

第 42 回化学クラブ研究発表会

講演予稿集

会 期 2025 年 3 月 25 日 (火) 9:40~16:00

会 場 芝浦工業大学 豊洲キャンパス

- 口頭発表
- ポスター発表

主 催 日本化学会関東支部
後 援 文部科学省

第42回化学クラブ研究発表会プログラム

主催：日本化学会関東支部 後援：文部科学省

1. 会期 2025年3月25日(火) 09:40～16:00

会場 芝浦工業大学 豊洲キャンパス

2. プログラム

09:40-09:50 開会式 (大講義室)

10:00-11:45 口頭発表 (口頭A～C会場)

11:45-13:20 昼休憩

13:20-14:50 ポスター発表 (ポスター会場)

15:10-15:25 エキシビション (大講義室)

15:30-16:00 閉会式・結果発表

3. 発表プログラム

口頭発表(21件)

1件につき15分(発表10分・質疑応答4分・切り替え1分)

口頭A会場

- A1. (10:00-10:15) ビスマス結晶の色の変化について
(芝中学校 芝高等学校) ○直井大士・長尾優輝・原田玲・宮嶋息吹・山浦航遥
- A2. (10:15-10:30) Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応
(田園調布学園高等部) ○河合凜奈・○小嶋悠楓・○藤井莉奈
- A3. (10:30-10:45) 銅(II)イオンと亜鉛の反応速度に関する研究
(武蔵中学校) ○萩原成礼
- A4. (10:45-11:00) 安定性の高い無電解銀めっき浴の検討
(開成高等学校) ○張尽意・星野瑞貴・奥町日路
- A5. (11:00-11:15) アスコルビン酸の黄色変色における溶液の条件が与える影響
(千葉県立千葉東高等学校) ○島崎陸・峰凜太郎・山寄太郎
- A6. (11:15-11:30) 尿素による糖の溶解量増加のメカニズムの解明
(東京都立立川高等学校) ○大林伶央奈・○小山修吾・○瀬川晶
- A7. (11:30-11:45) 水素イオンによるヨウ素時計反応の誘導時間への影響
(千葉県立長狭高等学校) ○安西眞歩・西辻唯吏愛

口頭B会場

- B1. (10:00-10:15) ミルクの泡立ちの違い
(跡見学園高等学校) ○三澤美来
- B2. (10:15-10:30) 凍結解凍法を用いたポリビニルアルコール水溶液のゲル化とセルロースを基材としたヒドロゲルの調製
(東京都立科学技術高等学校) ○三井愛結・○吉野礼人・○渡辺陽
- B3. (10:30-10:45) 生分解性プラスチックのけん化時における活性化エネルギー
(城西大学附属川越高等学校) ○山岡夢来
- B4. (10:45-11:00) 泳ぐ人工イクラの運動Ⅳーゲル周囲の水溶液の流れの可視化ー
(茨城県立日立北高等学校) ○山口颯太・川上颯翔・篠原翼・富岡海斗
- B5. (11:00-11:15) スライムで太陽電池の性能向上に挑戦！
(山梨県立甲府南高等学校) ○井上湊太・○高雄朝陽・○重田結衣・○長田幸穂
- B6. (11:15-11:30) 身近な酸を用いるポリアニリンの合成
(茨城県立土浦第一高等学校) ○藪内智悠・○金子拓生・○斎藤悠史・○上津原聖介
- B7. (11:30-11:45) 洗剤を用いた水性ペンの落ちやすさの研究
(日本大学第三高等学校) ○宇都宮律希・古池谷柚海

口頭C会場

- C1. (10:00-10:15) タマネギから抽出したケルセチンの紫外線による変化の測定ー植物由来の紫外線吸収剤への応用を目指してー
(東京学芸大学附属国際中等教育学校) ○八代由芽・○山本真優
- C2. (10:15-10:30) Reimer-Tiemann 反応を用いるバニリンの合成における位置選択性の考察
(浅野高等学校) ○宇治原陸・名取佑・剣持志斗
- C3. (10:30-10:45) カラシナで世界を救う！～病害防除とファイトレメディエーションの実現に向けて～
(成田高等学校) ○湯浅義大・名取香葉・荒野心太郎・安藤大輝・梅田翔成・西村優山・古津侑大・椿瑠希
- C4. (10:45-11:00) ^1H NMR および ^{13}C NMR を用いたフルクトースの甘味の温度依存性に関する考察
(茨城県立日立第一高等学校) ○野内陽向
- C5. (11:00-11:15) 手軽に木材を分解しよう！
(東京都立国立高等学校) ○長谷川泰知
- C6. (11:15-11:30) 効率よく頭痛薬から湿布薬を合成する方法の探索
(流通経済大学附属柏高等学校) ○大工原斗夢・高橋旺雅・渡邊壮太・丸山匠

C7. (11:30-11:45) 溶液で見えるチンダル現象の研究

(栃木県立足利高等学校) ○赤間煌惶・○石江翔

口頭発表 エキシビション(1件)

大講義室

EX. (15:10-15:25) 疑似濃淡電池の反応機構の解明

(静岡県立清水東高等学校) ○大迫悠暉・○中村優心

ポスター発表(33件)

13:20-14:50

ポスター会場

P01. (13:20-14:50) 廃棄アクリル板のリサイクル

(東京都立科学技術高等学校) ○小玉明奈・○佐藤瑠星

P02. (13:20-14:50) こんにゃくのゲル化メカニズムとコンニャクグルコマンナン繊維の研究

(群馬県立太田女子高等学校) ○青木麻央・○小林瑤季・○根岸泉美・高瀬琳子・大須賀結衣・平石優空

P03. (13:20-14:50) 光る人工いくら

(立教池袋中学校) ○荒井辰夫・○白崎嵩晃・○伊藤玲

P04. (13:20-14:50) スライムに電解質を混ぜた時の流動性の違い

(東海大学付属市原望洋高等学校) ○夏目誠也・○佐粧拓斗

P05. (13:20-14:50) 野菜くずの活用によるベジブrossの効率的な成分抽出法の開発

(玉川学園高等部) ○増田乃愛・○伊藤瑠哉

P06. (13:20-14:50) NaCl 水溶液に AgCl の白色沈殿ができる濃度の定量分析は可能か

(東京都立立川高等学校) ○榊原侑・○福嶋晴和・○松岡瑠美・○横川沙也子

P07. (13:20-14:50) キャベツパウダー成分(β -アラニン・アルギニン)がカイコ・シルクに与える影響

(樹徳高等学校) ○吉田ひかり・○宮海越木・○森田結翔・○山崎健心・○池田悠桔・○岩崎遥叶・○安田桜太朗

P08. (13:20-14:50) ニトロセルロースを使った花火の作成

(東京都立国立高等学校) 杉本佑樹・○長谷川泰知・○堀井肯・○和田実頼

P09. (13:20-14:50) ルミノール反応を触媒する添加物及び溶媒による発光特性の変化の調査

(芝浦工業大学附属高等学校) ○駒井真・○中島春香・○松前寿奈

- P10. (13:20-14:50) 再結晶の条件とその後の広がり方
(本庄東高等学校) ○松尾桜瑠・千島吉智・吉見月煌・伊東亮輔・梅野千咲・渡邊武尊・黒澤彩名・石神裕太郎
- P11. (13:20-14:50) チョークの再生
(富士見中学校) ○木村瑛希・○南谷麻葵・○清水雪那
- P12. (13:20-14:50) 尿素樹脂の作成
(立教池袋高等学校) ○餅谷莉久・○金結
- P13. (13:20-14:50) 凝固点降下に与える分子構造の影響
(茨城県立日立第一高等学校) ○鈴木絢也
- P14. (13:20-14:50) カメラによる化学発光の簡易測定
(玉川学園中学部) ○近藤悠成
- P15. (13:20-14:50) 電子レンジを用いた青銅の生成と形成
(茨城県立土浦第一高等学校附属中学校) ○矢野新・○高橋寛明・○清野陽太・○宇佐美唯斗・○神山琉貴・○横山湊
- P16. (13:20-14:50) デデンデデンデデン発電電 ～高層培地発電装置を用いた発電菌の理想環境の調査～
(東京都立多摩科学技術高等学校) ○森源太
- P17. (13:20-14:50) 鉄さびを用いた色素増感太陽電池の作製
(立教池袋高等学校) ○高橋頼彬
- P18. (13:20-14:50) カゼインプラスチックの加工性向上
(東京都立多摩科学技術高等学校) ○佐々木奏大・○島井悠佳・○今木芹那・○宇田川ほの香
- P19. (13:20-14:50) 短誘導期ブルーボトル反応の実現とその条件 ～『楽しく』『安全に』子どもたちが実験できるように～
(千葉県立長狭高等学校) ○齊藤総志・鈴木健介
- P20. (13:20-14:50) 割り箸からより良い紙を作れるのか
(富士見中学校) ○平澤由菜・○石田凧沙・○水野さくら
- P21. (13:20-14:50) デンプンの加水分解に最適な固体酸触媒の研究
(茨城県立緑岡高等学校) ○大久保美瑛姫・○久米雄大・○杉浦啓太・○野口晃奨
- P22. (13:20-14:50) リポーンベジタブルの効率化
(玉川学園高等部) ○佐藤裕心
- P23. (13:20-14:50) 有機リン中毒解毒剤 PAM の合成に関する研究
(浅野高等学校) ○程祉曄・小泉陽翔・茶木智史・李嘉逸

- P24. (13:20-14:50) 吸光度を用いた乾燥コロロギに含まれる水溶性タンパク質の量の調査
(芝浦工業大学附属高等学校) ○村田匠・木村弘毅・犬飼秋宝
- P25. (13:20-14:50) 金樹の作成法の改良と定量的な評価への挑戦
(東京都立小石川中等教育学校) ○三宅明信
- P26. (13:20-14:50) ビスマス骸晶の作成について
(立教池袋中学校) ○林雅春
- P27. (13:20-14:50) BDF 材料についての研究
(茨城県立緑岡高等学校) ○影井さやか・○竹村大知・○加藤玲哉
- P28. (13:20-14:50) 環境にやさしいパンケーキの開発
(跡見学園中学校) ○芳賀春花・○中里夢花・○埜明香里・○牧千紘
- P29. (13:20-14:50) カビ色素を用いた色素増感太陽電池の可能性
(安田学園中等学校) ○湯田凜・○福田心春
- P30. (13:20-14:50) 電気花火Ⅱ
(跡見学園高等学校) ○佐保初音
- P31. (13:20-14:50) 火薬を使わない線香花火
(千葉県立柏高等学校) ○鈴木康陽・○兼杉悠生
- P32. (13:20-14:50) カロチノイド系色素の抽出と酸化条件下におけるそれらの反応性の観察
(流通経済大学付属柏高等学校) ○林悠風・渡部翔大・阿子島和奏・市川朝陽・後藤美那
- P33. (13:20-14:50) 塩酸による旨味成分の抽出
(千葉県立柏高等学校) ○吉田晴輝

ビスマス結晶の色の変化について

芝学園理化部

○直井 大士 長尾 優輝 原田 玲 宮嶋 息吹 山浦 航遥

1. はじめに

私たちはこれまでビスマスの結晶を作成し、文化祭などで展示や実演を行ってきた。今回はビスマス結晶を作成する過程において結晶が様々な色に変化することに注目し、3つの実験を行って考察したことを報告する。

2. 【実験1】ビスマス結晶の作成と色の変化

私たちは次の手順でビスマス結晶を作成した。

- ①ビスマスを金属カップに入れ、ガスバーナーで加熱して融解させる。
- ②融解したビスマスの表面の酸化被膜を取る。
- ③種(ゼムクリップ)を液面に置く。
- ④数分間放置した後、結晶を取り出す。

この手順で結晶をカップから取り出した際に、結晶の表面に酸化被膜ができ、その厚さによって色が変化する(写真1)。私たちは、これは手順②で表面の酸化被膜を取った後の液面で見られる色の変化と同じものであると考えた。このときの時間の経過による結晶の色の変化は次のようになった。

金 → 赤 → 青 → 青緑 → 緑 → 黄

結晶と液面を比較すると、結晶の色が青になったのに対し、液面は黄や緑になったため、結晶も同じ色にできるのではないかと考え、さらに次の2つの実験を行った。

3. 【実験2】冷却時間と色の変化

ビスマス結晶を冷却する時間が長いほど酸化反応が起こり、色が変化する。このため、結晶を取り出しからゆっくりと冷却する必要がある。

私たちはまず、別のカップを加熱しておき、取り出した結晶をその中に入れることでゆっくり冷却しようとした。しかし、カップを加熱しすぎると結晶が再び融解してしまい、加熱しないと冷えてしまい、なかなかうまくいかなかった。そこで、私たちは結晶を取り出した後にカップ内の冷え固まったビスマスの上(写真2のカップ内の外周でビスマスが固まっている部分)に乗せることで、余熱を利用して冷却することを試みた。この方法だと結晶は融解せず、結晶の色が変化して、黄や緑を含むものとなった(写真3)。



写真1 融解したビスマスの表面
(左は酸化被膜が取れた部分)



写真2 冷え固まったビスマス



写真3 黄や緑の結晶

一方でこの方法には欠点がある。結晶を乗せる部分が小さいと結晶が融解したビスマスと触れてしまい、そのまま冷えて固まってしまうことがあった。これは、結晶を作成する手順③および④で融解したビスマスが冷えて固まっていく際に、冷却時間を延ばして結晶を乗せる部分を最大限大きくすることによって解決できた。しかし、冷却時間が長すぎると結晶が固まって取り出せなくなってしまう可能性がある。

4. 【実験3】電気分解の利用

上記の欠点を解決する方法として、ビスマス結晶を高温に保つのではなく、電気分解を利用して酸化させる実験(陽極における酸化反応)を行った。電解質として純水100 mLに対して市販のクエン酸20 gを溶かしたクエン酸水溶液、陽極に結晶、陰極にシャープペンシルの芯を使用し、電圧を5 V、10 V、15 Vにして行った。

この実験を行うために、私たちはまず結晶を2.0 mol/L 塩酸に浸し、表面の酸化被膜を溶解させた。このときの結晶の表面は銀色となった。これは結晶を割った際に見られる断面と同じ色であり、もとは結晶の内部であった断面では酸化反応が起きていないと考えられるため、塩酸に浸した結晶が酸化反応が起きていない状態と同じ状態であると考えたことにした。

このような手順で用意した結晶を陽極に用いて電気分解を行い、上記の条件で銀色から色の変化が見られなくなるまでの時間を計測した。結果は表1のようになり、電圧が大きいほど色の変化が早かった。また、結晶を冷却することで酸化させる実験よりも観察される色が多く、これまでの変化が緑や黄までだったところが次のように何度も色の変化が起こり、最終的に薄い緑で反応が止まった(写真4)。

金 → 赤 → 青 → 青緑 → 緑 → 黄 → ピンク → 紫 → 青 → 緑 → 薄いピンク → 薄い緑

この方法は結晶の色を簡単に調整できる一方で、電極からの距離によって結晶内で色が偏ってしまうことがあり、冷却することで酸化させたときよりも均一ではなくなってしまう。

表1 色の変化が見られなくなるまでの時間

電圧	時間
5 V	2分17秒
10 V	1分22秒
15 V	55秒



写真4 薄い緑の結晶

5. まとめ・今後の展望

電気分解による酸化反応を利用することでビスマス結晶の色を自由に調整できるが、ビスマスや実験器具以外にも塩酸や電解質となる試薬が必要となる他、色に偏りが出てしまう可能性があるという欠点がある。冷却する方法では準備するものが電気分解に比べて少なく、色の偏りも小さいが、色に制限があり、結晶が取り出せなくなる可能性もある。これらの実験から作りたい結晶の色によって適した実験方法があることがわかった。【実験1】中にある色を作りたい場合は冷却する方法、【実験3】中のみにある色の場合は電気分解が適していると考えた。

冷却する方法や電気分解で結晶の色を変化させることができるため、今後も新たな方法を考えて結晶の色を変化させる実験を行いたい。また、結晶の作成過程でできた酸化被膜の還元実験も行いたいと考えている。

Belousov-Zhabotinsky (BZ) 反応
 田園調布学園高等部
 ○河合凜奈 ○小嶋悠楓 ○藤井莉奈

1. 研究概要

BZ 反応では、マロン酸などの有機酸が臭素イオンによって徐々に酸化され二酸化炭素を生成する。この一連の反応中で金属錯イオンが酸化・還元反応を繰り返すため、そこに振動反応が生じる。特に BZ 反応では、試薬をシャーレなどの薄く平らな容器に入れることで生成物が同心円状に広がり、別の円に接触するとその円は消滅するため、縞状の模様を人工的に作り出すことができる。

2.1 実験方法

- ①5 つの水溶液 A-E を作成した。
 A: 0.83 mol/L 臭素酸ナトリウム水溶液 B: 0.24 mol/L 臭化ナトリウム水溶液 C: 0.29 mol/L マロン酸水溶液 D: 2.0 mol/L 希硫酸
 E: フェナントロリン(II)水和物・硫酸鉄(II)混合水溶液 (濃度を変化させる)
- ②溶液 A を 2.0mL、溶液 B を 1.0mL、溶液 C を 2.0mL、溶液 D を添加量を変えて同一のシャーレに入れ、溶液が均一に透明になるまで穏やかに攪拌した。
- ③シャーレに溶液 E を 1.0mL 入れ、シャーレの溶液が青色になるまで穏やかに攪拌した。
- ④ストップウォッチでシャーレの溶液に青色の縞模様が見えるまでの時間を計った。また、溶液の反応を 5 分間ずつ撮影した。

2.2.

- ①2.1. で確定した E の滴下量 1.0mL として 2.1. の①～④を繰り返す。
- (1) 5～18℃のとき
 - ①氷水と食塩で寒剤を作り、発砲スチロール内のプラスチックバット上を -5.0～18℃で変化させた。
 - ②2.1 の①～④を繰り返した。
- (2) 30～60℃のとき
 - ①発砲スチロール内にプラスチックバットを置き、30～60℃の温水を注いだ。
 - ②2.1 の①～④を繰り返した。

3.1. 結果：硫酸の添加量による影響

硫酸の添加量を徐々に変化させ、最初に青色の縞模様が出てくるまでの時間の中央値、平均値の推移と最大値と最小値を示した。すると、硫酸の添加量の増加に伴い、青色の縞模様が出るまでの時間が短くなるのがわかった。また、硫酸の量が少なくなると、反応開始までの時間の差が開き、結果が安定しないことがわかり、硫酸の添加量を少なくすると、模様が外側から大きな円として発生するようになった。

3.2. 結果：反応温度・湿度による影響

温度の変化に伴い、20℃前後で最も速く反応することがわかった。また、温度が低下することで反応までの速度が速くなり、模様の間隔が広く出て、温度を上昇させると反応までの速度が遅くなったが、模様の間隔は狭くなり、減少させたときよりも明瞭な縞模様が出る結果となった。

湿度にも着目してみると、湿度が 50%のときは反応までに要する時間が短くなり、これよりも湿度の高いときと低いときでは同様の結果となった。

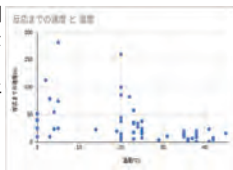
また、グラフ 1 より 35～40℃が最も速く反応することが分かった。平均すると、9.0 秒以内に反応することが分かった。また、氷点下で行った実験では実験の途中で赤茶色の液体に変化し、反応が終了した。

4.1. 考察

・さまざまな反応条件の検討

全体の化学反応式を見ると、BZ 反応では水素イオンが全体の反応に大きく影響していることがわかる。さらに、硫酸は水溶液中で完全電離することから、添加量に応じてその物質量を確実に

(グラフ1 反応までの速度と温度)



コントロールできる。そこで、硫酸の添加量によりシャーレに表れる模様の変化も期待できることから、水素イオンが与える影響が大きいのと考え、以降は硫酸の添加量による検討を進めることとした。

・硫酸の添加量による変化

硫酸の量が増えると反応開始までの時間が短くなるのがわかり、模様の現れ方は硫酸の量の変化によって多少影響があることが認められた。これは、水素イオンを与える硫酸の量が過不足なく反応する量よりも少ないと、反応の過程で水素イオンが足りなくなり、反応の進行が遅くなるためと考えられる。また、模様にも変化が現れたのは、水素イオンが足りなくなり反応の進行が遅くなったことで自己触媒過程での反応が遅くなり、十分に次の反応に移るのが難しくなったためと考えられる。そのため、硫酸の添加量を増減させることで、縞模様の間隔を狭めたり広げたりすることも可能であることが分かった。

4.2. 考察：温度・湿度による影響

20℃前後が最も速く反応し、60 秒足らずで反応したものが多く傾向になった。そこから BZ 反応で一番適するのは 20℃前後だと考えた。また、2 枚目の表より、湿度が 50%のときは反応が出るまでの時間が短くなる傾向があり、湿度が高いときと低いときと比べて結果に差が出た。

氷水	室温	温水
溶液が赤茶色になる反応が見られる	(実験済み)	35～40℃で最も反応時間が短い
反応の間隔が広い		反応の間隔が狭い
邪魔物のような反応が起こることが少ない		多い
模様がぼやけやすい		

上記のグラフより、温水によって伸びる部分があれば、冷水で伸びる部分もあるということが分かる。したがって、どの値もバランスよく明瞭な縞模様となるのは室温であると考えられる。また、赤茶色の溶液は温度が極度に低くなりすぎると起こることが多い。これは、一方の反応速度が大きくなり他方がそれに追いつけないことで起こる現象だと思われる。

5. 結論

模様は大きな円を外側から発生し、硫酸の量が増加することで、反応開始までの時間が短くなる。そして、硫酸の量を増やすと硫酸イオンの数が増え、水素イオンの数が少なくなるため、マーブル模様にも多少影響がある。過不足なく反応するのに必要な水素イオンが足りず反応の進行が遅くなったことから硫酸の添加量の増減の変化により反応までの時間が遅くなるのがわかる。

