数が多いことが分かった。

扇風機が風を起こす仕組みは、次のようである。回転翼は直接風を起こさず、空気を押しだすことで、低気圧を発生させる。そして、その低気圧に後方から空気が流れ込み風となっている。

仮説 4

扇風機後方を半分だけ塞ぐと、塞いだ前方は風が生じず、残りの半分の前方でのみ風が生じるのではないかと考えた。

実験 4

後方を半分だけ塞ぎ、10cm 前方で薄い紙をかざし、場所ごとに紙がなびくか調べた。

結果 4

扇風機の半分の面で前方では紙がなびき、残りの面の前方ではなびかなかった。しかし、塞いだ場所と紙がなびかない場所は少しずれていた。

考察 4

考察 3 の通り、扇風機の風は回転翼が回るだけでは生じず、後方から風が流れ込み生じている。ただし、回転翼は風の向きを少し変えている。

仮説 5

フォグマシンを使えば、扇風機後方の空気の流れを可視化できるのではないか。

実験 5

後方で煙を発生させ、煙の動きを調べた。

結果 5

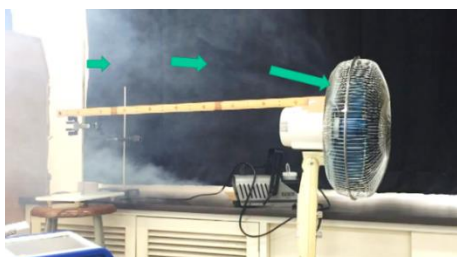


図 3 扇風機後方の煙の動

図 3 に実験の様子を示す。矢印の向きと長さで、煙の動く向きと速さを定性的に表した。

考察 5

空気は扇風機の 1m 以上後方から徐々に加速される。特に扇風機のすぐ後ろで急加速していた。

空気は高気圧から低気圧に向かって流れる。後方 1m 離れた所から扇風機のすぐ後ろにかけて気圧が低くなる勾配ができていていると思われる。

仮説 6

扇風機後方の気圧は扇風機に近づくとつれ、低くなっているのではないか。

実験 6

扇風機の内部と、後方から 1m 先まで 10cm 間隔でとった 10 地点の気圧を測定した。

結果 6

図 4 に測定した点のうち 5 点の気圧についてヒストグラムを示す。

考察 6

扇風機に近づくとつれて、気圧の高い回数が減少し、低い回数が増加した。実験 5 で観察した煙の様子と一致した。

仮説 7

扇風機後方で気圧勾配が出来るのには時間がかかるのではないか。

実験 7

後方に蠟燭を 5cm 間隔で設置し、ビデオカメラで撮影した。動画で炎の揺らぎを観察した。後方の気圧差の伝わり方を求めた。

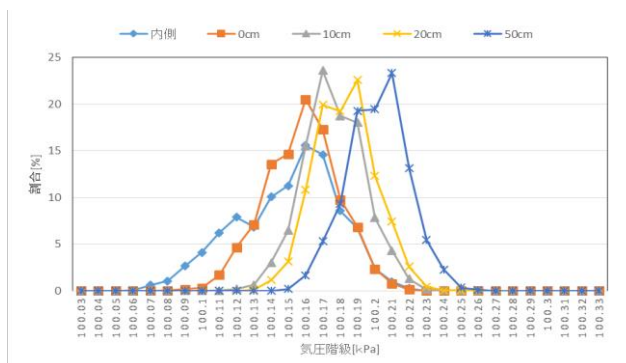


図 4 扇風機後方からの距離と気圧の分布

結果 7

図 5、6 に結果をグラフで示した

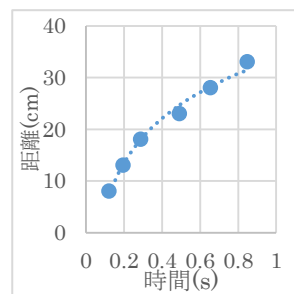


図 5 後方の気圧差が

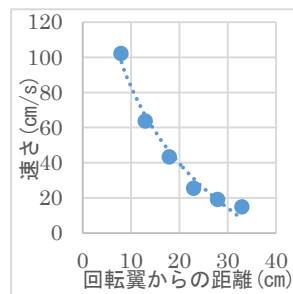


図 6 後方の距離と気圧差の伝わる速さ

考察 7

後方からの距離と後方の気圧差の伝わり方は対数の関係がある。後方に近い所ほど、後方の気圧差の伝わり方は大きい。実験 5 で観察した煙の様子、実験 6 で測定した気圧の変化と一致していた。

仮説 8

扇風機後方に物体があると、物体を避けるように空気が動くのではないか。

実験 8

後方 50cm の所に人を立たせた。後方で煙を発生させ、煙の動きを調べた。

結果 8

煙は後方では人を回り込むように流れた。

考察 8

後方では、空気は物体を避けるように流れ、後に後方に吸い込まれると考えられる。

結論

扇風機には後方にも風が生じている。しかし、扇風機の真後ろで空気が急加速するため、そこ以外では風が弱い。また、後方では空気が物体を避けるため、人が立っていると風が当たらない。以上より後方では涼しさが感じられない。

参考文献

- 1) 安達勝之・菅野一仁著, 絵ときでわかる 流体力学(第 2 版), オーム社(2014)
- 2) 吉中司著, ジェット・エンジンの仕組み—工学から見た原理と仕組み, 講談社(2010)

武庫川の定点における淡水魚の出現パターン

関西学院高等部 理科部
3 年 田中康就 大西義之 小山雄太郎 岡拓也
藤井亮哉 山下泰生 古野壮一郎 中岡尚哉
1 年 宇佐美かほる 原井里奈

1. 動機及び目的

淡水魚の多くは季節や成長段階によって川の中を移動し生活場所を変えるといわれているが、その詳細はほとんど分かっていない。移動分散パターンは、淡水魚の生活史を解明し保全に役立てるための有益な情報となる。そこで我々は、淡水魚の河川内での移動分散パターンを明らかにするために、西宮市の武庫川で1地点の定点を設けて、淡水魚の出現パターンの季節変化を調べた。

2. 方法

調査地は支流仁川河口部の約60mの区間(図1)で、調査は2012年9月から2015年8月まで3年間、毎月1回行った。環境データとして、ポータブル pH 計を用いて水温、pH を計測した。1回の調査につき、調査区間で投網を5投した後、3人がタモ網を用いて15分間、淡水魚を採集した。採集されたすべての魚の種類、標準体長、個体数を記録し、その場で放流した。データは、2012年9月から2013年8月までを2012年度、以下、同様に2013年度、2014年度とした。環境データ、各種の月ごとの出現個体数の変化を年度ごとにグラフ化した。特に出現個体数の多い種については月ごとに体長分布をグラフ化し、その月の平均体長と標準偏差を算出した(ただし、スペースの関係上、この論文では示さなかった)。



図1 調査地

3. 結果と考察

3.1. 水質データ

水温は、3年間の最高水温は29.8℃(2012年8月)、最低水温は6.3℃(2012年2月)だった(図2)。pHの最高値は10.63(2014年9月)、最低値は6.39(2012年11月)で、両年度ともに冬場に低く、夏場に高くなる傾向がみられた(図3)。

3.2. 淡水魚全体の出現パターン

淡水魚は、2012年度には計17種3374個体、2013年度には計20種3876個体、2014年度には計21種3682個体が採集された(表1)。調査期間を通して出現個体数が最も多かったのはオイカワで、3年度ともに全体の65%以上を占めていた。次いで、

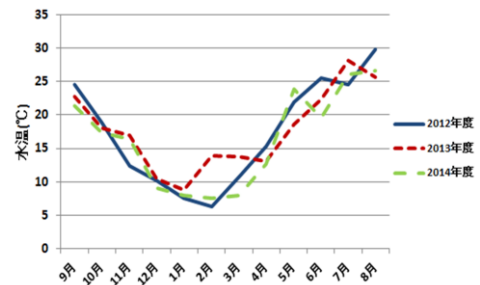


図2 3年間の月ごとの水温の変化

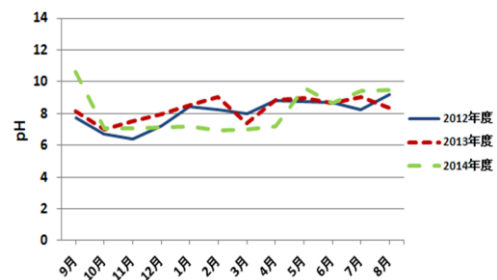


図3 3年間の月ごとのpHの変化

表1 調査期間中に採集された魚種と個体数

種名	年度	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	合計	3年間合計
オイカワ	2012	176	388	735	402	57	1	0	18	46	283	25	70	2201	7457
	2013	102	416	204	1063	74	3	449	209	52	13	81	95	2761	
	2014	19	99	303	1974	17	3	5	1	4	1	27	42	2495	
	2014	20	181	48	221	1	1	0	5	27	9	2	0	519	
コウライモロコ	2012	20	70	68	30	49	20	113	157	0	3	14	13	557	1428
	2013	11	21	124	95	45	33	9	2	1	10	0	0	352	
	2014	56	39	11	14	8	9	11	4	10	0	10	9	181	
	2014	34	22	9	4	3	7	11	29	1	2	59	37	218	
カマツカ	2012	28	28	27	5	17	12	4	12	0	2	48	90	273	672
	2013	4	46	0	1	0	0	0	0	0	0	35	53	76	
	2014	76	4	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	84	
	2014	4	15	34	1	5	1	8	0	0	0	57	6	126	
ギンブナ	2012	3	2	1	0	0	0	0	0	0	29	4	37	78	286
	2013	7	13	2	1	2	1	1	0	1	3	33	5	69	
	2014	2	1	1	2	1	0	4	2	25	39	7	13	97	
	2014	8	0	0	0	0	0	0	0	0	3	19	1	31	
タモロコ	2012	0	2	3	0	0	0	0	0	4	9	6	1	25	194
	2013	20	1	9	0	4	0	0	0	4	1	5	44	95	
	2014	1	0	1	1	0	0	8	0	0	1	1	5	25	
	2014	0	0	7	0	5	7	6	1	10	10	0	0	46	
コイ	2012	4	4	3	2	0	0	0	0	0	2	1	6	22	90
	2013	5	16	0	0	0	0	0	0	0	5	5	20	51	
	2014	0	2	3	0	0	0	0	0	0	1	7	4	17	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ミナミメダカ	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	9	25	
	2014	6	1	5	1	0	0	0	2	5	13	3	45	70	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	5	11	31	
ガフヨシノボリ	2012	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	59
	2013	0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	28	11	46	
	2014	5	5	2	0	0	0	1	2	0	5	5	2	27	
	2014	2	0	1	1	0	0	0	2	0	0	0	0	6	
ドンコ	2012	0	0	3	0	0	0	1	1	2	11	6	0	25	58
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	
	2014	12	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14	
	2014	0	6	19	0	0	0	0	0	0	8	6	39	74	
ゲンゴロウブナ	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27
	2013	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	7	
	2014	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	17	20	
	2014	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	
オオクチバス	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	1	8	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	9	12	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	6	
カフムツ	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19
	2013	1	0	9	0	0	0	0	1	0	0	1	12	19	
	2014	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	
	2014	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	
アユ	2012	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	18
	2013	2	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	6	11	
	2014	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	9	
	2014	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	1	7	17	
ブルーギル	2012	0	0	5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	6	18
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	1	0	5	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ドジョウ	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	3	5
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ナマズ	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ムギツク	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ギギ	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
フナ sp.	2012	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	34
	2013	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	2014	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