また、室温が反応速度、反応の間隔において最適であり、冷水や温水では冷たいほど反応の間隔が広くなり、温かいほど反応速度が短くなる。冷水や温水では幅が広がる部分が異なる。

6. 展望

前述したとおり、BZ 反応は酸化還元反応が繰り返されることで起こる実験であるが、極度に低い温度で行うと、一方の反応速度が大きくなり、他方の反応がそれに追いつけなくなる。次年度はその反応がどの温度から発生し、どの溶液により発生しているのか調べていきたい。

7. 参考資料

1) 東京都高等学校理科研究発表会令和四年度 2) 第 61 回生徒理科研究発表会 3) 第 62 回生徒理科研究発表会
 4) 第 63 回生徒理科研究発表会 5) 山口智彦, リズム反応へのアプローチ-ペローソフ・ジャボンスキー反応のメカニズム-, 化学と教育, 1996, 44 巻, 4 号, p253-256 6) 神宮寺守, 自己組織化現象, 山梨大紀要, 2001, 第 18 巻, p129-1 7) 雨宮隆, 山口智彦, ペローソフ・ジャボンスキー反応と光情報処理, 分子マイクロゼーションと光技術, 1999, 28 巻, 6 号, p312-314 8) 小林雄太, Bz 反応, 2005 年, p3-5 9) 空間振動するペローソフ・ジャボンスキー反応「夢・わくわく化学展 2001」実験 DVDchemistry.or.jp 9 月 1 日

銅(Ⅱ)イオンと亜鉛の反応速度に関する研究 武蔵中学校 ○ 萩原成礼

研究概要

金属のイオン化傾向の差により、硫酸銅(Ⅱ)水溶液と亜鉛が反応すると硫酸亜鉛水溶液と銅が生成される。この反応に関して、実験1では、水溶液を攪拌した時に反応速度に与える影響を調べ、実験の結果、攪拌速度が上がるにつれて反応速度が上昇した。実験2では、銅(Ⅱ)イオンの初期濃度が反応速度に与える影響を調べ、実験の結果、銅(Ⅱ)イオン濃度が0.10~0.30 mol/Lでは反応速度は銅(Ⅱ)イオン濃度に概ね比例したが、0.30 mol/Lを超えるとほぼ一定になった。実験3では、亜鉛線の本数と反応速度の関係を調べ、実験の結果、反応速度は銅(Ⅱ)イオン濃度が1.0 mol/Lでは亜鉛線の本数に比例することがわかった。以上の実験結果を踏まえ、反応速度を制御する要因を考察した。

実験1：攪拌速度と反応速度

【実験方法】コニカルビーカーを4つ用意し、各ビーカーに1.0 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を5 mL 加え、それぞれ1500 回転/分の速さで攪拌しながら、各ビーカーに亜鉛線3 cm(0.04g)を加えた。ビーカー4つの反応時間をそれぞれ5、10、15、20分とし、反応時間後ろ過した。そのろ液の銅(Ⅱ)イオン濃度を分光光度計により測定した。攪拌速度が0 回転/分、150 回転/分も同様に行った。

【結果】実験結果を図1に示す。攪拌が1500 回転/分の場合の反応速度が最も速く、次に速かったのは150 回転/分であり、0 回転/分が最も遅かった。1500 回/分の場合、目視によると亜鉛線表面に析出した銅が剥がれ、亜鉛線が表面に現れたことが確認された。150 回/分の場合、溶液の攪拌は行われたが、目視から、亜鉛表面の銅はほとんど剥がれなかった。

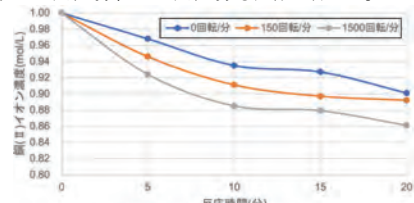


図1 攪拌と反応速度の関係

【考察】攪拌が1500 回転/分の場合、150 回転/分に比べて反応速度が速く、また亜鉛線表面の銅の剥がれ方は1500 回転/分の場合の方が150 回転/分に比べて剥がれ落ちた。このことから、亜鉛線表面に析出した銅によって、亜鉛と銅(Ⅱ)イオンの反応が阻害されていることが考えられる。また、150 回転/分では0 回転/分に比べて反応速度が速かった。攪拌時は、0 回転/分では亜鉛線周辺の銅(Ⅱ)イオン濃度が局所的に薄い可能性が高いが、150 回転/分では攪拌により銅(Ⅱ)イオン濃度の均一性が上がり、それに伴って亜鉛線周辺の銅(Ⅱ)イオン濃度も上がったと考えられる。銅(Ⅱ)イオン濃度が高ければ粒子同士の衝突頻度も上がり、反応速度も上がることが予想され、実験結果と一致する。以上より、0 回転/分に比べて150 回転/分の反応速度が速い理由は、亜鉛線周辺の銅(Ⅱ)イオンが、亜鉛線と銅(Ⅱ)イオンの反応によって薄くなったためと考えられる。

実験2：銅(Ⅱ)イオンの初期濃度と反応速度

【実験方法】試験管を4本用意し、各試験管に0.10 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液を5 mLずつ加え、それぞれに亜鉛線3 cm(0.04g)を浸した。次に、4本の試験管の反応時間をそれぞれ5分、10分、15分、20分に設定し、反応時間経過後ろ過した。分光光度計を用いてろ液の銅(Ⅱ)イオン濃度を測定した。銅(Ⅱ)イオンの初期濃度が0.20、0.30、0.40、0.50、1.0 mol/Lでも同様の実験を行った。

【結果】実験結果と近似直線を図2に示す。また、0.10 mol/Lを1としたときの0~20分後における各濃度の反応速度の平均の比を図3に示す。

図3より、銅(Ⅱ)イオン濃度が0.10、0.20、0.30 mol/Lでは銅(Ⅱ)イオンが増加すると反応速度も一定の割合で上がり、反応速度は銅(Ⅱ)イオン濃度に正に比例した。一方、銅(Ⅱ)イオンが0.30 mol/L以上の場合、反応速度は銅(Ⅱ)イオン濃度に関わらず一定だった。

【考察】図3の実験結果から、0.10 mol/L~0.30 mol/Lでは反応速度は銅(Ⅱ)イオン濃度に対して概ね正に比例し、銅(Ⅱ)イオン濃度の上昇により粒子同士の衝突頻度も上がることで反応速度が上がったと考える。一方、水溶液中の銅(Ⅱ)イオン濃度が0.30 mol/Lを超えると、反応速度が図3のようにほぼ一定となり、前述の傾向とは一致しない。ここで、本研究の反応を図式化す

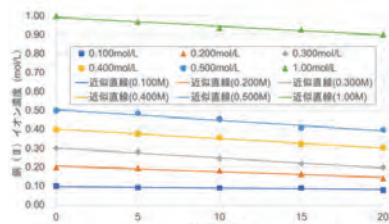


図2 反応速度と銅(Ⅱ)イオン濃度(実験2)

ると、図4になり、銅(Ⅱ)イオンと亜鉛が「出会いのペア」を形成する反応(A)と、銅(Ⅱ)イオンと亜鉛が反応して銅と亜鉛イオンになる反応(B)の2種類が存在すると考える。反応Aは粒子同士の衝突によるため、銅(Ⅱ)イオン濃度が上がれば粒子同士の衝突頻度も上がり、Aの反応速度も上がると考えられる。一方、反応Bの反応速度は銅(Ⅱ)イオン濃度の影響を受けず、ほぼ一定である。以上を踏まえて、反応速度が0.30 mol/Lを境に変化した理由について、次の2つのモデルが考えられる。

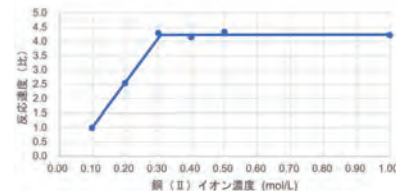


図3 反応速度(比)と銅(Ⅱ)イオン濃度

【モデル①】0.30 mol/Lで律速段階がAからBへ変化し、0.30 mol/Lより高い銅(Ⅱ)イオン濃度において律速段階が常にBにあることで、反応速度が一定になった。

【モデル②】0.30 mol/L前後で変わらず律速段階はAに存在し、Aの反応において銅(Ⅱ)イオンと亜鉛の衝突頻度が飽和したことにより反応速度が一定になった。

①の場合、1.0 mol/Lでは、攪拌により銅(Ⅱ)イオンと亜鉛の衝突を増やした場合でもAの反応速度が速くなるのみであり、律速段階にあるBの反応速度は一定であるため、反応速度は全体としては一定になることが予想されるが、これは、1.0 mol/Lにおいて攪拌により反応速度が上がるという実験1の結果に反する。そのため、反応速度が0.30 mol/Lを境に変化した理由は①でなく②であると考えられる。よって、②に基づいて、亜鉛と銅(Ⅱ)イオンの衝突頻度が飽和したことにより反応速度が0.30 mol/L以降一定になったと考察する。



図4 反応の模式図

なお、亜鉛と銅(Ⅱ)イオンの衝突頻度が飽和した理由の仮説は以下が挙げられる。

- (i) 実験1で指摘された、表面の銅による反応の阻害
 - (ii) 実験1で指摘された、亜鉛線への銅(Ⅱ)イオンの供給量の飽和
 - (iii) 亜鉛線の表面に接触できる銅(Ⅱ)イオンの数の飽和
- 以上の仮説の検証は今後の検討課題である。

実験3：亜鉛線の本数と反応速度

【実験方法】硫酸銅(Ⅱ)水溶液1.0 mol/L 5 mLを6本の試験管にそれぞれ加え、亜鉛線(直径0.50 mm)3 cmをそれぞれ1本ずつ溶液に浸した。この6つの試験管の反応時間を5,10,15,20,30,40分に分けて設定し、反応終了後それぞれろ過し、分光光度計で銅(Ⅱ)イオン濃度を測定した。

【結果と考察】図5は各反応時間における銅(Ⅱ)イオン濃度を示す。亜鉛線1本の場合、20分後までは銅(Ⅱ)イオン濃度が明らかに減少していたが、20~40分後では銅(Ⅱ)イオン濃度はほとんど減少しなかった。40分後の銅(Ⅱ)イオン濃度(0.89 mol/L)は、加えた亜鉛が全て反応したときの銅(Ⅱ)イオン濃度の0.873 mol/Lに近かった。2本の場合も同様の傾向だった。

以上の結果から、亜鉛線が1本の場合も2本の場合も約20分後には反応が終了したと考えられる。次に、20分後まで(反応が終了するまでの)近似直線を考えると、亜鉛線2本の場合は1本に比べて20分後までの反応速度が約2倍だと分かる。このことから、反応速度は亜鉛線の本数に比例すると考えられる。また、亜鉛線が2本になると1本の時よりも表面積と質量(体積)がそれぞれ2倍になるため、反応速度は表面積か質量のいずれかに比例していると予想できる。

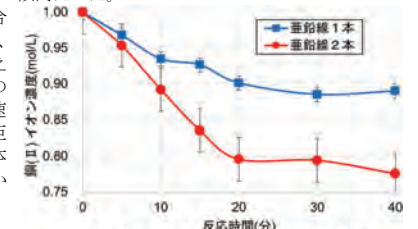


図5 亜鉛の本数と反応速度の関係

結論

銅(Ⅱ)イオンと亜鉛の反応速度を制御する要因として、1.0 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液において亜鉛線表面に析出した銅による反応の阻害や、反応によって溶出した亜鉛イオンにより亜鉛線周辺の銅(Ⅱ)イオン濃度が希薄になったことが考えられる。また、硫酸銅(Ⅱ)水溶液の濃度が0.10~0.30 mol/Lでは反応速度が銅(Ⅱ)イオン濃度に概ね比例したが、0.30 mol/Lを超えると反応速度が一定となり、このように反応速度が変化した理由は、亜鉛と銅(Ⅱ)イオンの衝突頻度が飽和したためだと考える。さらに、1.0 mol/Lの硫酸銅(Ⅱ)水溶液では、亜鉛線の本数に反応速度が比例することもわかった。

参考文献：アトキンス物理化学(下)第10版, 東京化学同人, 2017

安定性の高い無電解銀めっき浴の検討

開成高等学校

○張 任意 星野 瑞貴 奥町 日路

1. はじめに

無電解銀めっきとは電気分解を伴わない還元反応によって銀膜を析出させるめっき方法であり、電解めっきが行えない不導体に対してのめっきに適している。現在、工業的には電解・無電解の両方において優れた安定性を発揮するシアン銀めっき浴が主流であるが、環境への配慮などの観点からシアン化物を使用しないノンシアン浴の検討が進んでいる。そこで、我々は銀鏡反応を応用した ABS 樹脂に対する無電解銀めっきの検討を行ってきた。

今回、我々はこれまでの実験で使用してきた無電解銀めっき浴²⁾(表1)について、浴の安定性が低く、建浴後直ちに反応が開始してしまうという問題点を解決するために新たな銀めっき処理を検討した。

具体的には、実験1ではこれまでのめっき浴において錯化剤として加えるエチレンジアミンの濃度を1 mol/L から 5 mol/L に上げることで浴中の銀錯体の安定性を高めることを試みた。実験2では、めっき処理前に基板上にパラジウムまたは銀ナノ粒子による触媒を付与した上でめっき処理を行い、従来の浴と前述のエチレンジアミンの濃度を高めた浴の両方において銀めっきの析出状態を比較した。

表1. 旧めっき浴の組成

溶液	0.1 mol/L AgNO ₃ 水溶液	1 mol/L エチレンジアミン水溶液	1 mol/L NaOH 水溶液	1 mol/L グルコース水溶液
量	30 mL	9 mL	6 mL	3 mL

2. 実験手順

実験1・2共通の操作

- 20 mm×30 mm の大きさに切り出した ABS 樹脂基板を、メタノール中で 180 s の間 42 kHz の超音波により脱脂を行う。
- 2種類のエッチング溶液 A、B (表2) を 70°C に設定した恒温槽で加熱しながら、基板を A→B の順にそれぞれ 600 s ずつ浸漬しエッチングを行う³⁾。
- 銀めっき浴に基板を浸漬し室温で 15 分めっき処理を行う。

※各操作の間には適宜純水洗浄を行った。

実験1の操作

操作③において上記の旧めっき浴とエチレンジアミンの濃度を 1 mol/L から 5 mol/L にした浴 (新めっき浴とする) でそれぞれめっき処理を行い、結果を比較する。

実験2の操作

- 操作②と操作③の間に以下のようにパラジウムまたは銀ナノ粒子の触媒付与処理を行う。
- その後、旧めっき浴と新めっき浴の両方でめっき処理を行い、実験1の結果とそれぞれ比較する。
- パラジウムの触媒付与⁴⁾
基板を溶液ア、イ (表3) にア→イ→ア→イの順にそれぞれ 60 s ずつ浸漬する。
 - 銀ナノ粒子の触媒付与⁵⁾
基板を溶液ウ、エ、オ (表4) にウ→エ→オの順にそれぞれ 300 s、300 s、60 s 浸漬する。

表2. エッチング溶液

溶液A	0.25 mol/L KMnO ₄ 水溶液
溶液B	10 mol/L H ₂ SO ₄

表3. パラジウムの触媒付与に用いる溶液

溶液ア	SnCl ₂ 1.0 g/L + HCl 3.6×10 ⁻² % 水溶液
溶液イ	PdCl ₂ 0.1 g/L + HCl 3.6×10 ⁻³ % 水溶液

表4. 銀ナノ粒子の触媒付与に用いる溶液

溶液ウ	PDDA* 0.1 mol/L 水溶液 *ポリジアリルジメチルアンモニウムクロライドの略
溶液エ	SnSO ₄ 0.1 mol/L + クエン酸三ナトリウム 0.2 mol/L + AgNO ₃ 0.01 mol/L 水溶液
溶液オ	クエン酸三ナトリウム 0.1 mol/L 水溶液

3. 結果

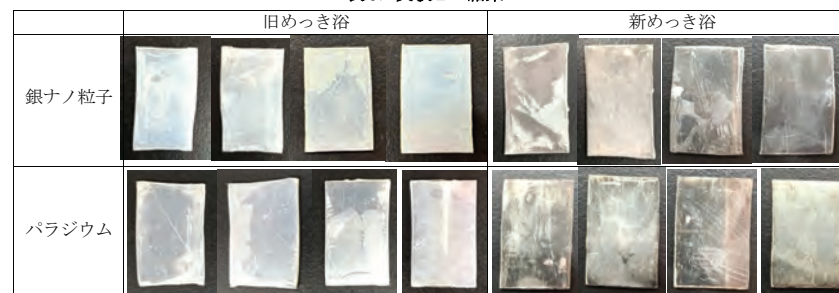
それぞれの実験で得られた銀めっきの様子を示す。表5、表6どちらも四つの写真のうち左から1回目表裏、2回目表裏である。

実験1で新めっき浴を用いた条件(表5右側)では銀がほとんど析出せず、ABS 基板の地の白色が写っているだけである。その他の条件では全てにおいて銀が析出し、基板が銀色や灰色になっている。実験2の新めっき浴を使用した条件(表6右側)など、いくつかの条件ではよく金属光沢も見られる。

表5. 実験1の結果



表6. 実験2の結果



4. 考察

実験1について、旧めっき浴では基板全体によく銀の析出がみられたのに対し、新めっき浴では析出が全くみられなかった。新めっき浴は旧めっき浴よりもゆっくりと分解していたことから、錯化剤の量を増やすことで浴の分解を抑えることができ浴の安定性を高められると考えられる。しかし新めっき浴では銀の析出が全くなかったため、反応速度とめっきの析出の間に何らかの関係があるのではないと思われる。

実験2について、旧めっき浴においては銀ナノ粒子・パラジウムともに、触媒付与なしの場合(実験1で旧めっき浴を用いた条件、表5左側)とほぼ同様のめっきが得られた。対して新めっき浴では、銀ナノ粒子の1回目はやや不完全だが、実験1(表5右側)に比べて非常によく銀が析出した。このことから、銀ナノ粒子及びパラジウムの触媒を付与することで、反応速度が遅いめっき浴においても基板上によく銀を析出させることができると考えられる。

5. 今後の展望

この結果を元に、今後は主に①パラジウム触媒と銀ナノ粒子触媒によるめっきの違い、②めっき浴の反応速度と銀の析出の関連性、の2点についてより詳しく検討していく。

6. 参考文献

- 秦朋美. 銀めっきの用途と技術動向. 表面技術. 2019, vol.70, no.9, p.441-445.
- 星野瑞貴, 奥町日路, 張任意. 銀鏡反応を応用した様々な物質への無電解銀メッキ. 生体理科研究発表会, 2022, 6-1.
- 株式会社 JCU. 樹脂表面へのエッチング方法およびこれを利用した樹脂へのメッキ方法. PCT/JP2016/085497, 2016-11-30.
- 社団法人日本化学会. 実験科学講座 24 表面・界面. 丸善株式会社, 2007, p.68.
- 藤原裕, 小林靖之, 池田慎吾. 無電解銅めっき用銀ナノ粒子触媒. 表面技術. 2013, vol.64, no.12, p.669-676.

アスコルビン酸の黄色変色における溶液の条件が与える影響

千葉県立千葉東高校 ○島崎陸 峰凜太郎 山崎太郎

1. 概要

本研究は、アスコルビン酸（以降 AsA と記載）の水溶液中における分解と、着色についての研究である。昨年度我々が行ってた「スポーツドリンクの成分の違い」という研究において見られた、AsA が塩基性下で黄色く変色する現象に着目し、現在解明されている AsA の分解、着色機構との関連について調査、考察を行った。

2. ポカリスエットの黄色変色

昨年度行ってた研究の中でポカリスエットとアクエリアスの成分を比較するため、両者の中和滴定を行ったところ、ポカリスエットにのみ、塩基性下での明確な黄色変色が見られた。この原因について含まれる物質の影響と考え、成分表示を参考に含まれる物質の違いを照合すると、果汁、酸味料、AsA の3つの物質において違いが見られた。このうち果汁は複数の物質が混合したものであるため判別が難しいと考え、AsA、酸味料の二つに着目して調査した結果、AsA が黄色変色に影響していることが分かった。

3. AsA について

AsA は非常に不安定な化合物で多くの分解経路を有するが、その分解過程や生成物質は未だその多くが解明されていない。複数の分解経路が関係していると考えられるが、その一つに酸化的分解は褐変を起こすため、今回の黄色変色はこの褐変の途中に生成される物質が関係しているのではないかと考えた。

4. 実験・結果・考察

<実験1> AsA の中和滴定

目的 AsA が変色する pH を確認する

- 手順 (1) 0.10mol/L AsA 水溶液を調整する
(2) AsA 水溶液を 0.10mol/L NaOHaq で滴定する

結果 滴定曲線は図1の通りになった。pH が7を超えると黄色を呈色した

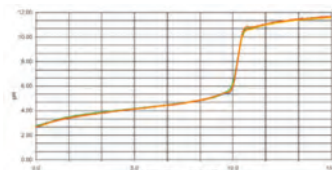


図1 AsA の滴定曲線

<実験2> AsA の変色形態

目的 この変色が可逆的なものであるかを確認する

- 手順 (1) AsA 水溶液 (1.5mol/L) に対して 6.0mol/L NaOH 水溶液 を加える。
液性が酸性から塩基性へ変化した段階で溶液の色を観察する
(2) 6.0mol/L HCl 水溶液を加え液性を塩基性から中性・酸性へ戻し、溶液の変化を観察する

結果 AsA 水溶液は酸性時、肉眼で明らかに変色を断定することは難しいが、純水と比較するとわずかに黄色を帯びていることを確認した。また、NaOH 水溶液を加え、pH が7を超えると速やかに、目に見える程の黄色を呈色した。その後液性を中性、酸性へと戻すと実験開始時の AsA 水溶液と同色に戻った。pH7 の直前直後を除いては、黄色の発色の強さに変化は見られなかった

<実験3> デヒドロアスコルビン酸との比較

目的 AsA 水溶液は 1.5mol/L において酸性時においても淡い黄色を呈していた。AsA は酸化しやすい物質であるため、水溶液中で酸化しているのかどうかを確かめる。

- 手順 (1) 90 分間超音波に当て脱気し、溶液調製後、空気を窒素に置き換える窒素置換を行う
(2) 6.0mol/L NaOHaq を加え、呈色の様子を確認する

結果 脱気と窒素置換の両方を行ったものと脱気のみを行ったものとはともに通常の AsAaq と呈色の強さに関しての差はみられなかった

<実験4> アスコルビン酸ナトリウムとの比較

目的 塩基性下において生じる中和塩が呈色に与える影響を調べる

- 手順 (1) AsANa 水溶液を 0.10mol/L に調整する
(2) AsA 水溶液を同濃度の AsANa が生成されるように NaOH 水溶液で中和する
(3) 両者の溶液の色を比較する
(4) 両者に酸を添加し、再び溶液の色を比較する

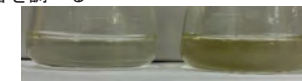


図2 中和 AsA 水溶液と AsANa 水溶液の比較

結果 AsANa は黄色を呈色したが、同濃度の中和した AsAaq に対して僅かに黄色が強かった。その後、酸を加えると呈色は薄くなったが同濃度の AsAaq と比較すると黄色が強かった

<実験5> 酸化分解した AsA への塩基の添加

目的 酸化的な分解によって見られる黄色変色と塩基性下においてみられる黄色変色の関係を調べる

- 手順 (1) 1.0mol/L AsAaq を調整し、200 倍に希釈して酸化還元滴定を行う
(2) 恒温槽で 70 度に保ち 18 時間放置し、AsA を分解する
(3) 湯浴後、200 倍に希釈し、酸化還元滴定を行い AsA の残存量を測定する
(4) 湯浴処理した AsA 溶液を中和滴定し、溶液の色を確認する

結果 酸化還元滴定の結果より、湯浴後の AsAaq の減少が確認された。また湯浴した AsAaq は塩基性下と同程度の黄色を示し、中和滴定を行うと pH7 を境に黄褐色へ変化した。

表3 湯浴前後の AsA の測定量

	湯浴前	湯浴後
酸化還元滴定の測定量	13.01	10.85
中和滴定の測定量	13.25	12.25

5. 考察・展望

AsA を塩基性条件にすると黄色変色することは、既存の AsA の酸化に伴う変化や加温による分解ではなく中和による構造の変化によって黄色変色を呈したと考えられる。また、湯浴後に現れた黄色変色は AsA の加温による分解によって起きたものであり、湯浴後の溶液を中和滴定し液性が塩基性下になった際、黄褐色へと変化したのは、残存している AsA の中和に伴う構造変化によって黄色変色が起こり、呈色が強まったためと考えられる。そのためこれらの分解は異なる経路であり、同時に起こっていると考えられる

6. 参考文献

- 「L-アスコルビン酸とその酸化分解」石井 謙二、桜井 英敏 栄養学雑誌 1999 年 48 巻 4 号. p 149-156
「L-アスコルビン酸の分解及び着色反応機構」倉田 忠男 日本農芸化学会誌 1976 年 50 巻 10 号. p.R209-R216
「L-アスコルビン酸」森田 泰彦 有機合成化学協会誌 1990 年 48 巻. p.416-417

尿素による糖の溶解量増加のメカニズムの解明

東京都立立川高等学校 ○大林 侘央奈 ○小山 修吾 ○瀬川 晶

1. はじめに

先行研究より、尿素とグルコースを純水に溶かすと、グルコースだけを純水に溶かしたときより多くのグルコースが溶け¹⁾、グルコースの他、ラクトース、スクロースも純水より尿素水溶液に多く溶けて、その溶解量は尿素水溶液の濃度が高いほど大きくなることわかっている²⁾。しかし、グルコース、ラクトースは過飽和になりやすいことから、本研究ではスクロースを用いることにした。尿素と糖が化学反応を起こして、水溶液中の溶質の総粒子数が減ったことで糖の溶解量が増加すると仮説を立てて研究を行ってきたが、化学反応は起こっていないことを立証し、水素結合を形成している可能性があることがわかり、本研究における発見は新規性があることが判明したのでここに報告する。

2. 実験

2.1. 実験Ⅰ 凝固点の測定

それぞれ 1.0 mol/kg の尿素水溶液(以下、尿素 aq)、スクロース水溶液(以下、スクロース aq)、尿素とスクロースの混合水溶液(以下、混合 aq)の凝固点を測定³⁾し、水溶液内の溶質の総粒子数の変化を確認した。

尿素 aq、スクロース aq の凝固点はいずれも水のモル凝固点降下 1.85 K・kg/mol に近い平均値が得られ、相対誤差は 4.43% 以内であった⁴⁾。

しかし、混合 aq の場合には、凝固点の平均が -1.31 °C となり、相対誤差が -29.08% と大きく差の出る結果となった(図 1)。そのため、混合 aq では溶質の総粒子数が減少したと考えた。

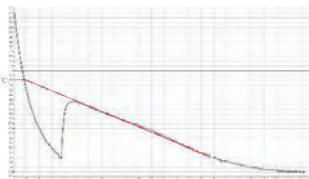


図 1. 混合 aq の冷却曲線

2.2. 実験Ⅱ 尿素によるフルクトースの溶解量変化の確認

これまでの実験で用いた糖は、先行研究含め¹⁾²⁾、いずれもグルコースの構造を持つ糖であったため、グルコースの構造を持たないフルクトースでも尿素による糖の溶解量増加が起こるのか確認した。フルクトースを高濃度尿素水溶液(①)と純水(②)に同量ずつ溶解させ、結晶の析出量を比較した。その結果、フルクトースでも、純水よりも尿素水溶液に溶解させたときの方が多く溶解する現象が見られた(図 2)。このことから、糖の溶解量増加には、糖に共通する構造が関わっていると考えた。



図 2. 左…① 右…②

また、グルコースと尿素は化学反応することが先行研究⁵⁾⁶⁾⁷⁾で示されており、これらはいずれもヘミアセタール構造が化学反応に関与しているため、尿素水溶液中でスクロースが加水分解されつつ、尿素とスクロースが化学反応したことで、水溶液中の溶質の総粒子数が減少したのではないかと仮説を立てた。

2.3. 実験Ⅲ 高速クロマトグラフィー(以下、HPLC)による分析

HPLC で、尿素 aq、スクロース aq のピークと混合 aq のピークを比較し、化学反応による新規物質の有無を確認した。混合 aq の場合には、尿素 aq、スクロース aq とは異なる新たなピークが確認でき、同時に尿素 aq で確認された位置のピークがほとんど確認できなくなった(図 3)。

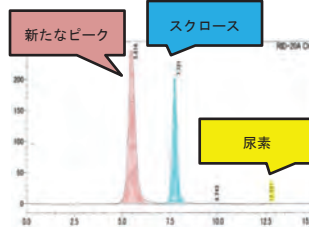


図 3. HPLC による混合 aq の分析結果

このことから、化学反応によってスクロースよりも大きな新規物質が生成したと考えた。

2.4. 実験Ⅳ SC-XRD および溶液 NMR による分析

SC-XRD、溶液 NMR を用いて、混合 aq 内の新規物質の特定を試みた。SC-XRD では、解析を行った結晶の中には尿素とスクロースしか存在しなかった。溶液 NMR では、混合 aq 中の水素原子と炭素原子の比が、尿素およびスクロースと一致した(図 4)。この 2 つの分析結果から、新規物質は存在していないことがわかった。しかしながら、HPLC による分析結果との矛盾が生じたため、再度 HPLC による分析を試みた。

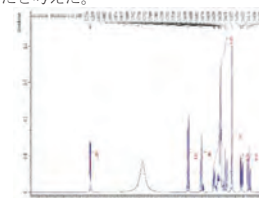


図 4. NMR スペクトル (炭素数)

2.5. 実験Ⅴ HPLC による再分析

HPLC による再分析を行った。しかし、前回と同じような尿素的のピークが見られなかったことを疑問に思い、尿素 aq、スクロース aq、混合 aq を何度か分析にかけて比較検証した。その結果、HPLC のカラムを糖に最適なものにしたため、尿素的のピークが現れる時間が分析する毎に異なることが分かった。つまり、前回の混合 aq では、スクロースと尿素的のピークとは別に未知のピークが発生したが、これは尿素的のピークが尿素 aq と混合 aq の分析時にずれたものであり、新規物質のピークではないと考えた。ここまでの実験Ⅲ～Ⅴにより、混合 aq 内には、化学反応に伴う新規物質ができていないことを裏付ける確証が得られた。しかしながら、実験Ⅰの凝固点降下度の測定結果から、溶質の粒子数は大幅に減少しているため、尿素とスクロースが水素結合した形で存在していると考えた。このことは、先行研究をさらに調査したことで信頼性を高めることができたが⁸⁾、スクロースによる研究はこれまでになく、水に尿素を添加することで非還元糖の二糖類であるスクロースの溶解量が増加するという発見は、新規性があることが判明した。

3. 今後の展望

- ① スクロースの代わりに 3 価のアルコールのグリセリンを用いて実験し、ヒドロキシル基が関与する信頼性を高める。
- ② 尿素的のアミノ基とカルボニル基の反応性を確認するため、尿素的の代わりにエチルアミンとアセトンを用いて実験し、アミノ基とカルボニル基の両方の官能基が必要なかを検証する。
- ③ 水だけの水素結合と混合 aq の水素結合の違いを水溶液が凝固したときの体積変化で確認し、尿素とスクロースによる超分子会合体の形成を立証する。

4. 参考文献

- 1) 近藤春花, 須田羽奏(2022). 「2 つの物質の溶解度の研究」. 『立川高校 SS 課題研究Ⅱ 研究集録令和 3 度』, 19-20
- 2) 菊池遥香, 中村日翔(2023). 「尿素水溶液に糖を溶かす -尿素と糖のクラスター構造はあるのか?-」
- 3) 吉田工(2001). 「凝固点降下の測定」. 『化学と教育』49 巻 6 号. 公益社団法人日本化学会.
- 4) 山下明日香, 望月啓博, 大村和樹(2008). 「糖溶液での凝固点降下度の理論値とズレ」, 第 34 回山崎賞.
- 5) 笹子謙治(1961). 「尿素とグルコースの反応および反応生成物に関する研究」, 『日本畜産学会報』32 (6), 335-338.
- 6) M. H. BENN, A. S. JONES(1960). Glycosylureas. Part I. Preparation and Some Reactions of D-Glucosylureas and D-Ribosylureas. Journal of the Chemical Society, 0, 3837-3841.
- 7) Carolin Ruß, Florian Ilgen, Christian Reil, Claudia Luff, Alireza Haji Begli and Burkhard König(2010). Efficient preparation of b-D-glucosyl and b-D-mannosyl ureas and other N-glucosides in carbohydrate melts. The Royal Society of Chemistry, 13, 156-161.
- 8) R. L. SNYDER, R. D. ROSENSTEM, H. S. KIM, AND G. A. JEFFREY(1969). A comparison of the structures of the a-D-glucose-urea and D-glucitol-pyridine hydrogen-bond complexes. Carbohydrate Research, 12, 153-156.

水素イオンによるヨウ素時計反応の誘導時間への影響

千葉県立長狭高等学校
○安西眞歩 西辻唯吏愛

研究概要

ヨウ素時計反応は、水溶液の混合から誘導時間【以下 IT】後に、瞬間的に濃青紫色を呈する。^{※1}
ITはこれまで、環境の影響により、正確に予測することが困難であったが、昨年度の私たちの研究によって、ITの変化の原因を以下のように捉えることができた。C)は、先行研究^{※2、※3}の説を覆す考察を得た。

- A) 亜硫酸水素イオン【以下 HSO_3^- 】の加水分解
- B) 酸素【以下 O_2 】による①の HSO_3^- の加水分解の促進
- C) 二酸化炭素【以下 CO_2 】による水素イオン濃度【以下 $[\text{H}^+]$ 】の変化による抑制・促進

今年度は、大気中の気体と HSO_3^- の反応速度が、液温により大きく左右されることをとらえ、昨年度のデータとの比較を行った。また、 CO_2 との反応により、 $[\text{H}^+]$ が変化したことで、ヨウ素時計反応を構成する3つの反応の速さが影響を受けたことから、

- A) $[\text{H}^+]$ による、誘導時間の変化
- B) ヨウ素時計反応が起こる $[\text{H}^+]$ (水酸化イオン濃度【以下 $[\text{OH}^-]$ 】)の範囲
- C) 反応と酸化還元電位【以下 ORP】や $[\text{H}^+]$ の変化

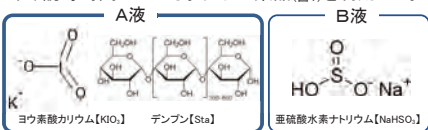
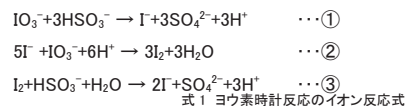
を捉えた。

1 背景と目的

ヨウ素時計反応の誘導時間は、薬品の混合比、液温、接触する気体から影響を受けることが、昨年度の研究により解明された。今年度は、 $[\text{H}^+]$ ($[\text{OH}^-]$)を変化させた場合のIT、pH、ORPの変化から、「 H^+ が、ヨウ素時計反応の反応系に与える影響を解明する。」ことを、研究の目的とした。

2 文献調査によりわかったこと

ヨウ素時計反応は、次の3つの化学反応(式1)が連続して起こり、②で生じたヨウ素分子が、③でヨウ化物イオンに戻されることでヨウ素デンプン反応を起こせず、誘導時間が生じる。以下の薬品(図1)を利用した。



3 実験方法・結果

基本的な使用薬品の組み合わせ

A液: KIO_3 : 0.400 mol/L + デンプン: 0.1% (昨年度は、1.0%) × 95.0 mL

B液: NaHSO_3 : 0.400 mol/L × 5.00 mL

基本的な誘導時間の測定方法(図2)



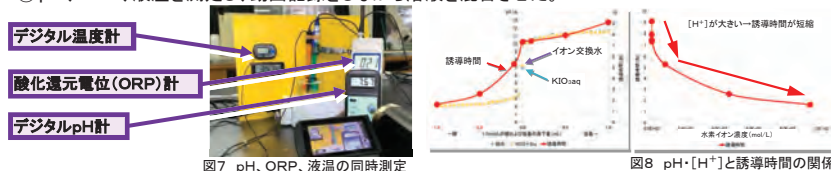
図2 誘導時間の記録と解析

昨年度の実験A~IIにより、基本的な薬品の性質と濃度(比)による誘導時間の変化、水溶液への気体の影響について調査し、考察・結論を得た。

実験J A液のpHを2.30~11.74の範囲で変化させ、 $[\text{H}^+]$ による誘導時間の推移を調べた。

実験方法(図7)と結果(図8)

- ① 使用薬品の組み合わせは、上記の『基本的な薬品の組み合わせ』を使用した。
- ② A液を塩酸【以下 $[\text{HCl}]$ 】や水酸化ナトリウム水溶液【以下 $[\text{NaOHaq}]$ 】を用いてpHを調整した。
- ③ pH、ORP、液温を測定し、動画記録をしながら溶液を混合させた。



考察

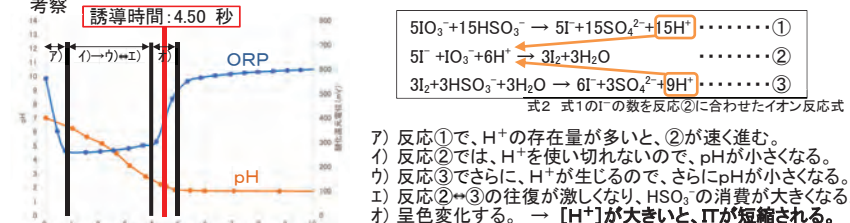


図9 ヨウ素時計反応の進行とORP・pH
pHとORPの推移と反応①~③の対応を捉えることができた。

4. 結論

pHとORPの推移から、反応の進行を把握でき、反応中の H^+ の役割を解明することができた。

5. 展望(現在行っている実験とその概要)

- ① A液をpH1~13に調整し、IT、pH、ORP、液温の推移を調べている。
 - ヨウ素酸カリウムは、酸性環境下で酸化力を有するが、pHが7以上でもヨウ素時計反応が起きた。
 - ヨウ素時計反応が起こる理論上のpH上限を算出・試行したところ、予測に近い結果が得られた。
- ② A液の液温を約15°Cと約35°Cに調整し、IT、pH、ORP、液温の推移を調べている。
 - 塩基性溶液の場合は、温度が高い方が誘導時間が長くなった。
- ③ 「アルコール類が自然短縮を制御^{※1}する。」という先行研究の記載を確認したい。
 - 「エタノールの20%溶液が、自然短縮を抑えた。」という報告^{※3}があった。

6. 参考文献

- ※1 戸河里長康「ヨウ素酸イオンと亜硫酸水素イオンによる時計反応における自触媒作用の研究」中京大学教養論叢 11 (2), 133-140-, 1970-12-20
- ※2 吉田有佐・河野織音・山田リサ「ヨウ素時計反応の誘導時間を左右するもう一つの要素~第2報~」千葉県児童生徒・教職員科学作品展 優秀作品選集 2018
- ※3 鍋木美優・山田リサ「ヨウ素時計反応の誘導時間の研究~自然短縮の原因の解明~千葉県児童生徒・教職員科学作品展 優秀作品選集 2019

ミルクの泡立ちの違い

跡見学園高等学校 科学部 1年 三澤 美来

1. 動機及び目的

一昨年の冬、カプチーノの泡を飲んだ時、表面に浮かぶふわふわとした泡はどのようにして作られているのか疑問に思った。これをきっかけに、フォームミルクの泡の成分に興味を持ち、昨年からの泡の正体について研究を始め、泡に関係している物質はタンパク質と脂質であることが分かった。そこでタンパク質と脂質が泡に及ぼす影響について検証した。

2. 実験方法

●準備物品 はかり、タイマー、温度計、ガスバーナー、ピーカー、耐熱容器、ハンドミキサー、泡立てカップ、インスタントコーヒー、湯、17種類の飲料（牛乳、低脂肪牛乳、高タンパク牛乳、プロテイン、豆乳、アーモンドミルク、オーツミルク、ライスミルク、ココナッツミルク、ピスタチオミルク、米糰ミルク、ピーミルク、ヘンプミルク、カシューナッツミルク、スキムミルク、飲むヨーグルト、生クリーム）

●実験方法 溶液の容量は全て50mLで搅拌する時間は、10~90秒の10秒間隔で計9回実験を行った。牛乳だけで泡を作ると、泡と牛乳の境目が分かりにくく、正確に泡の高さを測定するのが難しいため、コーヒーの上に泡を乗せて実験した。

実験Ⅰ 搅拌時間ごとの泡の高さの違い

- ① ピーカーに入れた6種の飲料を60℃まで温め、カプチーノミキサーで10~90秒泡立てた。
- ② インスタントコーヒー2gを50mLのお湯で溶かし、ここに①で泡立てた6種類の飲料50mLをゆっくりと注ぎ入れた。泡立て時間ごとに泡の高さを計った。

実験Ⅱ 搅拌時間ごとの泡の消失にかかる時間の違い

- ① ピーカーに入れた12種の飲料をカプチーノミキサーで10~90秒泡立てた。泡立て時間ごとに生成した泡の高さを計った。
- ② インスタントコーヒー2gを50mLのお湯で溶かし、ここに①で泡立てた12種類の飲料50mLをゆっくりと注ぎ入れた。これを放置し、泡立て時間ごとに泡が消えるまでの時間を計った。
※1 時間計測は30分まで行い、30分たっても泡が消えない場合の測定結果は30分とした。

実験Ⅲ 飲料の温度を変えたときの泡の高さの違い（冷蔵した飲料・60℃まで温めた飲料・70℃まで温めた飲料）

- ① ピーカーに入れた15種の飲料を冷蔵または温め、カプチーノミキサーで10~90秒泡立てた。
- ② インスタントコーヒー2gを50mLのお湯で溶かし、ここに①で泡立てた15種類の飲料50mLをゆっくりと注ぎ入れた。泡立て時間ごとに泡の高さを計った。
※2 コンパクトスタンドで固定したカプチーノミキサーを泡立てカップの底から8mm離し、搅拌する高さを統一する。
※3 冷蔵した飲料は紙パックの容器の違いや保存場所によって温度が変化し、2℃程度の差が生じてしまう。

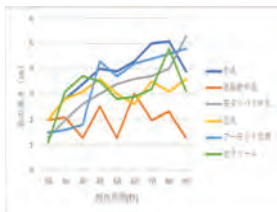
実験Ⅳ 泡の下に置く飲料をコーヒー以外の飲料（紅茶）にする

- ① ピーカーに入れた12種の飲料をカプチーノミキサーで10~90秒泡立てた。泡立て時間ごとに生成した泡の高さを計った。
- ② 紅茶のティーパックを50mLの飲料水の中に入れ、15分間放置した。飲料水は「い・ろ・は・す」を使用した。ここに①で泡立てた12種類の飲料50mLをゆっくりと注ぎ入れた。これを放置し、泡立て時間ごとに泡が消えるまでの時間を計った。