※背景の色は、緑が100個体未満、青が100～999個体、赤が1000個体以上を示している。
※体長が小さく同定困難なフナ類はフナ sp.とした。

コウライモロコ、カマツカが多く、3年度ともにこの3種類で出現個体数の90%程度を占めた。また、出現した種数、総個体数は季節により大きく変動しており、夏から秋にかけてともに増加し、

冬には大きく減少した（図4、5）。ただし、総個体数はオイカワとコウライモロコの個体数の増減に大きく影響を受けていた。

3.3. 淡水魚各種の出現パターン

調査地点での淡水魚の出現パターンは、大きく3つに分けられた。1つ目は、調査地点付近で産卵していると考えられる種である。オイカワ、タモロコ、フナ類、コイがこのパターンにあてはまっ

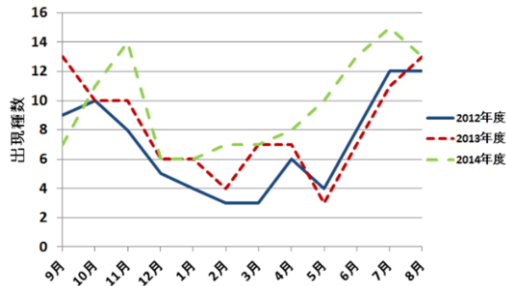


図4 3年間の月ごとの出現種数の変化

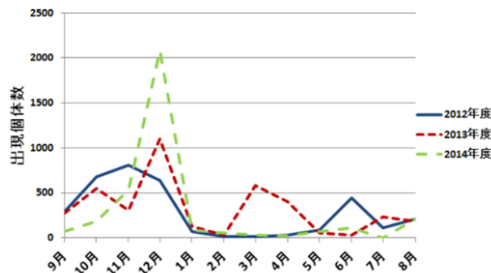


図5 3年間の月ごとの出現個体数の変化

た。これらの種は産卵期の5～8月に当歳魚と思われる体長の小さな個体^{1,2)}が出現した。したがって、調査地点付近で産卵していると考えられる。しかし、各種の年間を通しての出現パターンは少しずつ異なっていた。

オイカワは1年中出現したが、秋から初冬にかけて特に多く出現し、水温が10℃を切る晩冬から初春にかけて激減した。このことから、調査地点と本流の間を季節移動していると推測された。成魚と当歳魚の出現時期から、水温が20℃を上回るころに産卵していると考えられた。

タモロコは5～6月に当歳魚が出現し、体長が60mm以上の個体はほとんど出現しなかった。したがって、当歳魚は急速に成長し、66mmを超えてから本流に移動していると考えられる。

コイは5～6月に当歳魚が出現し、体長が100mm以上の個体はほとんど出現しなかった。したがって当歳魚は急速に成長し、体長100mmを超えてからは本流に移動していると推測された。

ギンブナとゲンゴロウブナは夏～秋にかけて多く出現し、冬はあまり出現しなかった。したがって、冬は本流に移動していると推測された。

2つ目は、武庫川本流で産卵していると考えられる種である。コウライモロコ、カマツカ、アユがこのパターンにあてはまった。

コウライモロコとカマツカは、5～8月に成魚と思われる体長の大きな個体が大きく減少し³⁾、その1～2ヶ月後に再び出現していた。この時期はこの2種の産卵期であり²⁾、本流に移動し産卵していると推測された。しかしながら、コウライモロコは秋から冬にかけて出現個体数が多く、年間を通して大きく変動していたが、カマツカは産卵期以外に出現個体数の大きな変動は見られなかった。したがって、コウライモロコは調査地点と本流の間を季節移動し、カマツカは、産卵期以外はあまり移動しないと推測された。

アユは5～8月にのみ出現した。アユは初夏に河川を遡上し、秋に産卵のために下流へと移動することが知られている²⁾。したがって、調査地点に出現してきた個体は、本流を遡上してきたあと、産卵のために本流下流に移動していると推測された。

3つ目は、本流にはほとんど生息せず、支流から流下してきたと考えられる種である。シマヒレヨシノボリ、オオクチバス、カワムツ、ブルーギル、ムギツク、ドンコ、モツゴがこのパターンにあてはまった。本調査地点は、仁川と川西川が武庫川に流入する地点である。これらの種は出現個体数が少なく、付近の1日の降水量が50mm近い降雨⁴⁾による増水の直後に出現することが多かった。また、これらの種は武庫川本流の下流部にはほとんど生息していない⁵⁾。したがって、増水によって調査地点に流されることによって出現していると推測された。

そのほかに、カワヨシノボリ、ギギ、コウライニゴイ、ドジョウ、ナマズ、ミナミメダカが出現したが、出現個体数が少なかったため、考察できなかった。

4. 参考文献

- 1) 中村守純(1969)日本のコイ科魚類、資源科学研究所
- 2) 川那部浩哉・水野信彦(1989)山溪カラー名鑑 日本の淡水魚、山と溪谷社
- 3) 上野智(2002)カマツカの成熟年齢と成熟サイズ、陸水学報、17:33-41
- 4) 国土交通省水文水質データベース、<http://www1.river.go.jp/> (2015.10.9閲覧)
- 5) 富永浩史(2014)武庫川下流域の淡水魚の生息状況、武庫川市民学会誌、2:62-66

シャボン膜に関する研究

神戸鈴蘭台高等学校 理科部
3年 高橋拓也, 足立宙夢

1. 動機及び目的

シャボン玉の虹色は、光の薄膜干渉によるものである。干渉の条件式から光の波長が決まれば膜の厚みを測定することが可能である。

そこでこの干渉縞を観察することでシャボン膜の厚みが時間と共にどう変化するかを測定し、洗剤濃度とシャボン膜の耐久時間の関係について調べることにした。

2. ドデシル硫酸ナトリウム (DS) の cmc 測定とシャボン膜の耐久時間測定

(1) 実験方法

洗剤の特性は臨界ミセル濃度 (cmc) に大きく左右される。そこで最初に DS の cmc を導電率から求めた。同時に、プラスチック製の枠にシャボン膜を張り各濃度の DS 溶液におけるシャボン膜の耐久時間を測定した。

(2) 結果

図1の導電率の測定から $\text{cmc}=0.008\text{mol/L}$ と求められた。耐久時間については図2の通り、 0.01mol/L 付近にピークがあり、cmc との一致が見られた。

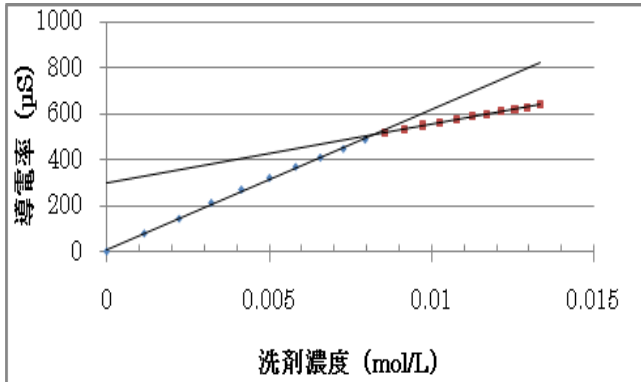


図1 洗剤濃度と導電率の関係

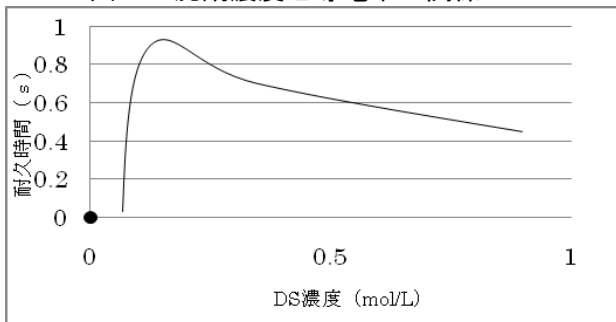


図2 シャボン膜の耐久時間

3. シャボン膜の厚み測定

(1) 実験方法

図3, 4に示す装置を自作した。2(1)で用いたプラスチック製の枠内にシャボン膜を張り、装置にセットする。このとき干渉縞の暗線の位置 a からその暗線のある膜の厚み d は次の式で求められる。

$$d = \{1.33(a^2 + 115^2)^{1/2} m \lambda\} / (2 \times 115n)$$
$$(m=0, 1, 2, \dots) \quad \lambda=635\text{nm} \quad n=1.33$$

干渉縞の様子はスマートフォンにより録画し、膜の破裂する直前の画像から3秒ごとに12秒前まで画像を解析した。

(2) 結果と考察

測定した結果を図5に示す。12s前と直前の膜厚の変化量 (横軸) は 0.01mol/L と 0.004mol/L は広いが、 0.008mol/L は狭くなっている。すなわち図2において 0.01mol/L 付近でシャボン膜が一番長持ちする要因は、膜厚の薄くなる速さがこの濃度で最小となることにありと結論づけられる。

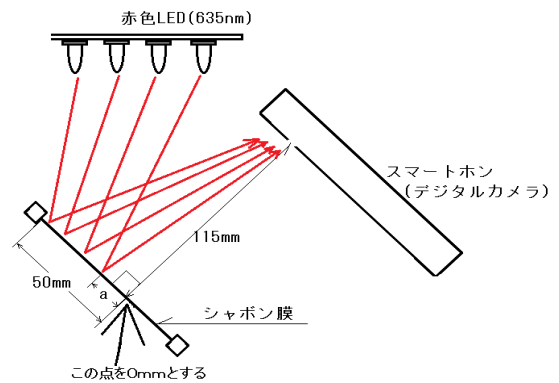


図3 干渉縞解析装置 (概略図)

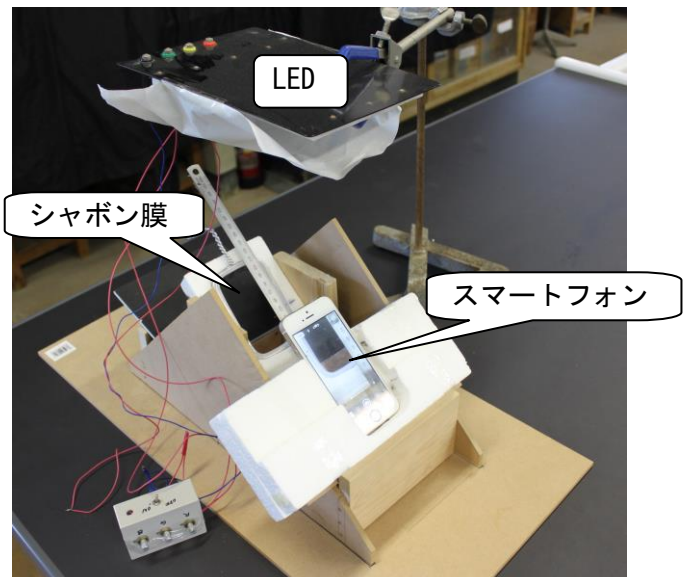


図4 干渉縞解析装置 (写真)

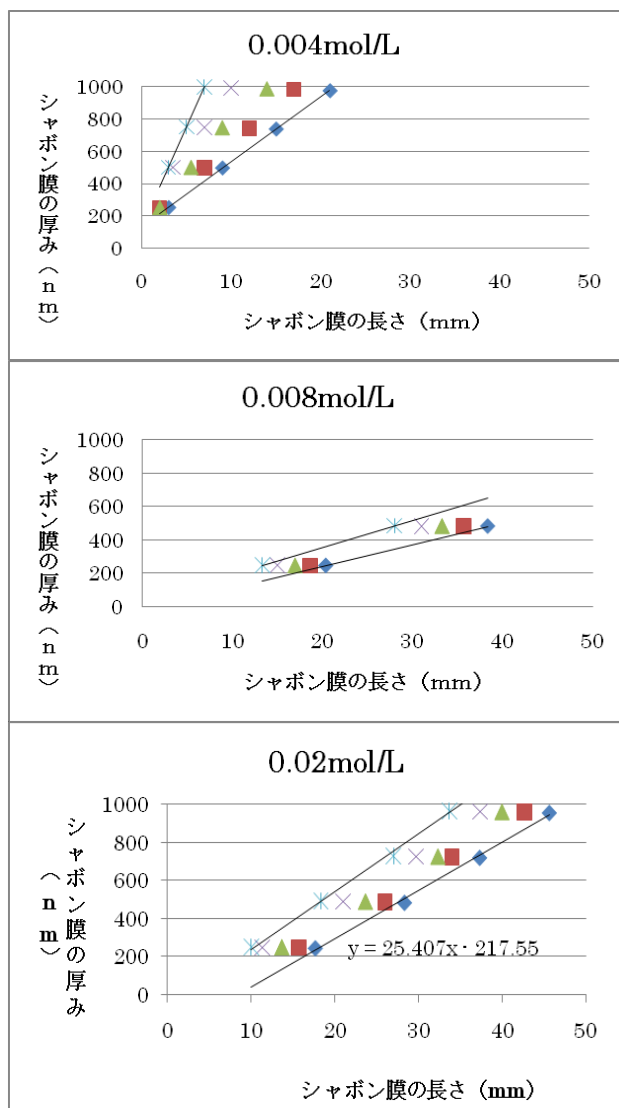


図5 DSの濃度とシャボン膜厚の変化量

◆破裂直前 ■3秒前 ▲6秒前 ×9秒前 ※12秒前

4. ポリビニールアルコール（以下 PVA）を用いた実験

市販のシャボン液には、PVA が添加されている。そこで、PVA の添加によってシャボン膜の膜厚の変化が小さくなると仮説を立て実験で確かめる事にした。

(1) 方法

図1の装置を用いて、0.008mol/L DS 溶液に PVA を 0～4%添加して膜厚の変化を調べた。

(2) 結果と考察

結果は図6に示した。PVA 0～1%はあまり変化が見られないが、2～4%はPVAの添加量に応じて、膜厚の変化が小さくなってるのがわかる。このことからPVAを添加すればするほどシャボン膜の膜厚の変化が小さくなり、よってシャボン膜が長持ちする事と考えられる。

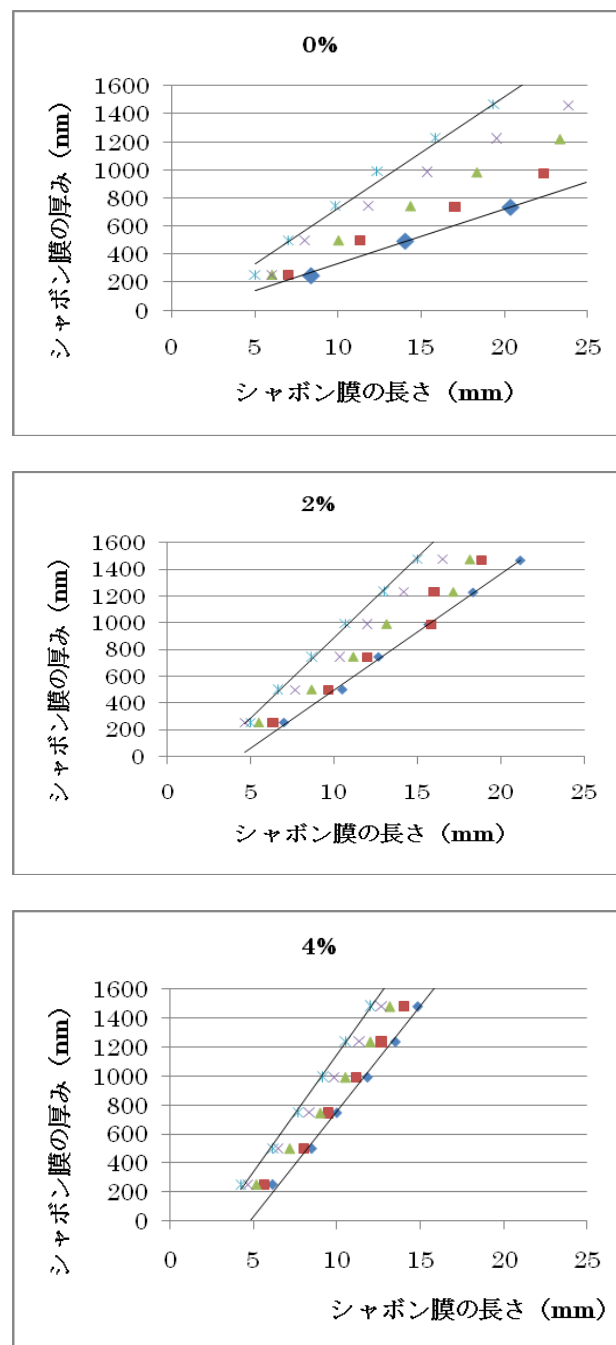


図6 PVA 濃度とシャボン膜厚の変化量

5. まとめ

今回の実験では試作した装置を用いてシャボン膜厚の変化が追跡出来ることがわかった。以下に結果を記す。

1. DS 濃度が cmc においてシャボン膜の膜厚変化が最小となる。
2. PVA は添加するほどシャボン膜の膜厚変化は小さくなる。

参考文献

- 1) 國友正和他, 物理, 数研出版(2012)
- 2) 竹内節, 界面活性剤, 米田出版(1999)

近隣小学校にあったラベル不可読薬品の判別

兵庫県立津名高等学校 化学部
3年 池田智哉, 内海虹介
2年 山口賢太郎, 西岡泰徳, 坂東慶希
1年 太田晃生, 木下祐輝, 田村希美

1. 動機及び目的

継続した研究テーマもなく、高校化学未履修の生徒達でできることを探していた時、「小学校でラベルが古く読めなくなった薬品の対処に困っている」という話を聞いた。近年淡路ではいくつもの小学校が統合され、また、テロ対策で薬品管理の徹底が求められている。それらの薬品を判別し、有効利用する方法を探ることが地域貢献にもつながると思い取り組むことにした。

2. 方法

小学校にあった薬品であることから見当をつけ、化学図説等で確認方法を探して確かめた。

(1) 液体ビン 20 本について次のことを調べた。

①色, 臭い, pH 等。②塩酸の可能性を Ag^+ , 硫酸は Ba^{2+} との沈殿反応。硝酸の可能性を銅との反応やパックテスト。③塩基性のものについては Na^+ や Ca^{2+} の存在を炎色反応で調べた。④中和滴定でおおよその濃度を調べた。

(2) 固体 6 種については色と状態を観察し、高校にある薬品と比較することで見当をつけ、その確認実験を行った。

(3) さらに、市内の小学校 17 校、中学校 4 校を訪問して理科室や薬品庫を見学し、どんな薬品があるかや現状等を教えてもらった。

3. 結果と考察

(1) 結果と推定を以下の表 1, 2 にまとめた。

表 1 調べた液体試薬(一部抜粋)

No.	pH	色	Ag^+	Ba^{2+}	その他	推定薬品名
1	酸性	無色	+	+	※1	2mol/L硫酸
2	酸性	無色	—	—	銅で赤褐色気体発生	9mol/L硝酸
3	酸性	茶変色	—	+		9mol/L硫酸
4	弱酸性	茶変色	—	—	酢の臭い	酢酸
5	酸性	無色	—	+	※2	硫酸
6	塩基性	無色	—	—	アンモニアの臭い	アンモニア水(濃)
7	酸性	無色	—	+	$\text{K}[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ で青色に	不明
8	酸性	無色	—	+	粘性あり 比重大	濃硫酸
9	塩基性	無色	—	—	炎色反応(オレンジ)	水酸化ナトリウム
10	酸性	無色	—	+	※3	濃硫酸
11	酸性	無色	++	—	※4	5.5mol/L塩酸
12	中性	緑色	—	—	アンモニア水で青色に	硫酸ニッケル(?)