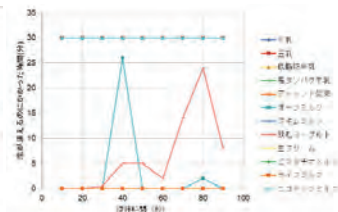
3. 結果

実験Ⅰ 牛乳は泡立ちがよく、きめ細かい泡ができた。低脂肪牛乳は泡1つ1つの大きさが0.5cm以上あり、比較的大きな泡だった。（図1）

実験Ⅱ ライスミルク、オーツミルク、飲むヨーグルト、オーツミルク以外の飲料は30分以上泡が持続した（図2）。

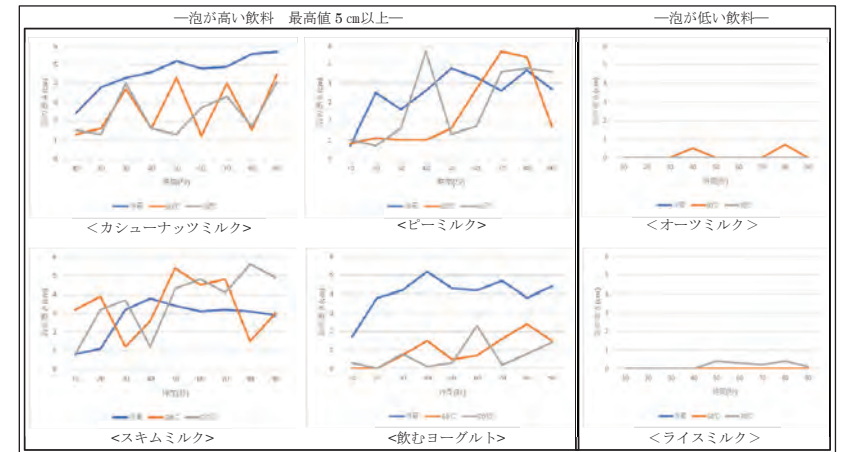


（図1）搅拌時間ごとの泡の高さの違い



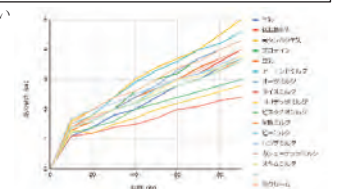
（図2）搅拌時間ごとの泡の消失にかかる時間の違い

実験Ⅲ 飲むヨーグルト、スキムミルクは泡の高さが比較的高い。スキムミルクは17種類の飲料の中で1番泡の高さが高かった。（図3）



（図3）飲料の温度を変えた泡の高さの違い

実験Ⅳ プロテインは泡の高さにほとんど変化がなかった。高タンパク牛乳はほとんど泡の高さが高くなっていき、最終的に泡の高さが5cmを超えた。



（図4）紅茶の上に乗せた時の泡の高さ

4. 考察

実験Ⅰより、飲料に含まれる脂質が多いと泡が持続しないことがわかった。また、牛乳、豆乳などのタンパク質と脂質の比率が同じくらいの飲料だと泡は硬く、空気の含有量が多くつぶれにくい泡となった。実験Ⅱより、豆乳や高タンパク牛乳などタンパク質が多ければ多いほど泡が硬くなり、オーツミルク、スキムミルクなどのように脂質が多いものは泡の持続性が低いことがわかった。豆乳などタンパク質と脂質の比率が同じくらいの一部の飲料では、泡が硬い上にきめ細かく、持続性のある泡であった。実験Ⅲより、冷蔵した飲料の泡の高さが1番高く、70℃で加熱した飲料の泡の高さが1番低いという結論になった。これは温度の影響でタンパク質と脂質の構造が壊れ、タンパク質が結合しきれなかったからだと考える。また、搅拌時間が長いと泡がつぶれてしまい、必ずしも泡が高くなるわけではないことがわかった。泡が高くなる条件は脂質よりタンパク質の方が1~2g多い場合や、タンパク質が脂質より0.4g、0.7g多い場合であった。このようにタンパク質と脂質の差の開きが少ない方が泡立つとわかった。

5. 今後の展望

今後はフォームミルクに含まれる成分について細かく分析していきたいと考えている。タンパク質と脂質に着目し、それらの成分を抽出していければと考えている。

6. 参考文献

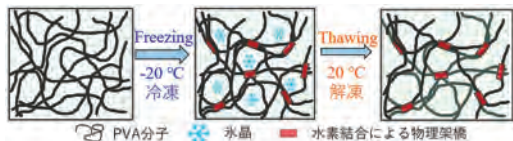
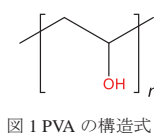
- 1) 三澤美来, フォームミルクの謎を探る, 2023年8月18日, 自然科学観察コンクール
- 2) 三澤美来, ミルクの泡立ちの違いは何故起こるか, 2024年2月14日, 日本化学会関東支部
- 3) 三澤美来, ミルクの泡立ちの違いは何故起こるかⅡ, 2024年8月24日, 学芸サイエンスコンクール
- 4) 17種類の各飲料の成分表示（各飲料は以下の製品を使用した）
森永乳業「森永のおいしい牛乳」/森永乳業「森永のおいしい低脂肪牛乳」/森永乳業「プレミル」/明治「ザバス MILK PROTEIN 脂肪0 ミルク風味」/キッコーマン「おいしい無調整豆乳」/江崎グリコ「アーモンド効果 砂糖不使用」/Alpro「砂糖不使用 オーツミルク」/THE BRIDGE「ライスドリンク オリジナル」/ピコリッチ「ココナッツミルク」/ハルナプロデューサー「ピスタチオミルク」/マルコメ「発酵育ちの米糰ミルク」/雪印メグミルク「ピードリンク」/Ecomil「有機ヘンプミルク」/Ecomil「有機カシューナッツミルク」/森永乳業「森永スキムミルク」/日清ヨーク「十勝のむヨーグルトプレーン」/明治「おいしい生クリーム」

凍結解凍法を用いたポリビニルアルコール水溶液のゲル化とセルロースを基材としたヒドロゲルの調製

東京都立科学技術高等学校 ○三井 愛結 ○吉野 礼人 ○渡辺 陽

1 背景と課題

凍結解凍法(Freezing-Thawing Method; F-T 法)により、ポリビニルアルコール(polyvinyl alcohol; PVA)(図 1)水溶液はゲル化することが報告されている^{(1),(2)}。これは、PVA 水溶液を凍結させる過程で氷の結晶(氷晶)が成長することにより高分子溶液の相分離が生じ、近接した高分子側鎖のヒドロキシ基(-OH)間で、水素結合による物理架橋が生じるためである(図 1)。ヒドロゲルは合成高分子や天然高分子から調製でき、また、高分子間の架橋形成は物理架橋と化学架橋に分類できる。合成高分子の化学架橋により調製されるヒドロゲルは、機械強度や吸収性の高い安定したゲルとなるが、使用するモノマーや架橋剤などの毒性が問題となる。そのため、生物医学的用途には、生体適合性が高く生分解性を有し人体に無毒な、天然高分子を物理架橋したヒドロゲルが適する。



2 目的

本研究の目的は、F-T 法により PVA 水溶液のゲル化を検証することと、その知見を活かしてセルロースを基材としたヒドロゲルを調製し、その特性を評価することである。セルロースを基材とする物質として、水溶性のセルロースであるヒドロキシプロピルセルロース(hydroxypropyl cellulose; HPC) とカルボキシメチルセルロース(carboxymethyl cellulose; CMC)とを使用した。

3 仮説

HPC 分子は多くのヒドロキシ基(-OH)をもつので、F-T 法により PVA 水溶液と同様にゲル化することができる。また、CMC 分子は多くのカルボキシ基(-COOH)をもつので、CMC 水溶液も F-T 法によりゲル化することができる。

4 方法

4-1 使用試薬

(1) ポリビニルアルコール(PVA)

① 富士フィルム和光純薬/ PVA₁₅

平均重合度 n=1,500 以上、ケン化度：78-82 mol%

② 東京化成工業/ PVA₂₀

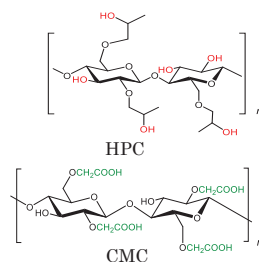
平均重合度 n=2,000 以上、ケン化度：80 mol%

(2) ヒドロキシプロピルセルロース(HPC), NISSO

HPC_H: 平均分子量 1.0×10⁶, HPC_M: 平均分子量: 7.0×10⁵

(3) カルボキシメチルセルロース(CMC), 富士フィルム和光純薬/ n=460- 500, 置換度: DS=0.7- 0.8

(4) クエン酸三ナトリウム二水和物(TSC), C₆H₅Na₃O₇・2H₂O, 富士フィルム和光純薬 他



4-2 ゲルの調製

(1) 10%-PVA₂₀ 水溶液を調製し、フタ付きシリコン容器(図 4)に 10.0 g ずつ 8 個に取り分けた。

(2) これを冷凍庫(-18°C)に入れ 16 時間冷凍、その後室温で 8 時間静置し解凍した。このサイクルを 1-8 回繰り返した。また、濃度を変え同様の操作を行った。

(3) 10%-PVA₁₅ 水溶液, 7.5%-HPC_H 水溶液, 6%-CMC 水溶液でも同様の操作を行った。

(4) 調製したゲルの質量と体積を測定し、テクスチャー試験機(図 5)でゲルの硬さを測定した。



5 結果と考察

5-1 各試薬のゲル化

PVA₂₀ 水溶液では、1 回の F-T 操作でゲル化し、図 6 に示すゲルが得られた。F-T の回数が増加すると、次第に白濁し、硬くなった。しかし、PVA₁₅ 水溶液, HPC_H 水溶液, CMC 水溶液ではゲル化しなかった。



5-2 PVA₂₀ から調製されたゲルの評価

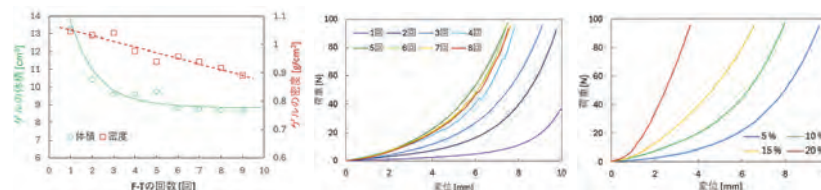


図 7 PVA₂₀ ゲルの体積と密度の変化 図 8 PVA₂₀ ゲルの F-T 回数と硬さの変化 図 9 PVA₂₀ ゲルの濃度と硬さの変化

PVA₂₀ ゲルの F-T 回数と体積, 密度の変化を図 7 に示す。F-T の回数が増加すると、ゲルは収縮し、密度も小さくなった。また、TEX-100N によるゲルの硬さ試験では、F-T 回数 5 回目までは次第に硬くなったが、それ以降はあまり変化が見られなかった(図 8)。これは、F-T 操作を繰り返すことにより水素結合による架橋点が増え、より強固な網目が形成されたためと考えられる。また、PVA₂₀ 水溶液の濃度が増加すると、生成するゲルも硬くなった。これは、水溶液中に高分子が増え、水素結合による架橋がより密に形成されたためと考えられる(図 9)。

6 今後の展望

PVA₁₅, HPC, CMC 水溶液のゲル化条件を検討する。また、クエン酸(CA)やリンゴ酸(MA), クエン酸三ナトリウム(TSC)を架橋剤として添加したときのゲル化への効果を検討する。

7 謝辞

ゲル化に関し、(国研)日本原子力研究開発機構の関根由莉奈様に有用な助言を頂きました。

8 参考文献

(1) Nikolaos A. Peppas, Shauna R. Stauffer, *J. Controlled Release*, 1991, 16, 305
 (2) Shauna R. Stauffer, Nikolaos A. Peppas, *Polymer*, 1992, 33, 18, 3932
 (3) Yurina Sekine, Takuya Nankawa, Shunji Yunoki, Tsugita Sugita, Hiroshi Nakagawa, and Teppei Yamada, *Applied Polymer Materials*, 2020, 2, 5482

生分解性プラスチックのけん化時における活性化エネルギー

城西大学付属川越高等学校 ○山岡 夢来 北村 厚登 志村 和哉

目的

近年、マイクロプラスチックによる海洋汚染などが問題視されている。そこで、私たちは、分子レベルまで分解され、最終的には水と二酸化炭素として自然界へ循環していく「生分解性プラスチック」についての研究を行った。実験対象として、生分解性プラスチックであるポリ乳酸(PLA)と一般的に使用されているプラスチックの代表であり、PLAと同様にエステル結合を含むポリエチレンテレフタレート(PET)の2つを用いた。分解時にどれだけのエネルギーを必要とするかを求めるため、分解反応のうち、けん化時における活性化エネルギーを算出し、比較した。

原理

けん化によってPLAは1価の乳酸、PETは2価のテレフタル酸とエチレングリコールになる。予め標準したNaOH水溶液にPLA(PET)を入れ、加水分解した。分解後、NaOH水溶液をシュウ酸水溶液で滴定し、加水分解前後のNaOH水溶液濃度の差から、分解によって生成された乳酸(テレフタル酸)を求め、分解されたPLA(PET)を算出した。分解量から反応速度定数を導き出し、アレニウスプロットを作成、活性化エネルギーを算出した。

方法

- ① PLA, PETを用意し、それぞれ5mm幅に切断し、30.0g量り取った。
- ② 500mLの三角フラスコにPLA(PET)を入れ、2mol/LのNaOH水溶液300mLを加えた。
- ③ 反応温度を19°C、30°C、60°Cの3パターンを用意し、NaOH水溶液を10mLのホールピペットで取り出し、水を加えて200mLとした。
- ④ ③の水溶液から10.0mL取り出しフェノールフタレイン溶液を入れた。
- ⑤ ビュレットに入れた0.0500mol/Lシュウ酸水溶液で滴定した。
- ⑥ 滴定量からPLA(PET)分解量を算出した。

結果

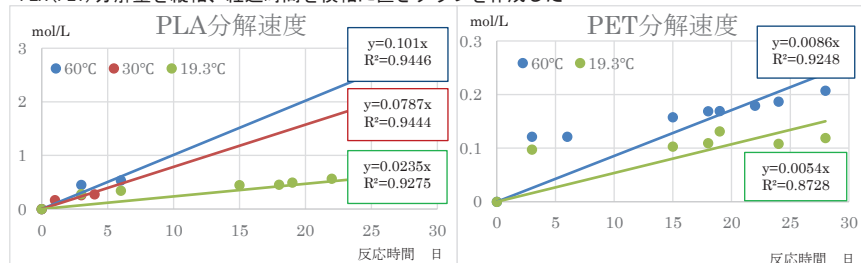
$$H_2C_2O_4 \text{ 滴下量から PLA(PET) 分解量 [mol] を求めた}$$

$$0.050 \times 2 \times \frac{12.45 - (H_2C_2O_4 \text{ 滴下量})}{1000} \times \frac{6000}{10} = \text{PLA 分解量 [mol]} \quad (\text{PET の場合さらに } 0.5 \text{ 倍})$$

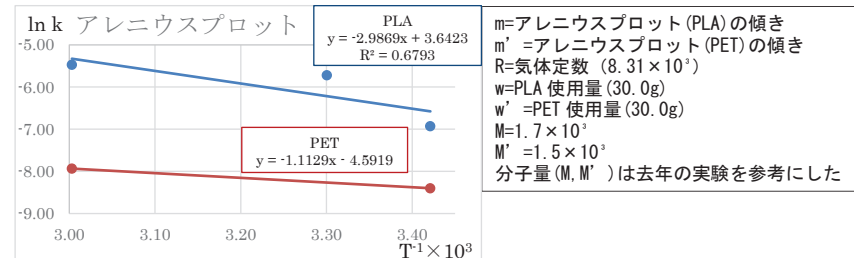
0.050: シュウ酸モル濃度 12.45mL: ブランク量

6000/10: 300mLのPLA(PET)溶解水酸化ナトリウム溶液10mLを20倍希釈し10mLで滴定した

PLA(PET)分解量を縦軸、経過時間を横軸に置きグラフを作成した



PLA(PET)分解速度グラフの傾きを24で割り、1時間当たりの分解速度を反応速度定数kとしてアレニウスプロットを作成した



m=アレニウスプロット(PLA)の傾き
 m'=アレニウスプロット(PET)の傾き
 R=気体定数 (8.31 × 10⁻³)
 w=PLA使用量(30.0g)
 w'=PET使用量(30.0g)
 M=1.7 × 10³
 M'=1.5 × 10³
 分子量(M, M')は去年の実験を参考にした

$$E_a(\text{PLA}) = \frac{-m \times 10^3 \times R \times M}{3600 \times w \times 10^3} = 3912 \text{ kJ} \quad E_a(\text{PET}) = \frac{-m' \times 10^3 \times R \times M'}{3600 \times w' \times 10^3} = 1284 \text{ kJ}$$

この値を重合度で割り、エステル結合1molを切断するための活性化エネルギーを算出した

$$\text{PLA: } \frac{3912}{1.7 \times 10^4} = 16.6 \text{ kJ/mol} \quad \text{PET: } \frac{1284}{1.5 \times 10^4 \times 2} = 8.21 \text{ kJ/mol}$$

考察

PETよりPLAの方が約10倍分解速度が大きいことが分かった。また、PETよりPLAの方が活性化エネルギーが大きいという結果になった。PLAの方が単量体が小さく、エステル結合の割合も多い。そのためなどから、約10倍の分解速度の差に表れたのではないかと、他に気になった点として、

- ① PLA, PET 両方分解し初めの方が分解速度が速くなってしまっている。
- ② 前回の実験と、今回使用したPETが異なる物を用いたため分子量が異なる値を取っている。等が考えられる。

また①に関しては、PLA, PETの合成時、内部の重合度が高い方から凝固していくため、表面の重合度が小さくなっていったため、分解速度が最初は異常に大きな値となった等の原因が考えられる。

酢酸エチルのエステル結合1molを切断するための活性化エネルギーは65 kJ/molであるため、固体であるPLA, PETの活性化エネルギーがそれより小さくなってしまった理由はまた考察したい。

仮にPLA, PET活性化エネルギーが酢酸エチルの65 kJ/mol以上であり、エステル結合の結合エネルギー194 kJ/molより小さい100 kJ/molであると仮定し、逆算を行った。PLAを例に挙げる。

- ① PLA30.0gを分解に必要な活性化エネルギーを算出: 23611 kJ
- ② アレニウスプロットの傾きを算出する
- ③ 実験でプロットしたアレニウスプロットの中心と②の傾きを利用しアレニウスプロットを作成
- ④ 60°C(プロットにおける横軸3.00の位置)のkから分解速度グラフの傾きを算出する
- ⑤ $0.05 \times 2 \times ((12.45 - H_2C_2O_4 \text{ 滴下量}) / 1000) \times (6000 / 10) = \text{分解速度グラフの傾き} \times 6$
 予想シュウ酸滴下量(60°C・6日後時点)
 PLA: -206 mL(実験平均値 2.16mL) PET: -11.6mL(実験平均値 8.40mL)

PLA, PET共に負の値になってしまった理由は当日までに考察したい。また、乳酸生成量(テレフタル酸生成量)の横軸の単位を日にしているが、時間にするべきではないか。2024年夏に行った実験と比較すべき点が残っているなど課題も多いのでこれから試していきたい。

参考文献

- 田中 一彦・村上 泰 著
 「簡単にできるポリエステル合成: ポリ乳酸の合成」—化学と教育 2001年49巻8号
 木村 俊範 著
 「生分解性プラスチック(ポリ乳酸)の加水分解特性」—技術論文 2002年49巻9号
 松山 之則 著
 「ガスクロマトグラフを用いて測定する酢酸エチルの加水分解速度」—化学と教育 1992年40巻6号

泳ぐ人工イクラの運動Ⅳ - ゲル周囲の水溶液の流れの可視化 -

茨城県立日立北高等学校 ○山口颯太、川上颯翔、篠原翼、富岡海斗

1. はじめに

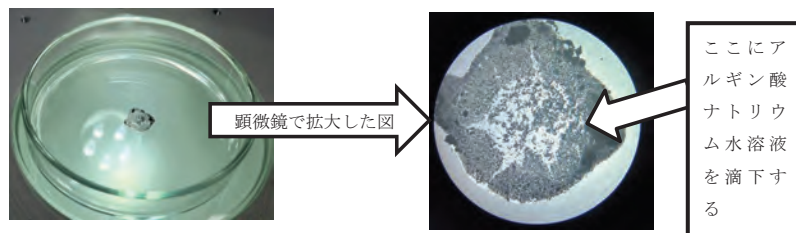
本校科学部で、アルコールを含む人工イクラの自己駆動運動が見いだされた。人工イクラとはアルギン酸ナトリウム水溶液を Ca^{2+} などゲル化したものである。水面に浮かんで自発的に運動する実験系としては、樟脳粒子やペンタノール液滴、共重合ゲル粒子などが知られており、研究が進められている[1, 2]。これらの自発的運動は粒子周囲の液体の表面張力差によって動くことが分かっている(Marangoni 効果)。科学部によるこれまでの研究により、アルコールを含むアルギン酸ゲル粒子も同様のメカニズムで運動していると考えられている。また、 CaCl_2 水溶液の液量を減らし、黒鉛粉末を少量懸濁させることでゲル粒子を固定し、その周囲の水溶液の流れを可視化することに成功した。

今回はその方法を用いてゲル粒子の水溶液の流れが水溶液の表面張力の差による流れであるかどうかを調べた結果について報告する。

2. 実験方法

【ゲルの作成】 0.5%アルギン酸Na水溶液 5 mL にイオン交換水 1 mL、0.05%メチルレッド(MR)エタノール溶液 1 mL をゆっくりと加えてアルギン酸Na水溶液とする。これを 1.0mol/L CaCl_2 水溶液に滴下してゲル化させる。