表 2 調べた固体試薬

No.	色	形状	確認方法	推定薬品名
A	黒紫色	鱗片状	加熱すると赤紫気体に	ヨウ素
B	桃色	角粒状	加熱すると青色に	シリカゲル
C	白黄土色	砂状	硬くて水にとけない	ケイ砂
D	銀色光沢	涙形状	水酸化ナトリウム水溶液にとける	スズ
E	赤橙色	角粒状	塩基性で黄色、酸性で赤橙色	ニクロム酸カリウム
F	白色	半球状	炎色反応が黄色 強アルカリ	水酸化ナトリウム



図 1 判別前の状態 → 判別した薬品

(2) 判定が難しかった事例と予想外の反応

※1 硝酸銀反応陽性のため希塩酸と推定したが、沈殿量と滴定濃度が適合せず、硝酸バリウムにも反応して硫酸の存在も確認できた。

※2 濃い硫酸にフェノールフタレインを滴下すると、橙色に変化したため、塩酸、硝酸、硫酸をそれぞれ濃度を変えて用意し、確認を行った(図 2)。

※3 酸を中和滴定した際に、水酸化ナトリウム水溶液を加えると、泡が発生したものがあつた。

※4 高濃度の酸に硝酸銀を滴下すると、沈殿がすぐに消滅する現象が見られたので、濃度の異なる塩酸を用意し、確認を行った(図 3)。

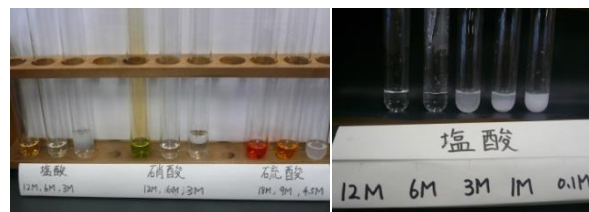


図 2 フェノールフタレインの色の変化 図 3 塩化銀白濁の様子

(3) ※1 についての検証

硝酸銀水溶液を水道水に滴下しても白色沈殿が生成したため水道水混入を考えた。小学校訪問の際に確認すると、多くの小学校で昔は希釈に水道水が使用されていた。現在は希釈された薬品を購入することが多い。

(4) ※2 についての考察

無色から赤色への変化を見る中和滴定で、いきなり黄～橙色に変化した。色から硝酸の影響かと思当をつけたが、硝酸は含まれていなかった。確認実験でフェノールフタレインは強酸性では橙色に変化することが分かった。概ねの濃度を調べる目的で、強酸溶液を薄めずに用いたために知ることができた。

(5) ※4 についての考察

昨年の発表で「化学平衡」や「錯イオン」が関係しているのではないかとアドバイスを頂き次の実験を行った。

【実験 1】 化学平衡に関する検証

『硫化亜鉛の生成する pH 条件』⁴⁾の実験を参考に、塩酸濃度を変えて反応を調べた。各濃度溶液 6mL に 0.1M 硝酸銀水溶液を 2 滴ずつ加えた。

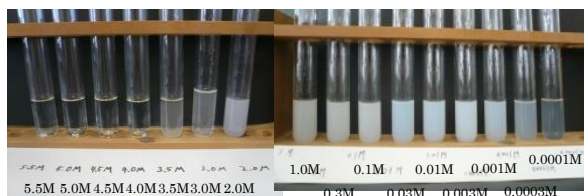


図 4 塩酸の濃度と沈殿生成の関係

【結果 1】

塩酸濃度 4.0M 以上で沈殿が消え、薄いほど沈殿が残った。しかし、0.001M より薄くなると沈殿生成量が減っていった。

【考察 1】

理論値を求めようとしたが、HCl の電離定数は非常に大きく、電離平衡の影響とは考えにくいことが分かった。濃塩酸でも電離していることを粉末リトマスを用いて確認した。



濃硫酸
変化無し
濃塩酸
赤変した

図 5 粉末リトマスを用いた酸の電離の確認

【実験 2】 錯イオンに関する検証

沈殿が消えるのは Cl^- の濃度が関係していると考え、塩化ナトリウム水溶液を用い、濃度を変えて硝酸銀水溶液との沈殿生成の反応を見た。

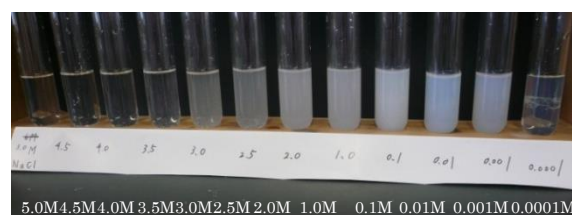


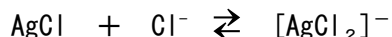
図 6 塩化ナトリウム水溶液の濃度と沈殿生成の関係

【結果 2】

塩酸のときとほぼ同じ結果で 4.0M 以上では沈殿が消えた。このことから沈殿生成には Cl^- の量が関係していることが分かった。

【考察 2】

Cl^- の濃度が高いと沈殿が多く生成するはずであるが、生成した沈殿が溶けたのは、過剰に存在する Cl^- が



と、錯イオンになり水溶液中に溶け込んでしまっていると考えられる。

【実験 3】

Ag^+ の量による沈殿の変化を見るため、滴下する硝酸銀水溶液の濃度を変化させて、0.1M 塩化ナトリウム水溶液を 2 滴ずつ加えた。

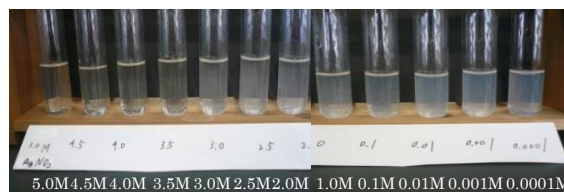


図 7 硝酸銀水溶液の濃度と沈殿生成の関係

【結果 3】

硝酸銀水溶液の濃度が 3.5M 以上では生成した沈殿が溶けた。実験 1, 2 に比べて白濁が生じにくかった。粒の大きい塩化銀が生成していた。

【考察 3】

硝酸銀水溶液の濃度が高いと過剰に存在する Ag^+ の量が増え、錯イオン $[\text{Ag}_2\text{Cl}]^+$ になって溶けると考えられる。

4. 今後の課題

- ・今回は見た目だけの判断だったため、定量的な実験を行って、数値を用いた解析を行いたい。
- ・実験 3 では、実験 1, 2 より生成した塩化銀沈殿の粒が大きかった。なぜ粒が大きくなったのか調べていきたい。
- ・未知物質を確定する高度な方法についても調べてみたい。
- ・薬品庫のさびや薬品瓶につく結晶を防ぐ方法など、薬品の保管方法について情報を集めたい。
- ・小学校を訪問した際、さらにニーズがあることがわかったため、今後も協力していきたい。
- ・塩化物イオンに硝酸銀水溶液を滴下しても沈殿ができなかったり、フェノールフタレインが酸性でも色の変化があったりと、教科書には載っていない現象を知ることができた。教科書の内容のみに捉われることなく、自ら進んで研究を行っていきたい。

5. 参考文献

- 1) 教科書 化学基礎 数研出版
- 2) フォトサイエンス化学図録 数研出版 (2014)
- 3) スクエア最新図説化学 第一学習社 (2013)
- 4) ト部吉庸 『硫化亜鉛の生成する pH 条件』サイエンスネット第 54 号 数研出版

走行中における白線検知システムについて
ロボカップジュニアサッカーチャレンジにおける
「アウト・オブ・バウンズ」対策

兵庫県立三田祥雲館高等学校 理科部
2年 田中暁 中島香名子
1年 今川楽人 福田尚寿 小河彩輝

1. 動機及び目的

本校理科部は、平成 24 年度よりロボカップジュニアサッカーチャレンジに取り組んでいる。

この競技には「ロボットが白線を越えフィールド外側に出るとその機体は 1 分間の退場を命じられる（アウト・オブ・バウンズ）」ルールがあり、1 チーム 2 台で行う競技では退場させられると必ず相手に得点を与える結果となるため、対策が望まれる課題ではあるが、決定的な解決策が見出せずに 3 年が経過していた。昨年 3 月に開催された全国大会においても決勝トーナメントには進出をしたが、上位入賞を果たすことができなかった。

本研究では以下の方法をもってこの課題を解決することを目的とする。

2. 検討項目

- A) ラインセンサーに関する検討
(センサーによる白線の見落とし)
- B) プログラムループ時間に関する考察
(センサー読み取りタイミング)
- C) センサー出力信号を延長するための工夫
(ワンショット回路の設置)

3. 検証実験と結果考察

A) ラインセンサーに関する検討

一昨年まで利用していた「DAISEN 社製ラインセンサー DSR-543」はライントレース競技でもよく利用されている赤外線を照射しフォトトランジスタで読み取る反射型赤外線フォトリフレクタと呼ばれるタイプのものである。

本競技では緑色フィールドと白線の色の違いをセンサーにより読み取るが素材等の指定はなく、ただ、緑と白という色の指定のみである。このため、競技場によってセンサーによる読取値は大きく異なり、数値の較正に多くの時間が費やされていた。また、全国大会における上位入賞チームの多くは、高



輝度 LED を利用していたことから「DAISEN 社製ホワイトラインセンサー DSR1502」を入手し、比較検討を行った。

このセンサーは高輝度赤色 LED で照射した可視光領域の光を、分光感度特性が人間の視感度特性に近いフォトトランジスタで読み取るため、反射率のみで色を特定することを考えると赤色 LED による発光のほうが優位だと考えられる。