【黒鉛粉末による流れの可視化】 直径 60 mm シャーレに CaCl_2 水溶液をシリンジで 2 滴滴下し、そこに黒鉛を約 0.001 g 混ぜる。液面より約 1 cm 上から MR エタノール入りアルギン酸Na水溶液をシリンジで 1 滴滴下する。実体顕微鏡(20 倍)スマートフォンカメラ(iPhone)で撮影する。



3. 結果と考察

3-1. ゲル周囲の水溶液の可視化

CaCl_2 水溶液に黒鉛粉末を加えゲルを滴下すると、ゲル周囲の複数カ所で黒鉛粒子の対流が確認できた。また、その対流の起きている場所は固定されておらず、移動していくことも確認された。これはアルコールが決まった場所から噴出しているわけではなく、ゲル周囲のいろいろなところから溶け出していることを示している(図1)。



図1 3つの矢印の位置で対流が確認できる

3-2. 対流の生じる原因

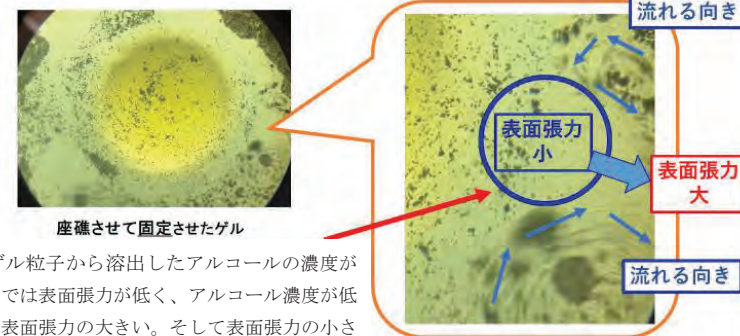


図2 ゲル粒子から溶出したアルコールの濃度が高い領域では表面張力が低く、アルコール濃度が低い領域は表面張力の大きい。そして表面張力の小さい領域から大きい領域へ水溶液の流れが生じる。

ゲル内の流れの可視化をするために、ゲル化させる前に赤い粉末(フルオレセイン)を混ぜることにする(図3)。すると、ゲル内の粉末はゲルの外に漏れ出さないことが確認できる(図4)。また、MRの色はゲル周囲で確認できたことから、アルコールは外に溶け出していることが分かる。よって、割れ目や傷がある場所からアルコールが噴き出すわけではないといえる。

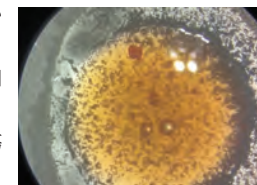
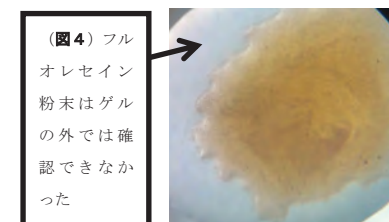


図3 フルオレセイン粉末を混ぜたゲル粒子(周囲の黒い点は黒鉛)

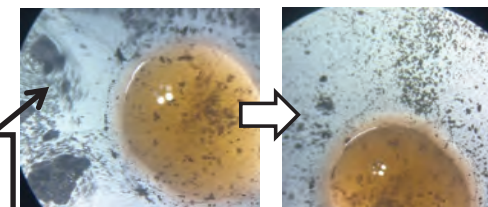
ゲル粒子からアルコールが少しずつ溶出することでゲル周囲の水溶液の表面張力が下がる。一方ゲル粒子から離れるほどアルコール濃度は低下し、表面張力が大きくなる。この表面張力の差により、外側に引っ張られることで水溶液の流れが起こることが分かる。よって、人工イクラもマランゴニ対流が起きている(図2)。



3-3. 表面張力差とゲルの運動

3-2で表面張力差が関係していると分かったため、表面張力差を下げる働きがある洗剤を加えて実験したところ対流は止まる。水を加えただけでは対流は続いた(図5)。

図5 対流(左)が洗剤を滴下すると停止する(右)



参考文献

- [1] 末松 J. 信彦, 中田聡, 化学と教育, 2011, 59, 8-11.
 [2] J. P. Gong, S. Matsumoto, M. Uchida, N. Isogai, and Y. Osada, J. Phys. Chem, 1996, 100, 11092-11097

スライムで太陽電池の性能向上に挑戦!

山梨県立甲府南高等学校 物質化学部

村松庵 ○長田幸穂 ○高雄朝陽 ○井上湊太 ○重田結衣

1. 研究動機および研究目的

私たちは一昨年度まで、色素増感太陽電池の発電効率を上昇させることを目標に、電池の電解液に注目して研究を行っていた。その過程で電解液の漏れという問題が生じたため、スライムを用いて電解液をゲル化することにした。結果として液漏れが解消され、長時間の安定した発電が可能になり、更に平均電圧値も従来の2倍近くまで上昇させることができた。また、昨年度までの研究で、水の量によって電圧値が変化すること、色素を使わなくても発電できることが分かっている。

そこで今年度は、「スライム増感太陽電池を電池としてつかえるものにする」という目標の元、電流値・電圧値両方の測定をし、スライムの組成や量、電解液の種類と有無についての比較を行った。

2. 色素増感太陽電池の機構

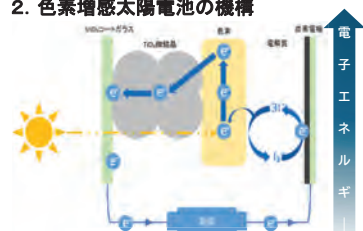


図1 色素増感太陽電池の機構

- ① 太陽光によって色素の電子が励起する。
- ② TiO₂層 → 導電性ガラス → 炭素電極 の順に電子が移動する。
- ③ 炭素が触媒となり、電解液(ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液)中で電子の受け渡しが起こり、その電子が色素の正孔に戻る。

以上より永続的な電子供給が可能となる。

3. 実験及び結果・考察

実験Ⅰ スライムの組成が電流値・電圧値に与える影響

ホウ砂の量が多いとホウ砂が電解液の役割を果たすと考え、電流値・電圧値が高くなるという仮説を立て、実験を行った。

<実験条件・方法>

洗濯のり、水、ホウ砂の組成を変えた4種類のスライムで比較する。(表1)

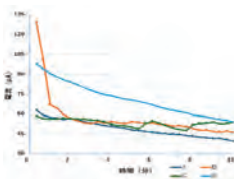
※スライムXは去年最も電圧値が高かったスライムである。

ここからは、それぞれのスライムをA、B、C、Xとする。

<結果>

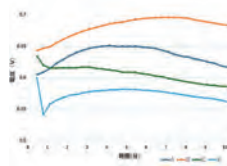
電流値はスライムAとCはほぼ一定であった。スライムBは最初の1分で急速に低下していった。スライムXは他の物より高く安定していたが、最終的にはほかのスライムと同じような値になった。

電圧値はBが最も高かった。また、全部のスライムで電圧値がほとんど変化せず、ほぼ一定の値で安定していた。



グラフ1 実験Ⅰの電流値

	洗濯のり	水	ホウ砂
スライムA	1.0	1.0	0.3
スライムB	1.0	1.0	0.2
スライムC	1.0	1.5	0.3
スライムX	1.0	0.75	0.3



グラフ2 実験Ⅰの電圧値

電圧値はBが最も高かった。また、全部のスライムで電圧値がほとんど変化せず、ほぼ一定の値で安定していた。

<考察>

ホウ砂・水の割合と電流値・電圧値には、相関がみられず、それぞれが高くなる割合が存在する。

実験Ⅱ スライムの量による電流値・電圧値の比較

質量が大きいと電極間距離が大きくなるため電流値が高くなり、質量が小さいと電極間距離が小さくなるため電圧値が高くなるという仮説を立て、実験を行った。

<実験条件・方法>

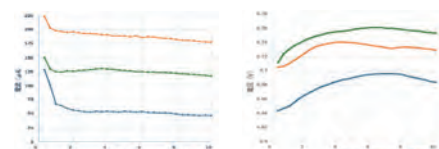
スライムBを0.2、0.4、0.6[g]用いた電池を制作し、電流値、電圧値を測定。

<結果>

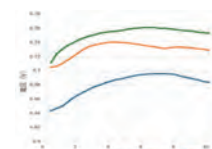
電流値は0.4gのスライムが最も高かった。

また、どの質量でも安定していた。

電圧値はスライムの質量が大きいくほど高くなった。また、どの質量でも安定していた。



グラフ5 実験Ⅱの電流値



グラフ6 実験Ⅱの電圧値

<考察>

スライムの量が多いと酸化チタンとの接触面積が大きくなるため電流値・電圧値が高くなる。

実験Ⅲ 電解液の種類と有無による電流値・電圧値の比較

スライム電池に電解液を加えると電子の受け渡しが活発になり電流値・電圧値が高くなるという仮説を立て、実験を行った。

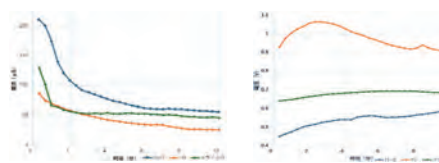
<実験条件・方法>

0.2gのスライムを用いて作った電池2つに、ヨウ素ヨウ化カリウムの溶媒を水・エチレングリコールとした二種類の電解質溶液を2滴ずつそれぞれに滴下し作成する。比較のためスライムBを用いている。

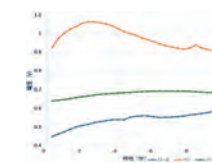
<結果>

電流値はエチレングリコールを溶媒にすると水に比べて低くなった。水を溶媒にすると急激に低くなった。

電圧値はエチレングリコールを溶媒にすると水に比べて高くなった。



グラフ7 実験Ⅲの電流値



グラフ8 実験Ⅲの電圧値

<考察>

水とエチレングリコールに対するヨウ化カリウムの電離度が電流値・電圧値に影響している。

4. 展望

光を消しても電流値・電圧値が0にならない現象が発生した原因や、スライム内での電子の動きを調べたい。また、複数の電池を組み合わせると乾電池と同等の電流値・電圧値が出せるか調べたい。

5. 参考文献

- 1) ナノクリスタル太陽電池 光合成の再創造 (「ケニス環境学習キット」付録より)
- 2) 山梨県立甲府南高等学校物質化学部「効率の良いスライム増感太陽電池の開発」『2023 生徒の自然科学研究発表大会』研究概要
- 3) 荒川裕則(2001)「色素増感太陽電池の最新技術」シーエムシー

身近な酸を用いるポリアニリンの合成

茨城県立土浦第一高等学校 ○藪内智悠 ○金子拓生 ○斎藤悠史 ○上津原聖介

1. 背景と目的

導電性高分子の一種であるポリアニリン(PANI)は、原料のアニリンが安価で溶媒に水を用いて合成できる点が最大の特徴であり、二次電池の正極材料として実用化されている。一般に、PANI は酸性溶液中で酸化重合によって合成されるが、塩酸や硫酸などの強酸を用いることが多い。しかし、塩酸は発煙しやすく、濃硫酸は操作上の危険性が伴われることに加え、環境負荷が大きい。そこで、高校の化学実験で使用する弱酸やドラッグストアで購入可能なクエン酸などの身近な酸を用いて、安全で人体と環境への影響がより少ない条件で PANI を合成することを目的とした。また、各種の酸を用いた PANI 合成の結果と Winmostar を用いた構造最適化計算の結果をもとに、PANI の反応機構と合成に最適な酸の種類について考察を試みた。

2. 方法

アニリンを加えた酸性水溶液中において、ペルオキシ二硫酸アンモニウムを酸化剤に用いた化学重合とステンレスを電極に用いた電解重合の 2 通りの方法を用いて PANI の合成を試み、テスターを用いて得られた PANI の電気抵抗値を測定した。

(1) 化学重合

塩酸、硫酸の他、クエン酸を用いて、1 mol/L 水溶液を調製した。ビーカーに 1 mol/L 酸の水溶液 30 mL をとり、アニリン 2 mL を加えて攪拌した。別のビーカーにペルオキシ二硫酸アンモニウム 1.15 g (0.005 mol)をはかりとり、1 mol/L 酸の水溶液 20 mL を加えて溶解し、氷塩浴中で攪拌した。アニリン溶液にペルオキシ二硫酸アンモニウム水溶液を加え、氷塩浴中で冷却しながら 1 時間 30 分攪拌し続けた。得られた暗緑色の沈殿物を吸引ろ過し、用いた酸の水溶液で 3 回洗浄し、最後にメタノールで洗浄した。

(2) 電解重合

塩酸、硫酸、アスコルビン酸、シュウ酸、りん酸、クエン酸を用いて、各種濃度の水溶液を調製した。ビーカーに酸の水溶液 60 mL をとり、アニリン 4 mL を加えて攪拌した。アセトンで表面を洗浄したステンレス板(0.1 mm×50 mm×20 mm)を陽極、ステンレスメッシュ(40 メッシュ, 50 mm×20 mm)を陰極に用い、電極板ホルダーで電極間距離を 2.5 cm に固定し、任意の電圧で電流を一定時間流すことで、陽極表面に緑青色の被膜が生成するかを確認した。

(3) 構造最適化計算

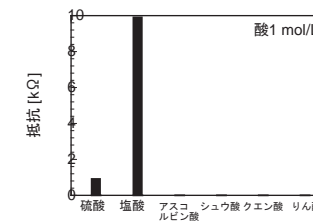
PANI 合成に塩酸とクエン酸、アスコルビン酸をそれぞれ用いた場合に生じるアニリン塩をモデルとして用いて、半経験的分子軌道法である PM3 法で構造最適化を行った。最初にアニリニウムイオンだけで構造最適化を行い、その構造を用いて酸の陰イオン(カウンターイオン)を置いてアニリニウムイオンの構造を固定し、酸の陰イオン部分の構造最適化を試みた。

3. 結果と考察

(1) 合成法および酸の種類が PANI の生成に及ぼす影響

化学重合では、強酸だけでなく弱酸であるクエン酸を用いても暗緑色物質の生成が見られた。電気

抵抗値が得られたことから、PANI であると結論付けた。また、電解重合では、硫酸と塩酸を用いると、緑青色の物質が電極表面上に生じた。しかし、シュウ酸やりん酸を用いた場合に生じるアニリン塩は水に難溶であり、溶解させるには加熱が必要であった。さらに、アスコルビン酸やりん酸を用いると、被膜は得られず、クエン酸では緑色の被膜が得られたものの、電気抵抗値は得られなかった(図1)。



このことから、アニリニウムイオンが電子を引き抜かれてラジカル化して連鎖的に反応が起こる(図2)ことを踏まえると、電解重合で PANI を得るには、酸とアニリンが反応して十分な量のアニリン塩(アニリニウムイオンとカウンターイオンからなる塩)が必要不可欠であると考えられる。それゆえ、クエン酸を高濃度にする、単位時間あたりの PANI の生成量が多く(被膜が厚く)なり、色も濃くなることから、アニリン塩のようなものを形成したと推察される。したがって、クエン酸のような毒性がない酸を用いて PANI を合成する場合には、化学重合でしか合成することができないことが明らかになった。

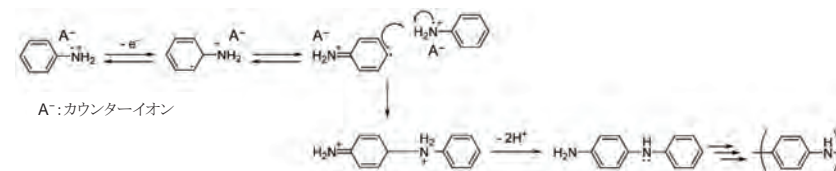


図2 電解合成における PANI の反応機構

(3) 構造最適化に基づく生成熱の計算

PANI 合成の結果を踏まえ、アニリニウムイオンと酸の陰イオンを無限遠に引き離れた状態(イオン結合前)とイオン結合が形成できる距離に置いた状態での生成熱を計算し、その差にあたる安定化するのに放出するエネルギーについて見積もった。表1に示した結果から、アニリンと塩酸との塩(アニリン塩酸塩)が最も安定化した状態になることが考えられる。

表1 アニリン塩の生成前後のエネルギー差

	アニリニウムイオンの生成熱[kJ/mol]	酸の陰イオンの生成熱[kJ/mol]	イオン結合前の生成熱の和[kJ/mol]	イオン結合後の生成熱[kJ/mol]	安定化時に放出するエネルギー[kJ/mol]
塩酸	735	-215	520	29	491
クエン酸	735	-1524	-789	-1196	407
アスコルビン酸	735	-1213	-478	-851	373

謝辞

PANI 合成においてご助言賜りました筑波大学数理物質系の後藤博正准教授、Winmostar の使用方法をご教授いただいた茨城県立玉造工業高等学校の大場祐汰先生に、厚く御礼申し上げます。

参考文献

- [1] 土屋徹, 化学と教育, 40, 836 (1992).
- [2] 佐藤智久, 森知史, 42, 262 (1994).

洗剤を用いた水性ペンの落ちやすさの研究

日本大学第三高等学校 化学部 宇都宮律希 古池谷柚海

【動機】

私たちは洗濯洗剤を使って水溶性ペンのインクがどの程度落ちるのかを研究した。今回は、ぺんてる株式会社の「ぺんてるサインペン」と三菱鉛筆株式会社の「ブロッキー」という二種類のペンで塗りつぶしたガーゼを水と洗剤につけた時の違いを研究した。

【方法】

蒸留水と洗濯洗剤を混ぜて水溶液にして、「ぺんてるサインペン」の赤・青・緑の三色のインクを塗ったガーゼを丸一日浸しておく。同様に「ブロッキー」も行う。また、違いを分かりやすくするために、洗剤を使用せずに蒸留水のみを使用した対照実験を行った。

【実験で使用した物】

洗剤(花王アタック高活性バイオパワー)(0.13g)、蒸留水(10ml)、ぺんてるサインペン(赤・青・緑)、ブロッキー(赤・青・緑)、ガラス棒、電子天秤、薬包紙、薬さじ、試験管、マイクロピペット、ガーゼ、(1cm×3cmにカットしたもの)ペーパークロマトグラフィー用のろ紙

【実験1】

①ぺんてるサインペン
ぺんてるサインペンの赤・青・緑をそれぞれガーゼに塗る。その後、蒸留水とアタックの水溶液にガーゼを浸して丸一日放置し、一日放置した後に観察して変化を確認する。また蒸留水のみも同様。

②ブロッキー
ペンの種類を「ぺんてるサインペン」から「ブロッキー」に変えてそれ以外は①と同様の実験を行う。一日放置した後に変化を確認し、二種類のペンでどんな違いがあるのかを見つける。
③ ①と②の実験を2～3回繰り返す。

【結果1】表1 水、アタック水溶液に浸けた各社水性ペンの色素の落ち具合

<ぺんてる>	赤色	青色	緑色
水	かなり薄い	あまり落ちてない	落ちている
洗濯洗剤	あまり落ちてない	かなり薄い	落ちている

<ブロッキー>	赤色	青色	緑色
水	あまり落ちてない	あまり落ちてない	あまり落ちてない
洗濯洗剤	薄い	薄い	薄い

<考察>
赤の結果が他のと異なることから、この赤には青や緑とは別の性質があると分かった。この結果から、赤色に含まれている水に溶けない物質が色素を落とすのを妨げているのではないかと考えた。

【実験2】赤色の水性ペンの性質を確かめる(ペーパークロマトグラフィー)
①ぺんてるサインペン
蒸留水とアタックの水溶液用の試験管と蒸留水用の試験管をそれぞれ1本ずつ用意する。水を15ml、アタック1.95gを試験管に入れる。また、ペーパークロマトグラフィーを試験管1本につき1枚で合計2枚用意する。そのガーゼを下から3cmの所に赤色のペン(ぺんてるサインペン)のインクをスポットする。その後、水溶液または水にしばらくろ紙の下端をひたしておく。

②ブロッキー
ぺんてるサインペンの所をブロッキーに変えて、それ以外の実験手順は①と同様。

【結果2】表2 赤色の水性ペンの性質を確かめる(ペーパークロマトグラフィー)

	ぺんてるサインペン(赤)	ブロッキー(赤)
水	一番上が染んでいた	塗った場所から一番上まで染みた
洗濯洗剤	真ん中に赤色の色素が残った	塗った場所から少し上まで染みた

<考察>
結果から二社の赤のペンには、異なる性質もあることが分かった。それは洗濯洗剤のある成分とぺんてるサインペン・ブロッキーの中の成分が同時に何らかの化学反応が起きたのではないかと考えられる。

【今後の展望】
現状では、ぺんてるサインペンでの結果が洗濯洗剤よりも水の方が落ちが良かったのかはまだ明らかになっていない。また、結果2からどのような色素成分の違いがあるのかがよく分かっていない。だから今後は、その二社の赤色のペンの性質を特定していくことと、他の会社とも比べてどんな違いがあるのかを確かめていきたい。

タマネギから抽出したケルセチンの紫外線による変化の測定
 ー植物由来の紫外線吸収剤への応用を目指してー
 東京学芸大学附属国際中等教育学校 ○八代由芽・○山本真優

<研究背景・目的>

近年、特に日焼け止めの成分の1つである紫外線吸収剤の環境被害・健康被害が注目されつつある。紫外線吸収剤は、紫外線を吸収する役割を持つ合成化学物質であり、メトキシケイヒ酸エチルヘキシル(C₁₈H₂₆O₃)、ビスエチルヘキシルオキシフェノールメトキシフェニルトリアジン(C₃₈H₄₉N₃O₅)などが市販の日焼け止め製品に使用されている。これら化学薬品の使用が危惧され、ノンケミカルの日焼け止めの製品も多くある。そこで、私たちは植物由来の紫外線吸収剤を提案し、日焼け止めを作成するための研究をはじめた。