素 材	赤外線	赤色 LED
白(テーピング)	40%	81%
白(スチレンボード)	80%	81%
白(低発泡塩ビ板)	62%	81%
白(塗料)	25%	72%
緑(タイルカーペット)	2%	13%
緑(カーペット)	1%	1%
較正基準		

表 1 センサー読み取り比較

実験 A) 白線を越えたらストップするプログラムを制作し、モーター速度の上限値を調べる。

結果) 赤外線型 速度 80%
赤色 LED 型 速度 80%

考察)「赤外線型が白線を見落としているわけではない」ということ証明されたが、各大会において、競技開始までの短い調整時間を考慮すると赤色 LED 型が有効であると考えられる。

B) プログラムループ時間に関する考察

「プログラム上のループが長すぎるために、センサー信号読取命令時にはすでに白線を越えているのではないか。」

プログラム言語「C-STYLE」では、割り込み処理等を行わず、実験 A のようにプログラムループが短いものであれば常にセンサー信号を確認することができるが、長いループでは他の命令を行っている間に白線を越えているのではないかと考えた。

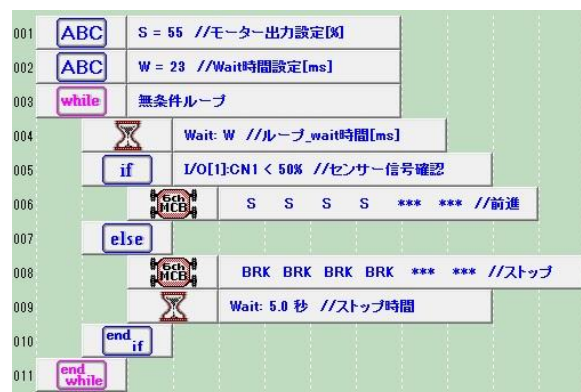


図 1 「C-STYLE」によるプログラム
実験 B) 図 1 に示すプログラムを作成、Wait 命

令によりループ時間を設定、1mの区間を走行させ、何[ms]まで反応できるのかを調べる。

(モーター出力 55%平均速度 161.3[cm/s])

結果) Wait 時間 限界値 23[ms]

考察) 実験結果より 23[ms]の間の機体の移動距離を計算すると、 $161.3[\text{cm/s}] \times 23[\text{ms}] = \text{約 } 3.7[\text{cm}]$ 。幅 2.0[cm]の白線ではこの値が限界だと考えられる。(3.7[cm]の読取間隔で 2.0[cm]の白線が検知できるのはセンサーの読取範囲が影響していると考えられる。)

プログラムループを短くすることが最善
とはいえ、「C-STYLE」でのモーター制御時間設定は 100[ms]単位であり、一つでも入ればそれだけで機体は最大 16[cm]進んだことになってしまい「プログラムループを短くする工夫だけでは対策とはなりえない。」

C) センサー出力信号を延長するための工夫

第①案 図2のように各方位に1個設置していたセンサーを各方位に複数個設置する。

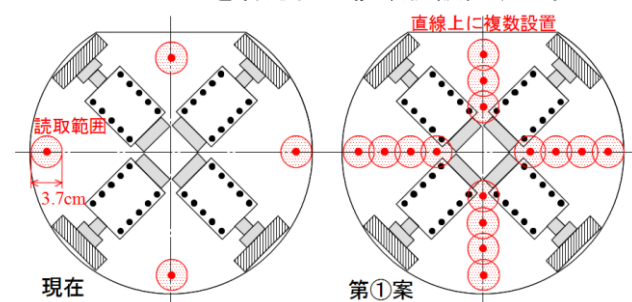


図2 センサー複数配置図

ラインセンサー1個での走行時の読取間隔は前回の実験より約 3.7[cm]ということから、1方位あたり4個設置することにより 10[cm]前後をカバーすることが出来る。

第②案 センサーは、白線検知時のみ信号を出力するので CPU との間に、白線検知後に一定時間、検知信号を出し続けるような IC 回路 (ワンショット回路) を設置する。

以上2案を検討した結果、第①案ではセンサーの増加による費用増加、また増設したセンサーを並列処理するための IC 回路を設計しなければならず、「第②案」を採用することにする。

ワンショット回路 (単安定マルチバイブレータ) を制作するにあたり、74HC123A を利用する。

この IC はリトリガブル (リトリガー可能) である。ただし、このリトリガー機能は、新たにエッジを検知した時に出力時間をリセット (延長)

するため、入力信号がある間、常にエッジが検知できるようにする必要があり、前段に NE555P を発信器として利用し、パルス波を出力することにより入力信号が途切れた後も一定時間、信号を出力する回路を制作する。(図3)

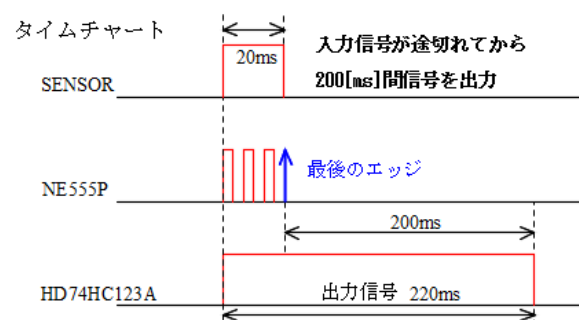


図3 リトリガー機能タイムチャート

実験 C) B) と同様のプログラムを作成、Wait 時間の限界値を調べる。

(モーター出力 55%平均速度 161.3[cm/s])

結果) Wait 時間 限界値 200[ms]

考察) 設計通り 200[ms]の延長時間が得られた。この間の機体移動可能距離を計算すると、約 32.3[cm] となり最大直径 22[cm]の機体が白線を越えないようにすることが目的であるため、後はプログラムループを工夫するしかないと考えられる。

4. 今後の課題

赤色 LED 型、ワンショット回路を導入した機体は、白線検知時の復帰処理後にボールがフィールド内側で確認されない限り機体を動かさないようにプログラミングを施し、単独動作では白線外に出ることはなくなったが、競技は4台の機体で行われるため、他の機体に押されることにより停止位置をずらされたり、2方位同時に白線を検知することにより予定していた復帰処理が行われずに「アウト・オブ・バウンズ」となってしまいうことが今年3月の全国大会でも続いた。今後はより正確な位置確認を行うプログラムを制作することが要求される。

5. 参考文献(web サイト)

RoboCupJuniorJapan, RoboCupJuniorSoccerRule2015, http://rcj.robocup.org/rcj2015/soccer_2015.pdf (Oct. 9, 2015)

株式会社ダイセン電子工業, ホワイトラインセンサーDSR1502, <http://www.daisendenshi.com/> (Oct. 9, 2015)

兵庫県立小野高等学校生物部 2 年
森本拓朗、池見優実

☆プラナリアの染色体観察

1. 動機および目的

小野高校では在来種であるナミウズムシ（図 1.2）を飼育している。また、外来種であるアメリカツノウズムシ（図 2.2）を熱帯魚ショップで購入した。さらに、兵庫県立大学でアメリカナミウズムシ（図 3.2）を頂いた。性質や行動の違いを明らかにするため、まず外部形態の観察を行った。また、体細胞中期の染色体プレパレートを作成し、核型を観察し、染色体の核型分析を行った。

2. プラナリア（扁形動物）について

今回染色体を観察する 3 種類のプラナリアについて

●ナミウズムシ

一般的に、日本でプラナリアといえばナミウズムシを指す。在来種であり、主に綺麗な川に生息している。環境の変化に弱く、水が汚い場所では生存できない。

●アメリカツノウズムシ

外来種のプラナリアであり、川の水が濁っていても生存できるため、外来種の生息数は増えている。

耳葉がとがっていることが特徴。

●アメリカナミウズムシ

外来種のプラナリア。川の水が濁っていても生存できる。体に斑点があるのが特徴。

3. 方法

●外部形態を観察し、実体顕微鏡を用いて撮影する。

●染色体の観察を次の方法で行う。

- ①虫体を咽頭後部域で横切りにして、飼育水中で 3～4 日間再生させる。
- ②コルヒチン入り KCl 水溶液で 3 時間処理した後、酢酸アルコールで一晩固定する。
- ③虫片をスライドガラス上に移し、柄つき針の先で細切りにし、半乾きになったスライドガラス上に氷酢酸を 1 滴加え、余分な固定液と氷酢酸を捨て室温で乾燥させる。
- ④ギムザ染色液で 10 分間染色の後、乾燥させる。

●染色体プレパレートを作成した後、中期染色

体を顕微鏡で観察し、写真撮影する。

●核型分析により、染色体の違いについて調べる。

4. 結果

いくつかのプレパレートで染色体が観察できた。ナミウズムシ（図 1.1）とアメリカツノウズムシ（図 2.1）、アメリカナミウズムシ（図 3.1）の染色体の数はどれも $2n=16$ であることが確認できた。また、今回染色体を観察した 3 種類のプラナリアの染色体の数は、先行研究で $2n=16$ ということが分かっているが、今回の観察でも 16 本の染色体が観察された。

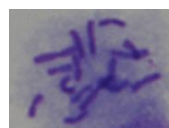


図 1.1



図 2.1

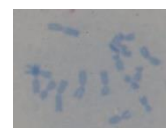


図 3.1



図 1.2



図 2.2



図 3.2

染色体を写真で撮影し、核型分析をした。染色体の長さの違いなどについて観察することができた。ナミウズムシの方（図 4）は、最長染色体の動原体は中部にあり、全長は $8.5\mu\text{m}$ だった。アメリカツノウズムシの方（図 5）は、最長染色体の動原体は正中部にあり、全長は $5.9\mu\text{m}$ だった。アメリカナミウズムシの方（図 6）は、最長染色体の動原体は中部にあり、全長は $8.5\mu\text{m}$ だった。

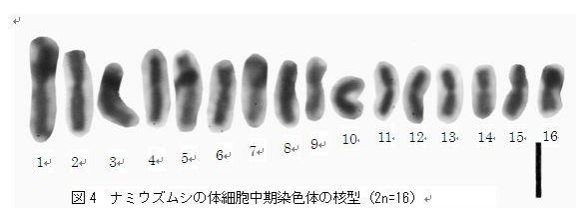


図 4 ナミウズムシの体細胞中期染色体の核型 ($2n=16$)

スケールバーは $5\mu\text{m}$ を示す



図 5 アメリカツノウズムシの体細胞中期染色体の核型 ($2n=16$)

スケールバーは $5\mu\text{m}$ を示す



図 6 アメリカナミウズムシの体細胞中期染色体の核型 ($2n=16$)

スケールバーは $5\mu\text{m}$ を示す

5. 考察

・細胞の分裂

今回複数のプレパラートを作成したが、多くのプレパラートで染色体が見られなかった。再生している細胞が少なかったことと、再生日数を1日延ばした個体の方が染色体を多く見ることができたことから、再生日数が足りなかった、などの原因が考えられる。

・核型分析

在来種の方には動原体が次中部にある染色体がなかったのに対し、外来種の方はアメリカツノウズムシ、アメリカナミウズムシ、共に動原体が次中部にある染色体が1組あった。

アメリカツノウズムシの染色体は、他の2種類のプラナリアの染色体に比べて、最長染色体の全長が短く、最長染色体と最短染色体の長さの差も小さいことが観察できた。

6. 今後の展望

- ・種類によって、動原体の位置が決まっているのか、調べてみたい。
- ・今回観察した3種類のプラナリアはいずれも染色体の数が同じだったので、染色体の数が $2n=16$ 以外のプラナリアの染色体も観察してみたい。
- ・染色体を観察できるプレパラートを増やすため、実験操作の技術を上げる必要がある。
- ・観察できた染色体の数が少なかったため、観察数を増やして、種類によって、動原体の位置、染色体の長さ、などの違いを調べて見たい。

7. 参考文献

- ・西谷信一郎 染色体観察の手法とその実際 大阪府高等学校生物教育研究会（1998）
- ・富川 光、鳥越兼治 外来種アメリカナミウズムシの広島県からの初記録 広島大学大学院教育学研究科紀要（2011）
- ・宮崎武史 刃物の下では不死身の生き物！プラナリア実験観察図鑑（2016）
- ・福井希一、向井康比己、谷口研至 クロモソーム植物染色体研究の方法（2006）
- ・手代木渉、渡辺憲二 プラナリアの形態文化—基礎から遺伝子まで—（1998）

☆カエルの生態についての研究

1. 動機及び目的

昨年の夏合宿でカエルを捕まえたことをきっかけに自宅でヒキガエルを飼い始めた。飼育を通して、カエルがカワイイ生き物であることが分かり、またあまり知られていないカエルの生態や可愛さを自分も含め、多くの人に知ってもらいたいから。

2. カエルとはどんな生き物？

- 肉食…自分の口の大きさに合った昆虫などを食べる（コオロギ・ダンゴムシ・ミミズなど）。

- カエルは鳴く…成熟したオスは鳴く。日本ではカジカガエルの声が美しい（河鹿…雄鹿のような声でフィーフィーと鳴く）。

- 口から水を飲まない…皮膚を通して周囲の水分を吸収することができるため、口からではなくお腹などから水分補給をしている。

- 脱皮する…ヘビやトカゲと同じようにカエルも脱皮をする。体表に薄い膜のようなものができ、手足を器用に使って古い皮をはぐ。古い皮を食べることもある。

背中右（脱皮前）→

背中左（脱皮後）



- カエルを手にとって遊ばない…触りすぎると、全身を覆っている粘液がとれ火傷をする。

- カエルの毒…カエルの皮膚にはおおむね毒がある。有害な細菌や微生物から身を守るため。また、より強力な毒を背中や耳腺から出すカエルもいる（ヒキガエル・フキヤガエルなど）。

3. 今後の展望

カエルの体表の毒にはどのような作用・性質があるのかなどについて調べる。

4. 参考文献

- ・カエル 松園純 監修

神戸高校物理班活動紹介

兵庫県立神戸高等学校自然科学研究会物理班
3年 加藤雄斗, 三島真太郎, 富田貴子
鈴木豪人
2年 神原悠哉

迷路作成・回答プログラムの作成

Excel の VBA を用いた迷路作成・回答プログラムの作成を行っている。現在は当初の目標としていた機能(作成・回答を同一のシート上で GUI にて行う)の大枠は完成しているので、作成方法として新たに壁伸ばし法を実装し、できる迷路の形状にどのような違いがあるのかを調べていく。

Javascript を用いたプログラミング

部で所有する教本に掲載されていたプログラムを制作し、完成後にはいくつかの独自のアレンジを加え、複数の機能を追加した。教本からは、「時計」「為替」「スライドショー」「キャンパス」「付箋」の5つのプログラムを作成した。

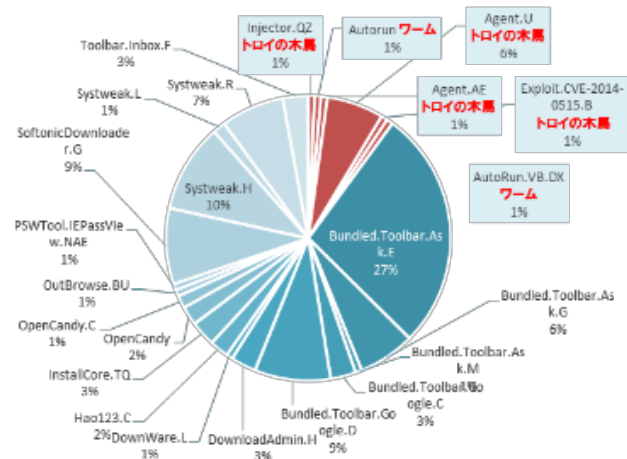
続いて、web 上で見つけたコードを参考にシューティングゲームを作成した。このシューティングゲームは、エネミーやボスの行動など様々な部分に大幅に手を加えた。

今後は、これまでの経験をもとにした Javascript でのオリジナルのプログラムの制作を行い、それと並行して C 言語の習得にも取り組んでいきたいと考えている。

神戸高校で発生したウイルスの研究

神戸高校でのウイルスの発生状況

最も多く検出されたのは広告目的のアドウェアというもので、有害なウイルスの数は少なかったが USB からの感染が多かった。そのほか拡張子や月ごとの数も調査した。



この結果から、今後どのような対策をすればよいかが明らかになった。具体的には、

- ①USB のウイルス対策をしパソコンの感染を防ぐ
- ②トロイ等の危険なウイルスはアプリやメールに添付されていたりするので怪しいものはダウンロードしない

一様な線電荷が作る電場について

1. 動機及び目的

固定された二つの点電荷による電場について過去に研究し、次に一様な線電荷について研究したいと思った。

2. 方法

xy 直交座標平面を考え、y 座標 0[m], x 座標 -l[m] から +l[m] までの一様な電荷密度 σ [C/m] の線電荷による電場を考える。まず、点 P(x0, y0) における電場を x 成分, y 成分に分けて導出する。このとき、線電荷上の点 Q(x, 0) (-l<=x<=+l) による電場を考えると、点 Q は電荷 σdx [C] の点電荷とみなせる。点 Q による微小電場を x で積分すれば結果が出てくる。この空間におけるクーロンの法則の比例定数を k [N・m²/C²] とした。

3. 結果

$$dE_x = k\sigma \frac{x_0 - x}{\{(x_0 - x)^2 + y_0^2\}^{\frac{3}{2}}} dx$$

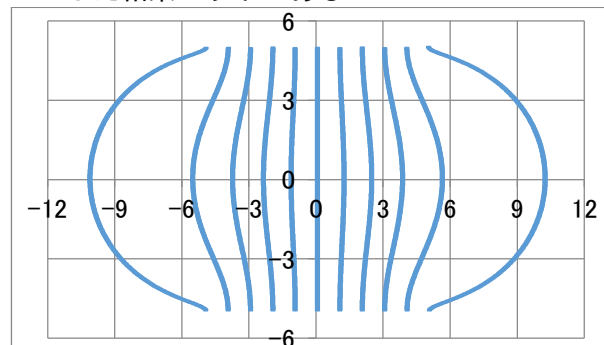
$$dE_y = k\sigma y_0 \frac{1}{\{(x_0 - x)^2 + y_0^2\}^{\frac{3}{2}}} dx$$

両者を積分して、

$$E_x = k\sigma \left\{ \frac{1}{\sqrt{(x_0 - l)^2 + y_0^2}} - \frac{1}{\sqrt{(x_0 + l)^2 + y_0^2}} \right\}$$

$$E_y = \frac{k\sigma}{y_0} \left\{ \frac{x_0 + l}{\sqrt{(x_0 - l)^2 + y_0^2}} - \frac{x_0 - l}{\sqrt{(x_0 + l)^2 + y_0^2}} \right\}$$

となり、2 本の線電荷を配置したものをシミュレートした結果が以下である



4. 今後

学校で習った積分の知識が役に立ったし、綺麗な図が出たので嬉しかった。次は面電荷に挑戦してみたい。

時間割変更お知らせページによる連絡掲示板の利用促進

1. 動機及び目的

連絡掲示板とはインターネット上の掲示板で緊急時（警報発令時など）の連絡を想定して2010年度に先輩によってNucleus CMSというブログシステムを利用して構築されたものである。現在は緊急時の利用のためには普段からの利用が必要という考えのもと利用促進を行っており、本研究も普段から多くの生徒にこの掲示板を利用してもらうことを目的としている。

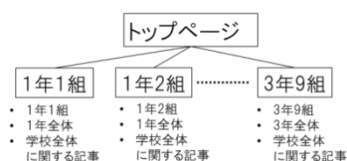


図1 連絡掲示板の構造

2. 方法

PHP で時間割変更を入力、投稿するプログラム、投稿された内容を対象クラスごとに表示するプログラムを作成し、連絡掲示板内に設置した。時間割変更お知らせをはじめたのは2016/6/1これ以降使用する掲示板へのアクセスデータは2016/6/1-2016/6/30の一か月間のものである。データは解析ツールのAccessAnalyzer.com から入手した。

時間割変更フォーム(物理班専用)

変更される日

変更対象 1-1 ▼

	1	2	3	4	5	6
前						
後						

図2 時間割変更を入力、投稿するプログラム

◆時間割変更お知らせページ(仮)◆

時間割の臨時変更のお知らせを投稿しています。情報は下に付録(仮)のもの、連絡掲示板と違うのでご注意ください。また、物理班が手動で更新しているため臨時時間割の変更は、保証できません。ご了承ください。プログラムの動作や利用状況をみながら、導入試験という形で、9月までの稼働を予定しています。