紫外線にはUVA,UVB,UVCが存在するが、UVCはオゾン層に吸収され地表には到達しないため、本研究では日焼け止めの吸収効果の測定はUVA,UVBの領域のみを対象とする(図1参照)。これまでに様々な野菜におけるUV吸収効果の違いについて研究を行ったところ、調査したすべての野菜に共通して、紫外線領域において似た吸収スペクトルを示し、それはフラボノイドによるものと分かった。フラボノイドとは、図2のフラバンを基本骨格とする有機化合物の総称であり、植物色素として知られている。これらには、共通してUV吸収効果があることが報告されている[国立科学博物館 植物研究部, 2025]。本研究では、その中でもケルセチン(C₁₅H₁₀O₇)という化合物に着目し、紫外線吸収による変化を測定することを目的とした。ケルセチンは図3の構造式で表される通り、図2に示すフラバンの構造をもつフラボノイドである。

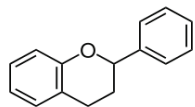


図2 フラボノイドの基本骨格となるフラバンの構造式

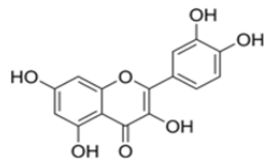


図3 ケルセチンの構造式

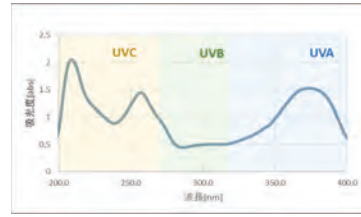


図1 ケルセチンの吸収スペクトルと紫外線領域

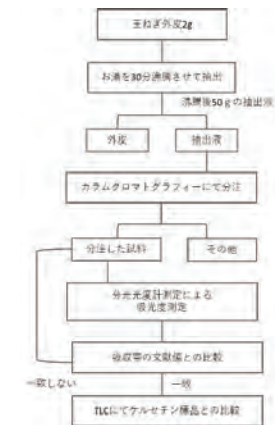


図4 実験手順のフローチャート

<実験方法>

本研究は、Step1:タマネギ外皮からのケルセチンの抽出と分離、Step2:分離したケルセチンの紫外線吸収効果とその持続性の測定から成り立つ。実験方法の流れを図4のフローチャートに示す。

<実験結果・考察>

カラムクロマトグラフィーによる分注の様子(図6)とその後の吸収スペクトルの測定結果を示す。試料の吸光度を標品のケルセチンと比較した(図5)。文献によると、ケルセチンの吸収帯は250-270 nm付近(UVC領域)と320-370 nm付近(UVA領域)に存在する。図5より、特に試料4においては、標品のケルセチンとほとんど同じ波形を示し、吸収帯が一致しているためケルセチンが分離できていることが、同定された。

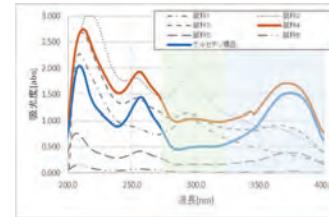


図5 分注した試料の吸収スペクトル

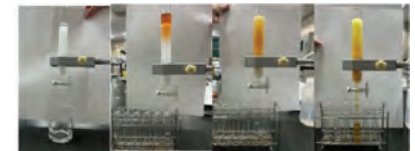


図6 ケルセチンの分注の様子

また、農研機構より360 nmの波長で簡易的にケルセチンの含量を測定できることが報告されていた[農研機構, 分光光度計を用いたタマネギのケルセチン含量の簡易評価法, 2003]。よって、分光光度計を使用して、時間経過による標品および試料溶液の吸光度変化を追うことで、ケルセチンの濃度変化をたどった。石英セルに市販の日焼け止め、分注した試料4、標品のケルセチンを日向に置き、30分おきに測定した。それぞれの360nmにおける吸光度の変化は図7のようになった。市販の日焼け止めにはケルセチンが含まれていないため、終始吸光度は低く一定である。一方で標品のケルセチンと試料4においては、吸光度に減少傾向がみられる。よって、紫外線を当て続けると、溶液中のケルセチンがほかの物質に構造変化していることを示唆する。しかし、現段階では、日照量の違いなどにより正確性に欠けている可能性が高い。

<今後の課題>

紫外線吸収によるケルセチンの構造変化を追いたい。そのために、まずは紫外線吸収後の物質の吸収スペクトルの変化を測定中である。

<参考文献>

- ・国立科学博物館. フラボノイドコレクション. <https://www.kahaku.go.jp/research/db/botany/flavonoid/guide/index.php> (閲覧日: 2025.1.10)
- ・長沢千達, 伊藤比呂美, 萩原孝.(1995). タマネギの鱗茎の表皮から抽出したケルセチンの分離と精製. <https://www.lib.fukushima-u.ac.jp/repo/repository/fukuro/R000003691/1-416.pdf> (閲覧日: 2025.1.10)
- ・農研機構.(2003). 分光光度計を用いたタマネギのケルセチン含量の簡易評価法. <https://www.naro.go.jp/project/results/laboratory/harc/2003/cryo03-35.html> (閲覧日: 2025.1.10)

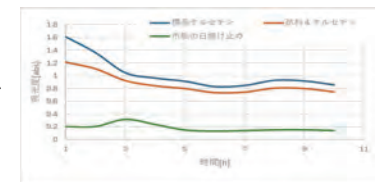


図7 ケルセチンの含量確認

Reimer-Tiemann 反応を用いるバニリンの合成における位置選択性の考察

浅野高等学校 ○宇治原 陸・名取 佑・剣持 志斗

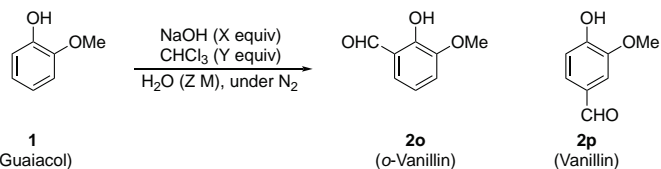
<序論>

バニリンはバニラのおいしさの主成分であり、食品の香料として用いられるだけでなく、抗酸化作用や抗真菌作用を示す物質としても知られている¹。また、バニリンは医薬品中間体として、血圧降下剤であるメチルドパなどの合成にも用いられている²。最近では、バニリンの胃潰瘍に対する抗炎症作用について検証する実験も行われている¹。現在、流通しているバニリンのほとんどは工業的製法による合成品であり²、合成法として、オイゲノールを原料とする方法・グアイアコールを原料とする方法・サフロールを原料とする方法・リグニンを原料とする方法など、様々な手法が知られている³。今回、我々は Reimer-Tiemann 反応を用いてグアイアコールからバニリンを合成する反応について検討を行った。Reimer-Tiemann 反応では、一般にフェノール誘導体のオルト位がホルミル化した生成物が主生成物として得られることが知られている⁴。我々はこの選択性に着目し、実験および計算化学的手法を用いて検討を行った。

<実験結果および考察>

以下の Table 1 に示した反応条件において検討を行った。Shen らの報告によると、室温で 24 時間の反応を行うと、*o*-バニリンが 33%、バニリンが 14%の収率で得られ、*o*-バニリンが主生成物として得られる(entry 1)⁵。一方、同様の反応条件で我々が検討したところ、収率は低下したものの、*o*-バニリンとバニリンがそれぞれ 3%と 7%の収率、30:70 の選択性となり、バニリンが主生成物として得られた(entry 2)。また、80 °C で 3 時間の反応を試みたところ、選択性を維持したまま収率が向上し、*o*-バニリンとバニリンがそれぞれ 9%と 20%の収率で得られた(entry 3)。

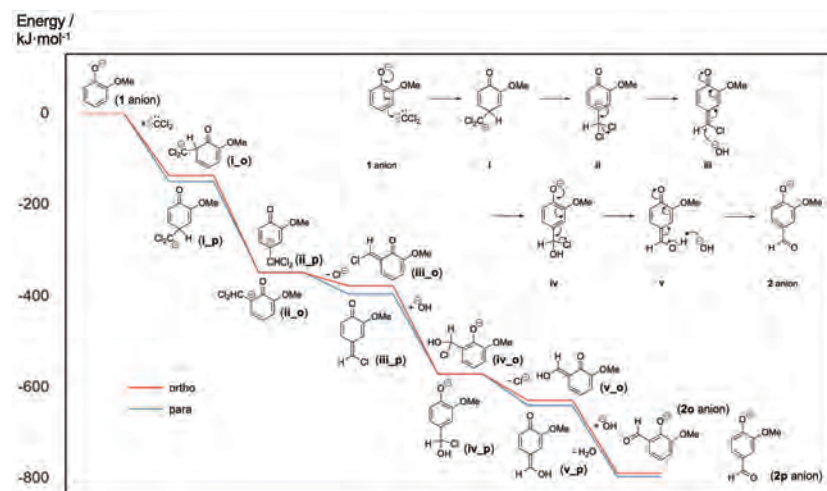
Table 1. The synthesis of Vanillin via Reimer-Tiemann reaction.



Entry	Conditions	Yield ^a	Recovery of 1 / %	2o / %	2p / %	2o:2p
1 ^b	NaOH (20 equiv), CHCl ₃ (50 equiv) H ₂ O (0.25 M), r.t., 24 h	—	—	33	14	70:30
2	NaOH (20 equiv), CHCl ₃ (50 equiv) H ₂ O (0.25 M), r.t., 24 h	57	57	3	7	30:70
3	NaOH (9.0 equiv), CHCl ₃ (4.0 equiv) H ₂ O (0.10 M), 80 °C, 3 h	22	22	9	20	31:69

a) Isolated yields. b) S. Ren, Z. Wu, Q. Guo, B. Shen, *Catal. Lett.* **2015**, *145*, 712-714.

以上のように、Shen らの報告とは異なりバニリンが主生成物として得られた理由について考察するため、計算化学的手法を用いて検討を行った(Scheme 1)。



Scheme 1. The energy diagram of Reimer-Tiemann reaction. (ωB97X-D/6-311+G** (in water))

我々の計算によると、中間体 ii を除くすべての中間体において *p*-置換体の方が *o*-置換体よりエネルギー的に安定であり、目的物であるバニリンの方が主生成物として得られることが示唆された。この結果は我々の実験結果を支持するものであると考えられる。

<実験項>

窒素雰囲気下、100 mL 二径ナスフラスコに水 20 mL とグアイアコール 248 mg (2.00 mmol) と水酸化ナトリウム 720 mg (18.0 mmol)を加えて攪拌し、クロロホルム 0.64 mL (8.0 mmol)を加えたのちに 80 °C まで昇温し、3 時間反応を行った。1 M 塩酸で反応を停止し、反応混合物を酢酸エチルで抽出した。得られた有機層を濃縮し、シリカゲルカラムクロマトグラフィーにより分離を行うと、未反応のグアイアコールが 22%、副生成物の *o*-バニリンが 9%、主生成物のバニリンが 20%の収率で得られた。

<参考文献>

- M. P. Ciciliato, M. C. de Souza, C. M. Tarran, A. L. T. de Castilho, A. J. Vieira, A. L. Rozza, *Pharmaceutics*. **2022**, *14*, 755-765.
- N. Walton, M. Mayer, A. Narbad, *Phytochemistry*. **2003**, *63*, 505-515.
- "17423 の化学商品", 化学工業日報社編, 化学工業日報社, 2023 年, pp.1523-1524.
- L. Kürti, B. Czákó, "人名反応に学ぶ有機合成戦略", 富岡 清, 化学同人, 2006 年, pp.378-379.
- S. Ren, Z. Wu, Q. Guo, B. Shen, *Catal. Lett.* **2015**, *145*, 712-714.

カラシナで世界を救う！

～ 病害防除とファイトレメディエーションの実現に向けて ～

成田高等学校

○湯浅義大 名取香葉 荒野心太郎 安藤大輝

梅田翔成 西村優山 古津侑大 椿瑠希

1. 目的

私たちは大浦牛蒡（おおうらごぼう）に含まれる成分の研究に取り組むなかで、これとは別にカラシナに関する2つの興味深い文献を見つけた。1つは、カラシナを鋤き込んだ畑で栽培したホウレンソウは、そうでない畑に比べてホウレンソウ萎凋病になる確率がほぼゼロになるというものである^{1), 2)}。アブラナ属に含まれるイソチオシアネートが殺菌剤として働き、萎凋病を防ぐそうだ。2つ目は、カラシナは有毒な重金属である鉛を根からよく吸収し、土壌から除去するというものである^{3), 4)}。植物の力で環境を改善する技術をファイトレメディエーションという。

近年、世界的な異常気象で作物被害が多発し、また地域によっては鉛等の重金属による土壌汚染が深刻である。私たちは、カラシナ鋤き込み栽培による病害防除の汎用性を検証し、様々な作物の収穫量増加につなげたい。また、カラシナの重金属イオン吸収作用を利用した重金属土壌汚染の改善方法を検討し、カラシナによるファイトレメディエーションを実現したい。これらの目標を達成できれば、SDGsの目標2「飢餓をゼロに」、目標9「産業と技術革新の基盤をつくろう」、および目標12「つくる責任・つかう責任」の実現につながると考えている。

2. 実験

カラシナの Acetone 抽出物を水・CH₂Cl₂分配して、水可溶部と CH₂Cl₂ 可溶部を得た。CH₂Cl₂ 可溶部を成高 Sol. (Hx : CH₂Cl₂ : Acetone = 1 : 1 : 0.2) で TLC 分析し、抗菌活性試験⁵⁾を行った。水可溶部は、酸加水分解処理したあと CH₂Cl₂ 分配し、TLC 分析して配糖体アグリコン部位の検索を行った。また、より信頼性の高い抗菌活性試験法として、「コロニー数のカウントによる評価法」や「培養液の濁度による評価法」を検討した。また、様々な濃度の酢酸鉛(II)水溶液でカラシナ種子を栽培し、カラシナスプラウトの適当な栽培条件を検討した。更に、栽培後の残留鉛量を測定するために、吸光度計で様々な濃度の硫酸鉛(II)またはクロム酸鉛(II)懸濁液の濁度と透過度を測定し相関関係を調べた。また、キレート滴定法による鉛イオン濃度の測定を行った。

3. 結果

タンポポ根・ゴボウ根と葉に抗菌活性が確認できたが、カラシナには確認できなかった(図1)。また、水可溶部を加水分解して TLC 分析したところ、多くのスポットとともに標品クロロゲン酸に近いスポットも確認できた(図2)。

図1 酵母菌を用いた抗菌活性試験

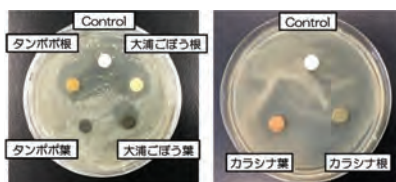
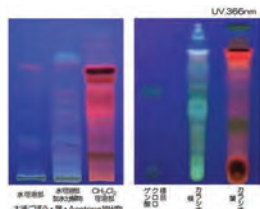
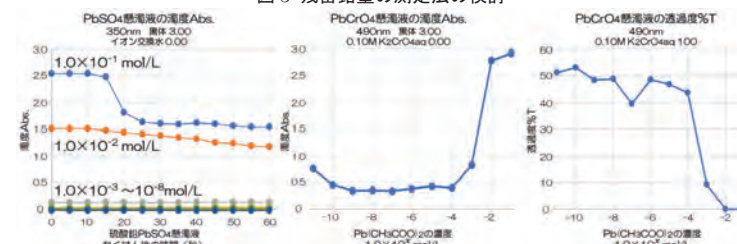


図2 水可溶部の TLC 分析結果



また、酢酸鉛(II)水溶液でカラシナを栽培したところ 1.0×10^{-4} mol/L 以下で純水と同程度の生育だったので、この濃度以下でカラシナを栽培することにした。また、残留鉛量の測定法については、カラシナの栽培可能な濃度域 (1.0×10^{-4} mol/L 以下) において濁度や透過度との相関関係が確認できなかったため再検討を要する(図3)。

図3 残留鉛量の測定法の検討



4. 考察・今後の展望

抗菌活性成分としてクロロゲン酸やキナ酸、桂皮酸が考えられる^{6), 7), 8)}が、これらは水溶性であり CH₂Cl₂ 可溶部の主成分としては考えにくいので、この活性成分はクロロゲン酸以外の物質ではないか。今後は水可溶部の抗菌活性試験も行い活性物質を同定したい。また、カラシナは 1.0×10^{-4} mol/L よりやすい濃度の酢酸鉛(II)水溶液で生育した。当初、鉛の吸収量を残留鉛量から算出しようとしたが、残留鉛を硫酸鉛(II)、クロム酸鉛(II)として沈殿したときの濁度・透過度と酢酸鉛水溶液の濃度との相関関係が 1.0×10^{-3} mol/L までしか得られなかったため評価法を再検討する必要がある。またコロニー数や培養液の濁度による抗菌活性の評価法も、各実験ごとに結果のばらつきが多く、今後も実験を繰り返して実験条件を決定したい。

今後は残留鉛量の測定法を確立し、カラシナスプラウトによる鉛イオンの吸収実験を行う。また、フザリウム属菌に感染させた土壌で様々な植物を栽培し、カラシナ鋤き込み処理と比較して植物の高収量化に向けての実験に取り組む。

また現在、東京情報大学の田中啓介先生との共同研究で、次世代シーケンサーを用いたカラシナ、大浦ごぼうの DNA プロファイリング作成に取り組んでいる。この実験結果によって品種間の成分比較や、各成長段階における活性成分の発現量などを遺伝子レベルで解析できるため、より効率的な植物体利用につなげることができると考える⁹⁾。

5. 参考文献

- 1) カラシナを用いた還元土壌消毒によるホウレンソウ萎凋病の防除, 関西病虫研報(53) : 83-85 (2011)
- 2) アリルからし油およびエタノールの広島葉漬に対する保存効果, 日本食品工業学会誌 第29巻 第11号 672~674 (1982)
- 3) 現地実証試験における植物による鉛汚染土壌の浄化と拡散防止効果, 土木学会論文集 Vol. 63 No. 1, 51-57, 2007. 2
- 4) カラシナおよびゼラニウムによる鉛ファイトレメディエーションに対するエチレンジアミン四酢酸の影響, 帝京大学紀要 Vol. 1 (2005) pp. 67-71
- 5) 『安全で簡易な抗菌活性の測定法マニュアル』石島早苗・安部茂 (帝京大学医真菌研究センター)
- 6) ゴボウ中のクロロゲン酸関連成分含量の品種間差異, 日本食品化学工業学会誌 第48巻 第11号 857~862 (2001)
- 7) ごぼうポリフェノールの血糖上昇抑制作用, 川崎医療福祉学会誌 Vol. 30 No. 1 2020 173-179
- 8) ごぼうの抗酸化成分と加熱による保護, 日本調理科学会誌 Vol. 46, No. 6, 405~406 (2013)
- 9) Himi, E., Kurihara-Yonemoto, S., Abe, F., Takahashi, H., Tanaka, K., Matsuura, T., Maekawa, M., Sasaki, T., Rikiishi, K. (2024). *Euphytica* 220:16

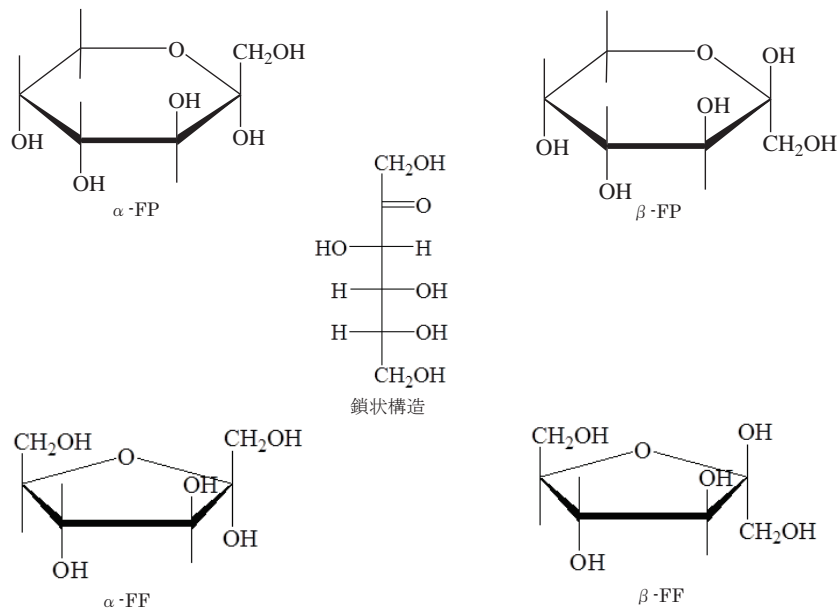
¹HNMR および ¹³CNMR を用いたフルクトースの甘味の温度依存性に関する考察

茨城県立日立第一高等学校 野内陽向

【緒言】

糖類は大きく単糖類、二糖類、および多糖類に分類され、自然に存在する糖で最も甘み（甘味度）を感じるものは単糖類のフルクトースと言われている。甘味度の基準にはスクロースが用いられており、スクロースの甘味は温度によってほとんど変化しないのに対し、フルクトースの甘味は温度に強く依存する。高校化学の資料では0℃におけるフルクトースの甘味度は、60℃のときの約1.8倍になると報告されている¹⁾。文献2)では、5℃におけるフルクトースの甘味度は同じ温度におけるスクロースの甘味度の約1.5倍になるのに対し、60℃では約0.8倍に減少すると書かれている。

水溶液中においてフルクトースは五員環構造のフルクトフラノース (FF)、六員環構造のフルクトピラノース (FP) となっており、それらにはα型、β型の立体異性体が存在するため、鎖状構造と合わせて計5つの平衡構造をとることが知られている。フルクトースの甘味度の温度依存性はこれら5つの平衡構造と深く関係しており、β-FPが5つの中で存在率が大きく甘味度の高い構造とされている。したがって、存在比の高いβ-FPが温度上昇に伴って減少することにより、甘味度の低下につながると報告されている^{2,3)}。しかしながら最近では、糖類の甘味は糖類と水分子との水素結合の強さに相関があるなどの報告⁴⁾もあり、β-FPの存在率の変化だけでは甘味度を評価するのは困難であると考えられる。そこで本研究では、¹HNMR および ¹³CNMR 測定、及び分子軌道法計算を行い、フルクトースの温度変化と甘味度の関係を考察した。



【実験方法】

茨城大学工学部の支援の下で、フルクトース濃度 0.86mol/L で、20℃から 50℃まで 5℃ずつ温度を変化させ、¹HNMR および ¹³CNMR (AVANCE III 400 Bruker 製) を測定した。基準物質に重アセトンを用いた。また分子軌道計算を行い、構造最適化と NMR を算出した。

【結果及び考察】

Fig.1 に一例として、フルクトースの温度を 20℃から 50℃に変化させたときの ¹HNMR のスペクトルを示した。Fig.1 から、温度の上昇に伴い ¹HNMR スペクトル全体が低磁場側に移動し、スペクトルのピーク幅がブロードになることが分かった。

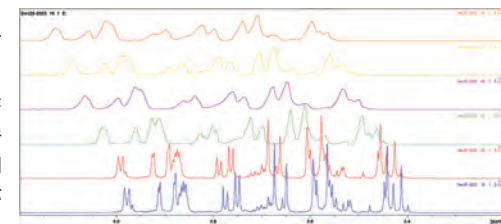


Fig.1 フルクトースの温度可変 ¹HNMR

¹³CNMR でも同様に温度の上昇に伴い、スペクトル全体が低磁場側にシフトし、ピーク幅がブロードになった。分子軌道計算の結果、フルクトースには多くの準安定構造が存在することがわかった。さらに、得られた最安定構造と準安定構造の NMR スペクトル計算をした結果、ある構造に起因するピークが安定構造と準安定構造の数だけ増加することがわかった。したがって、低磁場へのピークの移動は温度の上昇とともに、分子の振動や回転運動が激しくなり、最安定構造から準安定構造へ崩れることで起こったと考えた。その結果として多くの準安定構造のβ-FPとβ-FFが生成し、ピークがブロードになったと考えた。したがって、5種類の平衡構造の存在比の変化だけでなく、最安定構造から準安定構造に変化することもまた甘味度に影響を与えると考えた。

- 1) 浜島書店, 二訂版ニューステージ化学図表, 250-251, (2024).
- 2) 石川 伸一, 化学と教育, **67**(8), 372-373, (2019).
- 3) Thomas Barclay, Milena Ginic-Markovic, Martin R Johnston, Peter Cooper, Nikolai Petrovsky, *Carbohydrate Research*, **347**(1), 136-141, (2012).
- 4) F. Bruni, C. Di Mino, S. Imberti, S. E. McLain, N. H. Rhys, M. A. Ricci, *The Journal of Physical Chemistry Letters*, **9**(13), 3667-3672, (2018).