変更になる日 2016/6/6(水)
対象クラス 2-1

	1	2	3	4	5	6
変更前					化学	
変更後					歴史	

投稿時刻 2016-05-31-17:03

変更になる日 2016/6/6(木)
対象クラス 2-1

	1	2	3	4	5	6
変更前				歴史		
変更後				化学		

投稿時刻 2016-05-31-17:06

図3 変更をクラスごとに表示するプログラム

3. 結果と考察

時間割変更お知らせ開始前2016/5/1-2016/5/31の連絡掲示板への1日あたりのアクセス数の平均が約242回であったのに対し、開始後2016/6/1-2

016/6/30の1日あたりのアクセス数の平均は約303回であった。時間割変更ページのアクセス数はクラス、時間割変更のあるなしによって差が大きい1日あたりのアクセス数の平均は35回、1か月の合計アクセス数は1060回であり、最も多いクラスで235回/月、最も少ないクラスで6回/月であった。また、6月中に投稿された時間割変更以外の記事の閲覧リンク元（記事がどの“クラスごとのページ”から見られているか調べ、時間割変更を除いた6月投稿分の記事について合計したもの）と時間割変更ページのアクセス数の関係については図5の散布図のようになり、相関係数は約0.83であった。

時間割臨時変更お知らせ開始前後で連絡掲示板へのアクセスが増えており、時間割臨時変更ページを見ている人が多いクラスほど他の記事を見ている人が多いことから、効果はあったと考える。

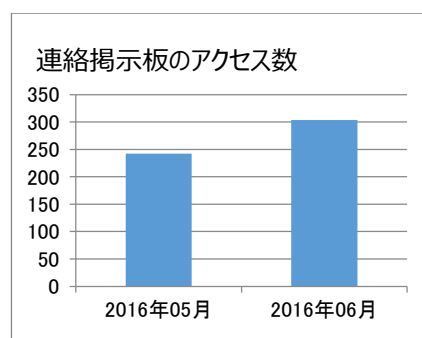


図4 連絡掲示板へのアクセス数の変化

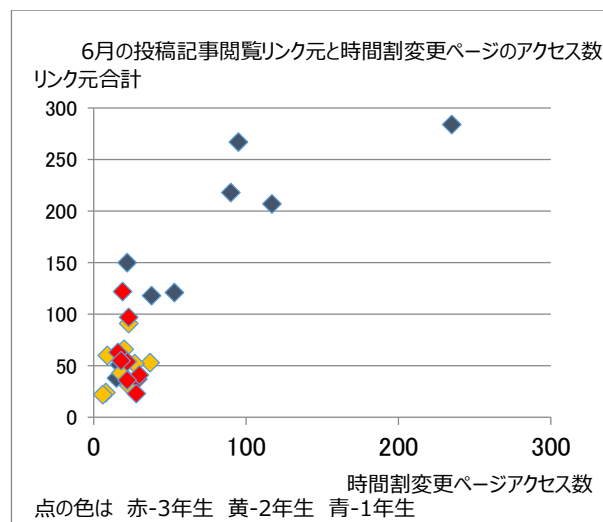


図5 6月の投稿記事閲覧リンク元と時間割変更ページのアクセス数の相関

4. 反省と課題

全体として利用者は増えているものの、利用者が少ないクラスもあることから、その人たちの利用をどう増やしていくかが今後の課題である。

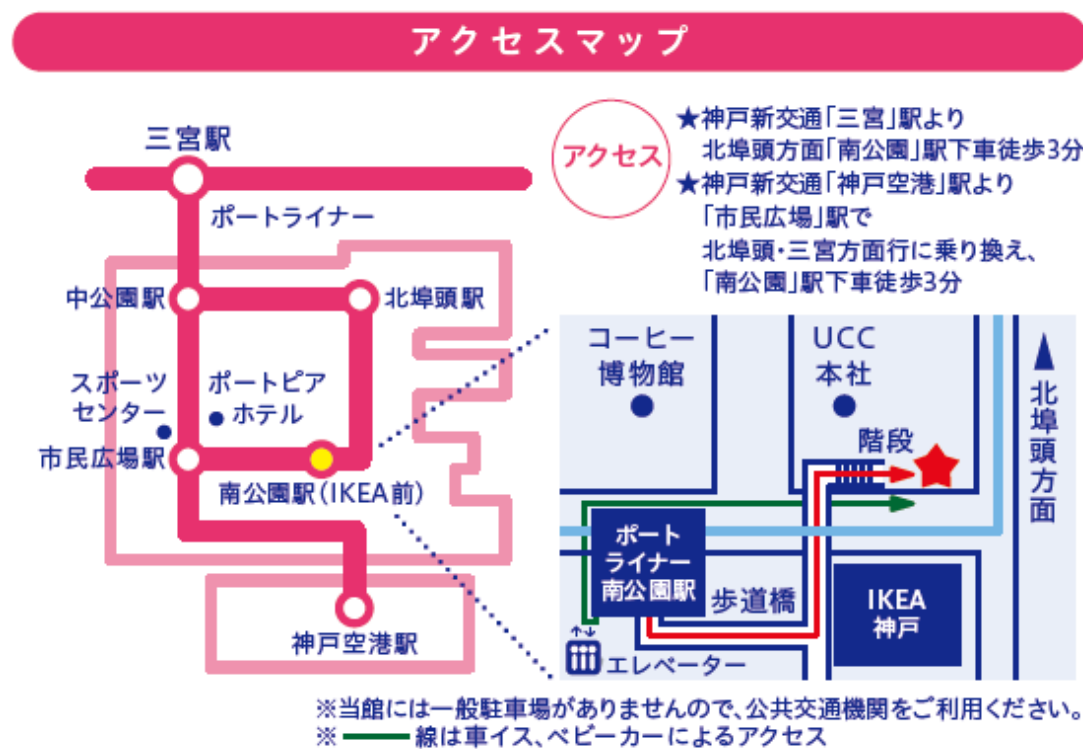
【会場アクセス】

・バンドー神戸青少年科学館

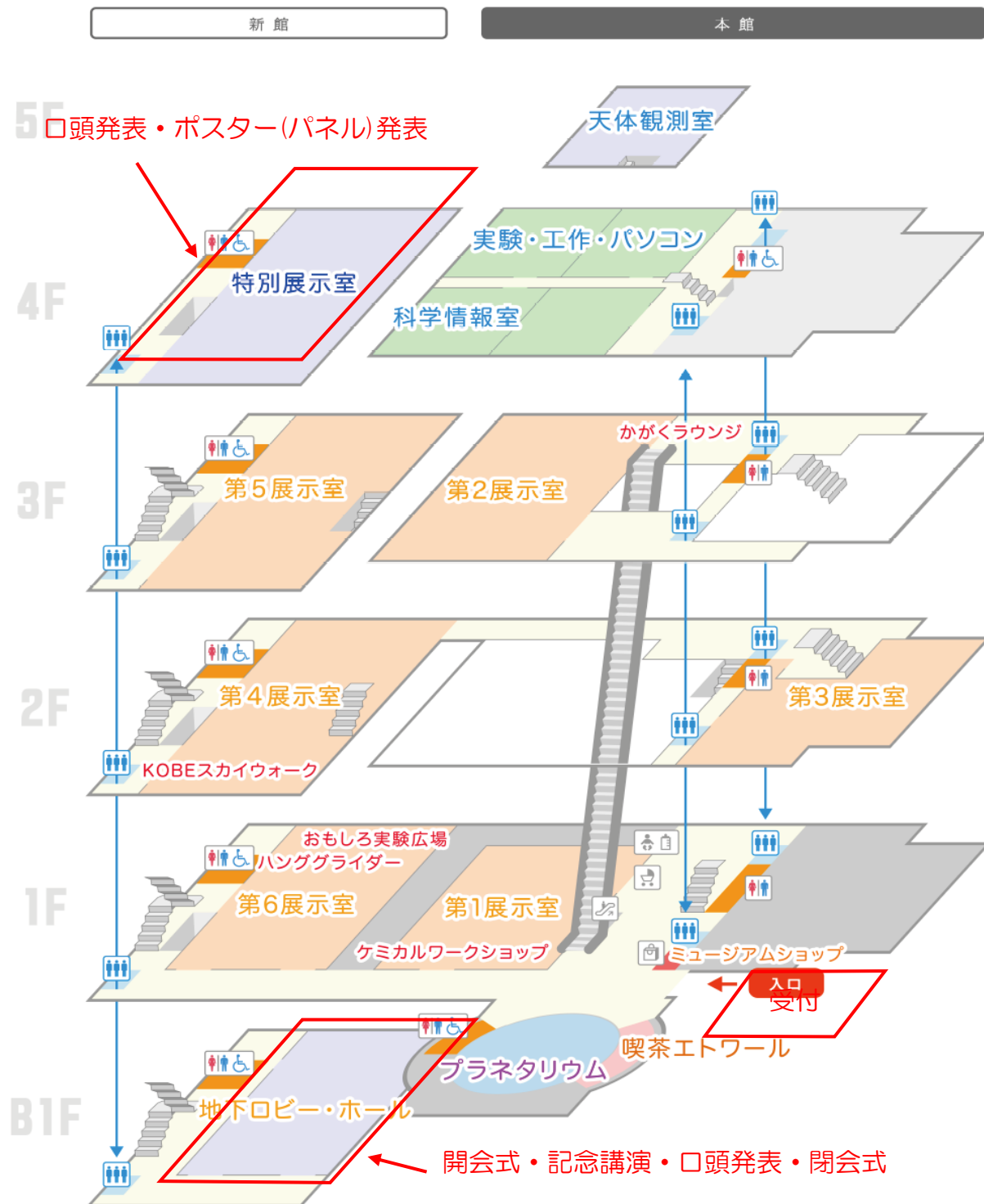
(〒650-0046 兵庫県 神戸市 中央区 港島中町 7-7-6)

神戸新交通「三宮」駅より北埠頭方面「南公園」駅下車 徒歩 3 分

神戸新交通「神戸空港」駅より「市民広場」駅で北埠頭・三宮方面行に乗り換え、
「南公園 (IKEA 前)」駅下車 徒歩 3 分



【会場内地図】



【巡検研修について】

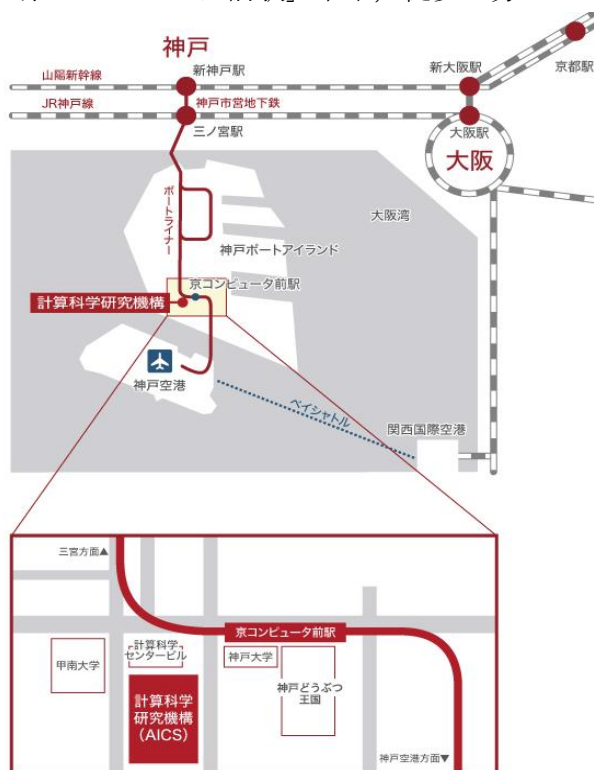
・ Aコース

理化学研究所

計算科学研究機構（AICS）

神戸市中央区港島南町 7-1-26

「京コンピュータ前駅」下車，徒歩 3 分



・ Bコース

理化学研究所

多細胞システム形成研究センター（CDB）

神戸市中央区港島南町 2-2-3

「医療センター駅」下車，徒歩 6 分



巡検研修の会場までは，各自でご移動ください。

神戸マラソン開催の関係で，混雑が予想されますので，お早めの移動をお願いいたします。

- ・ ポートライナー運賃 南公園駅 - 京コンピュータ前駅 210 円
 南公園駅 - 医療センター駅 210 円

・ ポートライナー時刻表（11 月 20 日(日)）

南公園 (三宮・中埠頭方面)	中公園 (神戸空港・三宮方面へ乗換)		医療センター Bコース	京コンピュータ前 Aコース
発	着	発	着	着
13:08	13:15	13:17	13:23	13:24
13:18	13:25	13:27	13:33	13:34
13:28	13:35	13:37	13:43	13:44

第36回近畿高等学校総合文化祭 自然科学部門発表会 巡検研修 Aコース（AICS）参加者名簿

番号	府県	学校	部名	教員・生徒	参加区分	氏名
1	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	生徒	発表	上野 春佳
2	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	生徒	発表	森安 遼太郎
3	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	生徒	発表	勝間 航平
4	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	生徒	観覧	池田 真
5	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	生徒	観覧	洲之内 望海
6	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	教員	引率	久保川 剛宏
7	滋賀	滋賀県立河瀬高等学校	科学部	教員	引率	植松 道巧
8	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部化学班	生徒	発表	大澤 暉
9	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部化学班	生徒	発表	西山 大稀
10	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部化学班	生徒	発表	田中 輝
11	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部化学班	生徒	観覧	宇佐美 正成
12	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部化学班	生徒	観覧	相馬 龍斗
13	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部	教員	引率	木村 晋輔
14	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部生物班	生徒	発表	星野 遼
15	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部生物班	生徒	発表	渡邊 のどか
16	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部生物班	生徒	発表	横田 一紗
17	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部生物班	生徒	観覧	浅井 天音
18	滋賀	滋賀県立彦根東高等学校	SS部生物班	生徒	観覧	日下 真桜
19	滋賀	立命館守山高等学校	サイテック部	生徒	発表	小西 祥太
20	滋賀	立命館守山高等学校	サイテック部	生徒	発表	前川 銀太郎
21	滋賀	立命館守山高等学校	サイテック部	生徒	発表	杉浦 快
22	滋賀	立命館守山高等学校	サイテック部	生徒	観覧	君付 龍祐
23	滋賀	立命館守山高等学校	サイテック部	教員	引率	八木 良明
24	京都	京都府立園部高等学校	サイエンス部	生徒	発表	小藪 未歩
25	京都	京都府立園部高等学校	サイエンス部	生徒	発表	三浦 憂
26	京都	京都府立園部高等学校	サイエンス部	生徒	発表	内藤 奏汰
27	京都	京都府立園部高等学校	サイエンス部	生徒	観覧	家原 穂
28	京都	京都府立園部高等学校	サイエンス部	生徒	観覧	塩内 諒
29	京都	京都府立園部高等学校	サイエンス部	教員	引率	佐原 大河
30	京都	京都府立桃山高等学校	グローバルサイエンス部	生徒	発表	石坂 優衣
31	京都	京都府立桃山高等学校	グローバルサイエンス部	生徒	発表	瀧脇 迪哲
32	京都	京都府立桃山高等学校	グローバルサイエンス部	生徒	発表	永井 愛梨
33	京都	京都府立桃山高等学校	グローバルサイエンス部	教員	引率	村山 保
34	京都	京都府立桃山高等学校	グローバルサイエンス部	教員	引率	高橋 信幸
35	京都	大谷中学校・高等学校	科学部	生徒	発表	林 紫稀
36	京都	大谷中学校・高等学校	科学部	生徒	発表	平木 克哉
37	京都	大谷中学校・高等学校	科学部	生徒	発表	柳澤 直輝
38	京都	大谷中学校・高等学校	科学部	生徒	観覧	小原 誉正
39	京都	大谷中学校・高等学校	科学部	生徒	観覧	下村 隼生
40	京都	大谷中学校・高等学校	科学部	教員	引率	谷口 剛
41	和歌山	開智高等学校	サイエンス部	生徒	発表	藤原 一登
42	和歌山	開智高等学校	サイエンス部	生徒	発表	川本 将生
43	和歌山	開智高等学校	サイエンス部	教員	引率	青山 慎吾
44	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	玉置 昂輝
45	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	隠岐 嘉将
46	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	玉置 良
47	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	観覧	前 龍生
48	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	山田 直哉
49	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	大野 龍世
50	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	坂本 杜太
51	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	観覧	西井 勇太
52	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	峯 璃依人
53	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	保利 亮輔
54	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	発表	引地 浩寿
55	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	観覧	阿部 龍迅
56	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	生徒	観覧	安居 聡良
57	和歌山	近畿大学附属和歌山高等学校	科学部	教員	引率	西岡 健太郎
58	徳島	徳島県立板野高等学校		教員	視察	岡本 昌士
59	徳島	徳島市立高等学校		教員	視察	松本 宏之
60	兵庫	兵庫県立神戸高等学校	自然科学研究会生物班	教員	引率	繁戸 克彦

第36回近畿高等学校総合文化祭 自然科学部門発表会 巡検研修 Bコース（CDB）参加者名簿

番号	府県	学校	部名	教員・生徒	参加区分	氏名
1	滋賀	滋賀県立膳所高等学校	生物班	生徒	発表	佐藤 源気
2	滋賀	滋賀県立膳所高等学校	生物班	生徒	発表	田畑 千織
3	滋賀	滋賀県立膳所高等学校	生物班	生徒	発表	吉川 航弐
4	滋賀	滋賀県立膳所高等学校	生物班	教員	引率	真鍋 健
5	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	生徒	発表	山田 直人
6	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	生徒	発表	小倉 匠翼
7	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	生徒	発表	北村 天音
8	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	生徒	観覧	小林 晃啓
9	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	生徒	観覧	大城 悠斗
10	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	教員	引率	坂本 大介
11	滋賀	滋賀県立米原高等学校	地学部	教員	引率	森野 泰行
12	京都	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	生徒	発表	山下 龍之介
13	京都	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	生徒	発表	中尾 太樹
14	京都	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	生徒	発表	山下 ひな香
15	京都	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	生徒	観覧	笹田 翔太
16	京都	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	生徒	観覧	土岐 杏生
17	京都	京都府立洛北高等学校	サイエンス部	教員	引率	竹本 宏輝
18	京都	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	生徒	発表	杉本 有紀
19	京都	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	生徒	発表	高野 翔子
20	京都	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	生徒	発表	城 千遥
21	京都	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	生徒	観覧	犬伏 順哉
22	京都	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	生徒	観覧	森田 航
23	京都	京都府立嵯峨野高等学校	サイエンス部	教員	引率	尾中 清香
24	和歌山	和歌山信愛高等学校	科学部	生徒	発表	肥田 季美佳
25	和歌山	和歌山信愛高等学校	科学部	生徒	発表	山本 実歩奈
26	和歌山	和歌山信愛高等学校	科学部	生徒	発表	小倉 正恵
27	和歌山	和歌山信愛高等学校	科学部	生徒	観覧	山本 昌奈実
28	和歌山	和歌山信愛高等学校	科学部	教員	引率	馬場 吉久
29	和歌山	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	生徒	発表	名古 美幸
30	和歌山	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	生徒	発表	坂口 幸紀
31	和歌山	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	生徒	発表	岡本 直樹
32	和歌山	和歌山県立紀央館高等学校	自然科学部	教員	引率	北又 一弘
33	兵庫	兵庫県立神戸高等学校	自然科学研究会化学班	教員	引率	中澤 克行

【巡検研修メモ】



大会誌イラスト

兵庫県立須磨東高等学校	2 年	宮崎	杏奈	(裏紙)
兵庫県立川西北陵高等学校	2 年	内海	杏奈	(挿絵)
	2 年	佐竹	勇輝	(挿絵)
兵庫県立宝塚北高等学校	2 年	水田	千尋	(挿絵)
	1 年	稲垣	諒美	(表紙)

第 36 回近畿高等学校総合文化祭

自然科学部門発表会 大会誌

平成 28 年 11 月 19 日発行

発行者 兵庫県高等学校文化連盟 自然科学専門部
兵庫県宝塚市すみれガ丘 4 丁目 1 番 1 号 TEL(0797)-86-3291
印刷 有限会社 辰巳印刷
兵庫県川西市加茂 1 丁目 1 1-1 5 TEL(072)-759-8471