手軽に木材を分解しよう！

都立国立高等学校 長谷川泰知

1 はじめに

私の学校では、文化祭の度に大量の木材が廃棄される(図1)。大きな木材は、まだ使うことができるため回収されるが、細かな切れ端や木材を切った時に出る木粉は、そのまま燃えるゴミとして捨てられてしまう。燃えるゴミ全体のほとんどは、これらの捨てられてしまう木屑で占められている。これらも木材であることには変わらないため、そのまま捨ててしまうのは非常にもったいない。しかし、木屑のままでは活用が難しかった。



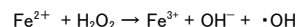
図1 燃えるゴミの山

そのため、今回の実験ではこれらの木屑からセルロースを取り出して再利用を図ることにした。また、現在の製紙に用いられているセルロースを取り出す方法としては、木材を薬品と共に高温・高圧下で木材に含まれているリグニンを溶解させるものが一般的である。しかし、高校の化学部では高温を持続させることは難しく、また、高圧下で実験することも難しい。有機化合物を用いた実験も行われているが、手軽に行えない点が趣旨にそぐわない。そのため、この実験では、環境に配慮しつつ、多くの人が手軽に木屑を分解できるようにする、という目的を持って実験を進めた。

2 フェントン反応

フェントン反応とは、過酸化水素(H_2O_2)が Fe^{2+} から電子を奪って、とても反応性の高い物質であるヒドロキシルラジカル($\cdot\text{OH}$)と呼ばれる物質になることである。

主なイオン反応式は下のようになる。



ヒドロキシルラジカルは強い酸化力を持ち、様々な有機化合物と反応することが知られている。そのため、フェントン反応は、上記の木材の分解から下水処理まで非常に幅広く使われている。今回はその強力な反応性に着目し、使用する薬品が主に過酸化水素と硫酸鉄(Ⅱ)のみという環境への優しさを考慮してこの方法を利用することにした。

3 実験1

フェントン反応の効率を高めるために、木材に以下の下処理を施した。

- ① 木粉を乳鉢に取り、細くなるように擦り潰した。
- ② ①の木粉をビーカーに入れ、水を加え2時間放置し、底に沈んだ粒径の小さいものを取り出した。
- ③ ②から0.10g取り出し1mol/L希硫酸20mLに加え温度を60℃に保ち120分間攪拌した。
- ④ 木粉を取り出して、空気中で乾燥させた。

その後、1mol/L過酸化水素水15mLと、0.10mol/L硫酸鉄(Ⅱ)水溶液15mLを用意し、pHが4.0となるように調整した、酢酸-酢酸ナトリウム緩衝液40mLと①~④で作成した木粉0.10gを合わせ、温度を40℃に保ち、90分間攪拌した(図2)。

4 結果1

実験後の木粉などが入ったビーカーを30分静置し、レーザーを当てた。その結果、レーザーの光の筋を見ることができ(図3)、木粉がコロイドになるまで細くなったことが分かった。

しかし、実際の粒子の大きさは分からなかったため、実験2を行なった。

5 実験2

- ① 実験1のビーカーに入っている溶液を30分静置して、目に見える分解しきることのできなかつた木粉を沈澱させた。
- ② 上澄みを取り出し、セロハンの筒の中に入れて純水に浸し、透析した。
- ③ 精製後のコロイド溶液を乾燥させ、コロイド粒子を取り出した。
- ④ 粒子を顕微鏡で観察した。
- ⑤ 粒子を集め、その質量を計測した。

6 結果2

顕微鏡で撮影した画像は図4の通りである。一部の粒子の大きさを測ったところ、直径が $10^{-5} \sim 10^{-7}$ mと、ばらつきが見られた。直径が $10^{-7} \sim 10^{-9}$ mの粒子をコロイド粒子と呼ぶため、今回取り出した粒子は一部はコロイド粒子といえるが、分解しきれていない粒子も多いことが分かった。また、粒子の質量を量ったところ、 3.5×10^{-2} gであった。元の木材の質量が、0.10gであったため、その35%を取り出したことが分かった。その後、シュバイツァー試薬に粉末を溶かし、2mol/L希硫酸に浸した。結果として、粉末は溶解したが、繊維としてのキュブラは得ることができず、小片として現れた。

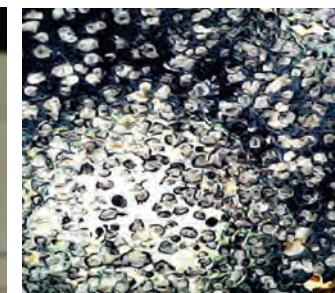
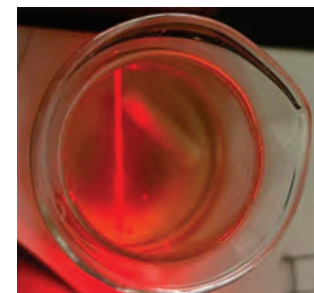


図2 フェントン反応の様子 図3 チンダル現象

図4 取り出した粉末の様子
(図横幅が 1.5×10^{-4} m)

7 展望

今回の実験ではフェントン反応を用いて木粉を分解したが、結果として純粋なセルロースは取り出すことはできなかった。これからは、フェントン反応の回数の調整を行い、粉末のセルロース純度を高めていきたい。

8 参考文献

- 1) 堀 千明 (2023). 「植物バイオマス分解利用に関する基礎研究 多様な腐朽菌による木質成分の分解システムの解明と樹木による木質形成の改変について」 化学と生物. Vol. 61, No. 12.
- 2) 吉田 誠 (2018). 「腐朽メカニズムの概要と研究の展望」. 木材保存. Vol. 44-3.
- 3) 伊田 健司 山口 明男 田中 功 松下 隆一 宮沢 裕子 「メッキ工場廃水のフェントン酸化処理」. 埼玉県公害センター研究報告. [22] 33~36 (1995).

効率よく頭痛薬から湿布薬を合成する方法の探索

流通経済大学付属柏高等学校 科学部

○大工原斗夢 高橋旺雅 渡邊壮太 丸山匠

1. 緒言

我々は昨年、市販の解熱鎮痛薬に含まれるアセチルサリチル酸からサリチル酸を経由してサリチル酸メチルを合成する実験において、アセチルサリチル酸にメタノールと濃硫酸を作用させることで、加メタノール分解とメチルエステル化が同時に起こり(図1)、一工程でサリチル酸メチルが合成できることを TLC 分析にて確認した。しかし TLC 上のスポットの相対的な濃さを観察すると、図2に見られるように、この反応ではアセチルサリチル酸からサリチル酸に至る反応は比較的速やかに起こったのに対して、2段階目の反応(サリチル酸からサリチル酸メチルへの変換)は十分に起こってはいないと言え難かった。そこで本研究では、サリチル酸のメチルエステル化をより進行させるため、3つの反応条件(①温度、②濃硫酸の量、③脱水剤の有無)について比較実験を行い、効率良く反応が進む条件を検討した。

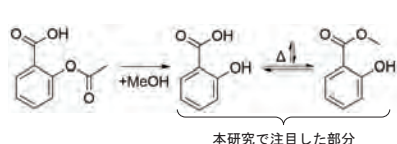


図1 加メタノール分解&メチルエステル化の反応図

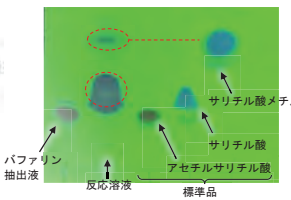


図2 加メタノール分解後生成物の確認

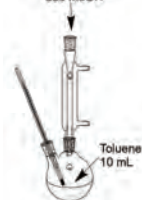


図3 混合溶液の液温測定

2. 実験①温度と②濃硫酸の量についての検討

エステル化には70℃以上の温度が好ましいと言われるが、メタノールの沸点は64.7℃であることから、メタノールを主とする溶液系では十分な反応温度を確保できない。そこで、試料にトルエン(bp.110℃)を加えることで、反応溶液の温度を上げようと試みた。図3の装置を用い、トルエン10mLに対してメタノールを0.1mL刻みで1mLまで加えたときの混合溶液の沸騰時の内温を測定した結果を以下に示す(表1)。

表1 トルエン-メタノール混合溶液の沸騰温度

メタノール量 [mL]	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1
沸点 [°C]	108.7	100.7	89.5	82.9	78.2	74.5	72	69.9	68.4	67.5	66.7

上の結果から、反応溶液を70℃以上の温度にするためには、メタノールに対する体積比で最低でも19倍~20倍のトルエンを加える必要があると分かった。そこで、500mg(3.6mmol)のサリチル酸に対して、メタノール10mL(0.25mol)を加えた条件(反応No.1~3)と、同量のサリチル酸に対してメタノール0.5mL(12mmol, 3.3当量)にトルエン9.5mL(メタノールの19倍の体積)を加えたより高温の条件(反応No.4~6)を用いて実験を行った(表2)。

また、各温度条件において濃硫酸添加量を0.1mL, 0.3mL, 0.5mL(1.9mmol ~ 9.4mmol)と変え、サリチル酸メチルの生成具合について調べた。図4の装置で加熱還流を30分行った後、反応液をTLCプレート上にスポットして、ヘキサノ-酢酸エチル-酢酸を17:7:1の体積比で混合した展開溶媒で展開し、波長254nmのUV吸収の確認と、塩化鉄(III)水溶液による呈色反応の有無の確認を行った。以下、図5にUV照射下で観察した試料1~6のTLCを示す。

表2 温度条件・硫酸量を比較するための試料6種

反応No.	温度条件	サリチル酸	メタノール	トルエン	濃硫酸
1	低温条件 (約65℃)	500mg	10mL	0mL	0.1mL
2		500mg	10mL	0mL	0.3mL
3		500mg	10mL	0mL	0.5mL
4	高温条件 (約75℃)	500mg	0.5mL	9.5mL	0.1mL
5		500mg	0.5mL	9.5mL	0.3mL
6		500mg	0.5mL	9.5mL	0.5mL



図4 反応装置

低温条件下(反応No.1~3)に比べて、高温条件下(反応No.4~6)ではサリチル酸の生成量が多く、原料のサリチル酸は消費されて残存量が少ないことがわかる。たとえメタノール濃度が約20分の1に低下しても、反応温度が10℃高い方が反応速度が上昇することが明らかになった。

低温条件では濃硫酸の量によりサリチル酸メチルの生成量が増加する様子が見られたが、高温条件では濃硫酸の量によらずサリチル酸メチルの生成量はほぼ変わらなかった。なお、試料1~3の原点に見られる、UV照射下でピンク色に光るスポットは硫酸によるものであることを確認済みである。

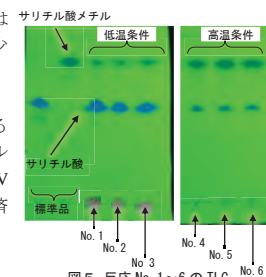


図5 反応No.1~6のTLC

3. 実験③脱水剤の有無

エステル化反応の際には副生成物として水が生成し、エステル化の進行を妨げる。そこで脱水剤としてモレキュラーシーブ3Å(以降MSと表記)を0.65g加えた試料と加えない試料の2つを図4と同様の装置で3時間加熱還流し、反応溶液を反応開始から30分、1時間、2時間、3時間後の反応の進行をTLCでモニタリングした。なお、その他の条件は実験2の反応No.4の反応系(高温条件、濃硫酸0.1mL)と同一である。その結果を図6に示す。

MSの有無にかかわらず、反応の進行とともにサリチル酸メチルのスポットが濃くなる様子が確認できたが、予想に反してMSを加えないほうがサリチル酸メチルの生成量が多いことがわかった。これは、MS中のNa⁺やK⁺がH⁺を交換したことで、硫酸由来の水素イオンが反応開始時よりも少なくなっていたからだと考えられる。また、MSを用いなかった場合、2時間反応後のレーンのR_f値0.07付近に青色のUVを吸収するスポットが確認された(図6中の囲み点線)。この物質の特定はまだできていない。

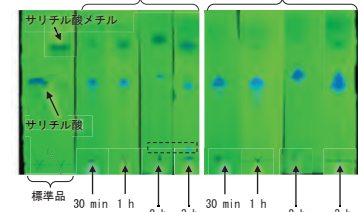


図6 MSの有無によるサリチル酸メチル生成量の確認

また、MSなしで行った反応容器の底に赤色の液体物質が見られたが、実験2の試料1~3でTLCプレートの原点に見られた硫酸由来のものと同様の物質であると考えられるが、このものの生成を抑えられれば、収率の更なる向上が可能かもしれない。

4. まとめと今後の展望

以上の実験から、メタノールにトルエンを混合して液温を上昇させることによって、サリチル酸メチルの生成率が上がることが確認できた。また、反応溶液と一緒にモレキュラーシーブを加えるのは効率の良い脱水方法とは言えないことも分かった。今後はモレキュラーシーブを還流管部分に仕込んで反応溶液と直接触れさせないなどの工夫のほか、陽イオン交換樹脂やPTSAなど濃硫酸に代わる酸触媒の種類の検討を行っていききたい。さらに、見いだしたメチルエステル化の最適条件を加メタノール分解に適用し、アセチルサリチル酸からサリチル酸メチルへの一工程変換を効率よく行いたいと考えている。

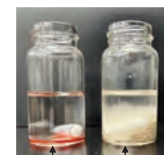


図7 MSなし・ありの反応溶液(反応開始3時間後)

参考文献

- 山口忠承・高見静香.サリチル酸を用いた科学実験教材.公益社団法人日本化学会 2023 71巻12号 p540~543. https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/71/12/71_540/_article/-char/ja/
- 村山泰暉, 山口梧 茨城県立水戸第一高等学校 化学部.サリチル酸/メタノール系における安全なサリチル酸メチルの合成.2020-01-07.茨城県高教連 理化学 理数情報研究委員会 2020年1月 p54~57. student-chem_1_10.pdf
- 海江田直子.頭痛薬から湿布薬を作る.公益社団法人 日本化学会誌 化学と教育.2018-09-20. p426~427. https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/66/9/66_426/_pdf
- 野本信也, 澤田俊和, 吉本千秋.「解熱鎮痛薬から湿布薬への転換」実験を安全で確実にするための二三の工夫:簡易還流冷却器の制作およびサリチル酸とその誘導体の同時 TLC 分析.公益社団法人 日本化学会誌 化学と教育第 48巻 2号 2000年.P108~110. https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/48/2/48_KJ00003521201/_article/-char/ja

溶液で見えるチンダル現象の研究

栃木県立足利高等学校 ○赤間 煌惶 ○石江 翔

1. はじめに

チンダル現象は⁽¹⁾光の波長の1/10程度以上の大きさの粒子(コロイド粒子)が分散しているとき、光の通路が輝いて見える現象である。チンダル現象が見られるのはコロイド粒子が分散しているためであると教科書に記載されているが、コロイド溶液でない1.0mol/Lスクロース水溶液でチンダル現象が観察されたので、その理由を調べることにした。

2. 実験

2.1 数種類の溶液でチンダル現象が観察できるか調べた。

1.0mol/Lの各種水溶液をスクリュウ管に入れ、暗室で波長632nm(赤 He-Ne)レーザー光を使いチンダル現象の有無を調べた。

結果

観察できた水溶液：スクロース、グルコース、l-乳酸、フルクトース、
l-グルタミン酸モノナトリウム

観察できない水溶液：塩化ナトリウム、dl-乳酸

2.2 溶液の濃度を変えて、チンダル現象が観察できなくなる濃度を調べた。

結果(○：観察できた ×：観察できなかった -：実施していない)

水溶液	1.0 mol/L	0.50 mol/L	0.10 mol/L	0.06mol/L	0.05mol/L	0.01mol/L
スクロース	○	○	○	○	×	×
グルコース	○	○	○	-	-	×
塩化ナトリウム	×	-	-	-	-	-

2.1, 2の考察

上記の結果より、チンダル現象が観察できるのはクラスターの有無に関係しているか、スクロース水溶液では低濃度でもクラスターができていないか調べるため浸透圧を測ることにした。

2.3 浸透圧の測定でクラスターの濃度を計算する

高濃度の溶液では溶質が会合し、クラスターができていないのかと考え、浸透圧の測定を行った。中村製の浸透圧測定器に穴の直径が5nmの半透膜をセットし、U字形の浸透圧測定器の片方に1.0mol/Lのスクロース水溶液をもう一方に純水を水位が同じ高さになるまで入れ、24時間静置した。

結果

1.0mol/L、0.10mol/L、0.050mol/Lのスクロース水溶液と1.0mol/Lの塩化ナトリウム水溶液で水位差があった。0.010mol/Lのスクロース水溶液では水位差が0で浸透圧の測定はできなかった。0.10mol/Lの塩化ナトリウム水溶液では浸透圧が0で、半透膜を通過できない塊はない。

浸透圧は以下の式を用いて計算した。浸透圧 $\Pi = C R T = h d g$ [Pa]

C：クラスターの濃度 R：気体定数 T：絶対温度 h：水位差 d：溶液の密度 kg/m³ g：重力加速度

それぞれのクラスター濃度は下表の通りである。

濃度 mol/L	スクロース水溶液				塩化ナトリウム水溶液
	1.0	0.10	0.060	0.050	1.0
クラスターの濃度 mol/L	5.4×10^{-4}	6.0×10^{-5}	4.5×10^{-5}	2.0×10^{-5}	2.7×10^{-5}
クラスター間の距離 nm	14.6	30	33	41	40

考察

スクロース分子は半透膜を通過するので、浸透圧はこのクラスターの濃度によって生じたと考えられる。1.0mol/Lの塩化ナトリウム水溶液では結晶の一部が完全には電離しないで、NaClの微結晶の周りに水が取り巻いて(水和して)いると想像できる。ただ、クラスターの濃度が

2.7×10^{-5} mol/Lでは散乱光が見えないと考えられる。浸透圧を測定後、半透膜をはさんだ両溶液に塩化物イオンが存在することを確認した。

5nmの半透膜を通過できないスクロース分子のクラスターは、以下の式からおおよそ125個以上のスクロース分子が会合していることが計算で分かった。

スクロースの半径をr、クラスターの半径をRとする。

$$4/3\pi r^3 \times x \text{ 個} = 4/3\pi R^3 \quad r=0.5 \text{ nm}, R=5 \text{ nm} \text{ として計算} \quad x \text{ 個} \geq 125$$

10^{-4} mol/Lの低濃度のクラスターでもチンダル光が見える理由について、1mol/L溶液と0.1mol/L溶液、 10^{-4} mol/Lの分子間距離を計算すると赤のレーザー光の波長は632.8nmで 10^{-4} mol/Lの溶液の分子間距離は光の波長に比べ非常に近接している。⁽²⁾光の電場が作用すると多数の分子中の電荷が一緒に動く。この結果散乱光の電場は位相の合った電場の和になり強さが増す干渉が起こりチンダル光が見えると考えた。

2.4 l-乳酸とd-l-乳酸、l-酒石酸とdl-酒石酸とチンダル現象

1mol/L l-乳酸、d-l-乳酸、1mol/L l-酒石酸、d-l-酒石酸でチンダル現象を観察した。

結果と考察

左旋性のl-乳酸と、左旋性と右旋性の混合物であるd-l-乳酸水溶液ではチンダル現象が明らかに見え方に違いがあった。また、l-酒石酸とd-l-酒石酸でも明らかに違いがあった。そこで立体構造が異なることで、クラスターの出来やすさに違いがあることが理由の1つとして考えられるのではないと思われる。

3. おわりに

溶液でチンダル現象が見られるのは主に分子がクラスターを作っているためと考えられる。l-乳酸とd-l-乳酸の光学活性とチンダル現象の関係については、これからさらに研究をしていきたいと考えている。

4. 参考文献 (1)改訂版化学(数研出版)

(2)ファイマン物理学II 光、熱、波動 富山小太郎訳(岩波書店)

疑似濃淡電池の反応機構の解明

静岡県立清水東高等学校 ○大迫悠暉 ○中村優心

1. 研究目的

濃淡電池とは、電解質の陽イオンと同じ金属電極を用いた際に電極や電解質の濃度差を利用して、起電力を得る電池のことである。先行研究において、電解質の陽イオンとは異なる金属電極を用いた場合、通常の濃淡電池とは、逆の起電力を示す疑似的な濃淡電池（以降 疑似濃淡電池と称する）を作成できることがわかっている。また、これまで検証実験が行われてきたが、反応機構の完全解明には至っていない。そこで、私たちは疑似濃淡電池の正極における反応機構の解明を目的として本研究を行なった。

2. 方法

計測方法 データロガー（MCR-4V ティアンドデイ社製）を使用し、起電力を1秒ごと3分間測定した。なお、記録値は起電力が安定する最後の1分間の平均値とした。

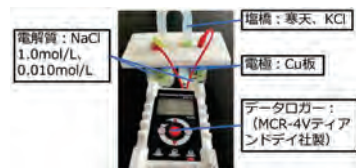


図1 基本条件

確認実験Ⅰ 先行研究の仮説では、正極では水が電子を受け取り、水素が発生する反応が考えられていた。そこで、基本条件の電池を作成し、水素測定器（LUNACAT社製）と溶存水素濃度判定試薬（MiZ社製）を用いて先行研究で予想されている正極側での水素の検出を試みた。

結果と考察：水素濃度測定器、溶存水素濃度判定試薬ともに水素の検出はできなかった。そのため、予想されていた反応とは異なる反応が起きているのではないかと考え、正極において電子を受け取れる可能性のある要因を検証していくことにした。

実験Ⅰ 塩橋と反応の関係を調べるために、基本条件のうち、塩橋を素焼きの容器に置き変えて起電力を測定した。

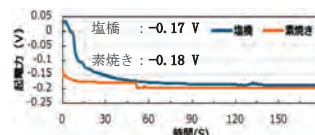
実験Ⅱ 電極と反応の関係を調べるために、基本条件のうち、Cu電極をイオン化傾向の小さく酸化被膜のつきにくいAu電極に置き変えて起電力を測定した。

3. 結果と考察

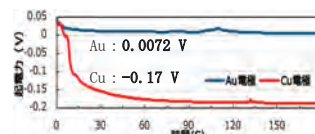
実験Ⅰ 塩橋を素焼きの容器に置き変えた疑似濃淡電池では、塩橋を用いた疑似濃淡電池の起電力とほとんど差は見られなかった。このことから、塩橋は反応に関与していないと考えられた。

実験Ⅱ Au電極を用いた電池では、通常の疑似濃淡電池とは大きな差が見られた。イオン化傾向が小さく、表面に酸化被膜が形成されにくいAu電極では起電力が大きく低下することから、電極の酸化被膜が反応に関与している可能性が考えられた。そこで、電極と反応の関係をより詳しく調べるために、**実験Ⅲ**を行うことにした。

実験Ⅲ 酸化被膜と反応の関係を調べるため、基本条件のうち、電極表面の状態のみを変化させ、起電力を測定した。実験は、自然に生成された酸化被膜、バーナーで表面を加熱して生成した酸化被膜、両極とも酸化被膜除去の3つの状態で行なった。

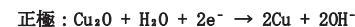


グラフ1 実験①の結果



グラフ2 実験②の結果

結果と考察：両極に酸化被膜を有している状態の電池の方が大きな起電力を示す傾向があり、酸化被膜除去の状態の電池の方が小さな起電力を示す傾向が見られた。この結果から、酸化被膜が反応に関与していることが示唆された。また、バーナーで加熱したCu電極に比べ、自然の酸化被膜は起電力が大きい傾向があった。自然の酸化被膜は空气中で酸化したため、Cu₂Oが表面に多く存在していて、バーナーで加熱したものは1000℃以下であったため、Cu₀の割合が大きくなったと考えられる。そのため、主に電子を受け取り還元されているのはCu₂Oなのではないかと考えた。以上の実験結果より、私たちはCu電極を用いた場合の正極における反応式を次のように考えた。



4. 反応式の検証

実験Ⅳ 実験Ⅲで使用した電極の表面状態をX線光電子分光装置（PHI GENESIS アルバックファイ製）を用いて調べる。また、反応前の電極と反応後の電極の表面状態を比較し、酸化銅が還元される反応が起きているのか検証を行う。

結果と考察：反応前の自然の酸化被膜にはCu₂O、反応前のバーナーで作り出した酸化被膜にはCu₀のピークが見られた一方、反応前の酸化被膜除去には金属酸化物のピークが見られなかった。また、反応後の自然の酸化被膜と反応後のバーナーで作り出した酸化被膜では、電極内部で反応前と比べて酸素の濃度が減少し、銅の濃度が大きくなった。そして、最表面に対してスパッタを行った内部の方が反応前に比べて反応後ではOの濃度が小さくなり、Cuの濃度が大きくなっていった。このことから、電子の受け取りは電極の最表面ではなく内部で起こっておりCu₂OとCu₀が還元されていると結論づけた。

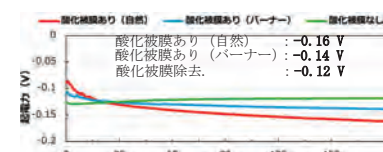
5. 応用可能性の検証

実験Ⅴ 今回の研究で予想された反応式が正しければ、電極を消費せずに淡水と塩水から起電力を得ることができる環境に配慮した電池となる可能性がある。そこで、薄い溶液に脱イオン水、濃い溶液に飽和食塩水、銅電極を用いた疑似濃淡電池を直列に10個繋いだ電池ユニットを作成し、電流、起電力の測定に加え、メロディーチップを繋いだ際の挙動について調べた。

結果と考察：約1.5~2.0Vの起電力と約60~90μAの電流が得られ、メロディーチップを安定して30分以上鳴らすことができた。よって、疑似濃淡電池には応用の可能性が十分あると考えられた。

6. 参考文献

- 1) 「疑似濃淡電池の起電力とその利用について」静岡県立清水東高等学校 <https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronnbunshu/R4/223082.pdf>
- 2) 卜部吉庸著、化学の新研究 第3版、三省堂、2023年3月10日、p389.542
- 3) カソード還元小委員会、「銅酸化皮膜のカソード還元における還元順序の検討」、J-STAGE、2004年、https://www.jstage.jst.go.jp/article/jcorr1991/53/10/53_10_472/_pdf/-char/ja (2024年9月29日アクセス)



グラフ3 実験③の結果

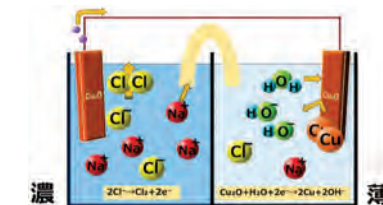


図2 疑似濃淡電池の反応の新仮説

廃棄アクリル板のリサイクル

東京都立科学技術高等学校 ○小玉 明奈 ○佐藤 瑠星

1. 背景

メタクリル樹脂は、耐久性に優れ屈折率がガラスに近く透明で、水族館の水槽や食器、自動車部品などの多くの日用品に使用されている。メタクリル樹脂を板状に加工したものを、一般に「アクリル板」という。アクリル板の生産量と消費量は年々減少傾向にあったが、2020年にコロナウイルス対策としてアクリル板の需要が急増した。その後、2023年の5月に新型コロナが5類に移行し、アクリル板の大量廃棄が懸念されている。また、アクリル板の製造方法(押出法・キャスト法)の違いにより融点異なるため、効率の良いリサイクルを困難にしている⁽²⁾。



図1 メタクリル樹脂の生産量と消費量の推移⁽¹⁾

2 仮説と目的

アクリル板はポリメチルメタクリレート(PMMA)からなり、これを加水分解することによりポリメタクリル酸(PMAA)が得られる(図2)。PMAAの構造はポリアクリル酸系の高吸水性高分子に似ているので、

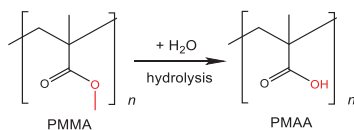


図2 PMMAの加水分解反応

PMMAを加水分解すれば吸水性高分子が作れるのではないかと考えた。本研究の目的は、アクリル板を加水分解する⁽³⁾ことにより、吸水性などの機能性を有する物質を合成することである。

3 方法

3-1 水系でのアクリル板の加水分解

- (1) 2つの三角フラスコに、学校で廃棄されていたアクリル板 2.00 g を入れ、3.0 mol/L の NaOH および KOH 80 mL をそれぞれ加え、80~90 °C で4時間反応させた(図3)。
- (2) 反応後の PMMA の質量を測定し、反応後の溶液を 6.0 mol/L の HCl で中和し、沈殿の有無を確認した。

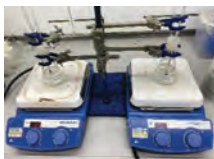


図3 水系での加水分解の様子

3-2 反応溶媒の検討

アクリル板を約2 cmの正方形に切ったものを6枚用意し、これにメタノール、アセトン、トルエン、ジクロロメタン、1,4-ジオキサン、酢酸エチルを垂らしアクリル板の様子を観察した。

3-3 1,4-ジオキサンを溶媒とした加水分解

- (1) 1,4-ジオキサン 50 mL を三ツロフラスコに入れ90 °Cまで加温し、これに小さく砕いたアクリル板 5.0 g を少しずつ加え溶解させた。
- (2) (1)の溶液を60 °Cまで冷却し、エタノール 25 mL に KOH 5.6 g(2.0 倍 mol)を溶解したアルコールカリ溶液を少しずつ滴下し、その後90 °Cで2時間反応させた。
- (3) 反応混合物を冷却し、析出物と1,4-ジオキサンを分離し、生成固体を精製後、評価した。

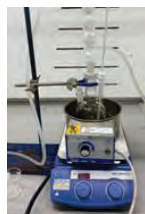


図4 加水分解装置

4 結果と考察

4-1 水系でのアクリル板の加水分解

KOH と NaOH ともに、反応前後でアクリル板の質量に変化はなく、中和しても沈殿が見られなかった。これらの結果から、水系での PMMA の加水分解はできないことが分かった。

表1 反応前後でのアクリル板の質量変化

溶液	反応前 [g]	反応後 [g]
NaOH	2.03	2.04
KOH	2.04	2.03



図5 中和した溶液の様子

4-2 反応溶媒の検討

結果を、図6に示す。左から、メタノール、アセトン、トルエン、ジクロロメタン、1,4-ジオキサン、酢酸エチルである。アセトン、ジクロロメタン、1,4-ジオキサンの3種の溶媒でアクリル板の溶解が確認できたが、これらの中で比較的環境負荷が少ない1,4-ジオキサンを溶媒としてアクリル板を加水分解することにした。

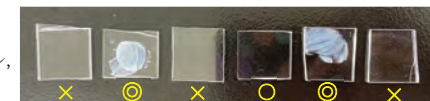


図6 アクリル板の各種溶媒による溶解の様子

4-3 1,4-ジオキサンを溶媒とした加水分解

- (1) 反応後、赤茶色でゲル状の物質が析出した。これを純水に入れると溶解した。塩酸でこれを中和すると、白色固体が得られた(図7)。アクリル板と生成物の IR スペクトルを図8



図7 生成物の様子(左から純水中、乾燥後、中和後)

- に示す。3500~3000 cm⁻¹の吸収から、エステル結合が加水分解され、カルボキシ基(-COOH)が生成したことが分かる。これらの結果から、PMMAが加水分解され水溶性の PMAA が生成したと考えられる。
- (2) 学校にあったアクリル板の融点を測定したところ、286 °C と 345 °C の2種類のアクリル板があることが分かった。融点が低い方は押出法(架橋無)、高い方はキャスト法(架橋有)によって製造されたアクリル板であると考えられる⁽²⁾。

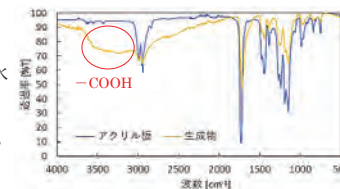


図8 生成物の IR スペクトル

- (3) 融点が高いキャスト法によるアクリル板を、KOH の質量を 4.2 g(1.5 倍 mol)に変え、方法 3-3 と同様の方法で加水分解し生成物を精製したところ、大量の水を含む少し柔らかいゲルが得られた(図9)。



図9 大量の水を含んだゲル

5 今後の展望

- (1) 融点が低い押出法によるアクリル板の加水分解生成物の利用法を考える。
- (2) 融点が高いキャスト法によるアクリル板の加水分解条件(KOH の添加量、反応時間、反応温度など)を検討して、目的に適した吸水性高分子が合成できるようにする。

6 参考文献

- (1) 日本プラスチック工業連盟 統計資料
- (2) アクリル樹脂の回収とリサイクル、(社)プラスチック循環利用協会、<https://www.pwmi.or.jp/column/column-2462/>
- (3) Jing Kang, Xiang Li, Yunlu Zhou, Ling Zhang, *iScience*, 2023, 26, 106022

こんにゃくのゲル化メカニズムとコンニャクグルコマンナン繊維の研究

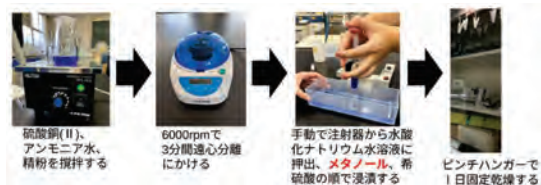
群馬県立太田女子高等学校 高瀬琳子 大須賀結衣 平石優空

○青木麻央 ○小林瑤季 ○根岸泉美

1. 序論

農林水産省によると、群馬県が生産量1位であるこんにゃく芋の消費量が年々減少している。それを知り、こんにゃくの食用以外の用途を探る中で、コンニャクの主成分であるコンニャクグルコマンナン（以下 KG）とセルロースの構造が似ていることがわかった。そこで、KG を使って繊維を作れるのではないかと考え、作製方法を確立した。現在は KG 繊維の強度向上のため、ゲル化の仕組みを解明する研究を行っている。

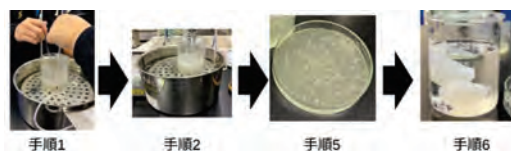
・本校の KG 繊維作製方法 一般的なこんにゃくの製法では行わないメタノール洗浄を採用している



・メタノールを用いたこんにゃくの作製方法

〈手順〉

1. 50°Cの湯 340ml にこんにゃく精粉 10g を少しずつ加え、糊状になるまでかき混ぜる。
2. 5分毎に混ぜながら 30分程度静置し、その後全体が混ざるように練る。
3. 38ml のぬるま湯に水酸化ナトリウム 0.54g を加える。
4. 2のこんにゃくを練りながら 3 を入れ 1 分程度混ぜる。
5. 4 を適当な大きさに分け、20分静置する。
6. 5 をメタノールに一定時間浸漬する。



2. 実験

実験1. 凝固剤を変更したこんにゃくの作製

手順3で用いた水酸化ナトリウムを水酸化カルシウム、塩化ナトリウムに変更してこんにゃくを作製した。

〈結果〉

- ・水酸化カルシウム、塩化ナトリウムでもこんにゃくは作製できた。
- ・塩化ナトリウムこんにゃくはメタノール浸漬直後は弾性がなく、水分が抜けた後は固くなり押しなかつた。
- ・水酸化カルシウムこんにゃくは弾性があつた。

〈考察〉

塩析のみでのゲル化は不十分であり、強塩基でも塩析は起こるため、KG のゲル化において塩析よりも強塩基による脱アセチル化の影響の方が大きいと考えられる。また、水酸化カルシウムよりも水酸化ナトリウムを使用したこんにゃくの方が弾性が高いため、KG 繊維作製には水酸化ナトリウムを用いるのが良いと考えた。メタノール浸漬によってこんにゃくに含まれる水分が抜けていたため、メタノールは KG から水分子を奪っていると考えられる。

実験2. 浸漬する液体を変更したこんにゃくの作製

手順6のメタノールをエタノール、プロパノール、グリセリン、アセトン、熱湯に変更してこんにゃくを作製した。

〈結果〉



- ・エタノール、プロパノール、グリセリン、アセトンは外側に膜が張り、内部はゲル状になっていた。
- ・熱湯では内部と外部に違いはあまり見られなかつた。

〈考察〉

ゲルの様子が似ていたことから一級アルコールは同じようなゲル化の仕方をしていると考えた。また、グリセリンは同じアルコール類であるが、ゲルの固まる速さは遅く、より柔らかいことから、メタノールやエタノールよりも水分子を奪いづらいと考えられる。そして熱湯ではゲル化時における加熱により分子の配列がバラバラになることで全体的なゲル化が促されたため、内部と外部の違いがあまりなかつたと考えた。

実験3. 浸漬する溶媒を変更した KG 繊維の作製

浸漬する溶媒をメタノールからアルコール類ではないアセトンに変更して KG 繊維を作製した。

〈結果〉

- ・アセトン浸漬でも KG 繊維を作製できた。
- ・作製した KG 繊維を曲げたところ、繊維はしなやかに曲がった。



〈考察〉

アセトン浸漬でも KG 繊維を作製できたことから、浸漬する溶媒がアルコール類である必要はないと考えられる。

3. 展望

- ・アセトンやプロパノールの水和を調べる実験を行う。
- ・アルコール類でないアセトン以外の溶媒を用いた KG 繊維を作製する。
- ・実験2で使用した溶媒について、浸漬時間を変更して KG 繊維を作製する。

光る人工いくら
立教中学校
○荒井 辰夫 ○白崎 嵩晃 ○伊藤 玲

1. はじめに

私たちは、普段口にしていくらが、人工的に作れるということを知った。人工いくらにはアルギン酸ナトリウム水溶液と塩化カルシウム水溶液の架橋反応によってできる。そこで、光る人工いくらを作ることにし、またその光を強くすることを目標として実験を行った。蛍光色素を使用して光らせることに成功した。蛍光色素はブラックライトを使わないと光らないので、今回はルミノール反応も利用した。

2. 実験方法

実験1 蛍光色素人工いくら作成と見せ方の工夫

- 1) アルギン酸ナトリウム 1 g を 100 mL の水に溶かす。(A 液)
- 2) 色素を量る。ローダミン B (RB) は 48 mg、エオシン Y (EY) は 69 mg、フルオレセイン (FI) は 33 mg で作る。
- 3) 色素に 10 mL の水、A 液 10 mL を入れる。
- 4) 塩化カルシウム 20 g を 180 mL の水に溶かし、(3) の溶液をスポイトでたらし人工いくらを作成する。
- 5) ビーカーに水、人工いくらを入れてスターラーパッドで回しながら紫外線を当てる。

実験2 ルミノールを用いた人工いくら作成

- 1) ルミノール 0.025 g、3% H₂O₂ 水溶液 5 mL、NaOH 0.5 g を水 50 mL に溶かす。この溶液を 5 mL 取り、実験1のA液20mLに混ぜる。
- 2) 塩化カルシウムを 20 g はかり水 180 mL に溶かし、A 液をスポイトでたらし、人工いくらを作成する。
- 3) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ) 酸カリウム 2.5 g を水 50 mL に混ぜ、作成した人工いくらにかける。

実験3 ルミノールを用いた大きな人工いくらを作る

- 1) 実験2のB液をもとに溶液の量を以下の表のように変えた2倍、5倍のB液を作る。

溶液名	ルミノール	NaOH	H ₂ O ₂	水
2倍	0.050 g	1.0 g	6% 5 mL	50 mL
5倍	0.125 g	2.5 g	15% 5 mL	50 mL

- 2) 塩化カルシウム 40 g を 360 mL の水に溶かしボウルと霧吹きに入れる。
- 3) お玉に実験1のA液を5、10、15 g とB液2.5、5、7.5 g を入れる。
- 4) おたまに入っている状態で霧吹きを使用し、塩化カルシウム水溶液をかける。
- 5) ボウルの塩化カルシウム水溶液にお玉をひたして固まるまで1分待ちシャーレに入れて発光の強さをセンサー(島津理化高精度光センサーPS-2176)を使い、図1のような装置で測定する。



図1 光量を測定する装置

色素	RB	FI	EY
色	ピンク	黄色	オレンジ
写真			
蛍光色	オレンジ	黄緑色	黄色
写真			
明るさ	中	強	弱

3. 結果

実験1 蛍光色素人工いくら作成と見せ方の工夫

蛍光色素を加えた人工いくら様子を表1に示す。作成したいくら色の濃さを目視で判断するとFIは薄く、EYとRBは濃かった。紫外線ランプをあてた時の蛍光色はRBがオレンジ、EYが黄色、FIが黄緑色になった。光る強さは目視で判断すると小さいほうからEY→RB→FIになった。ビーカーに水と作成したいくらを入れてスターラーで回すと、いくらがゆっくり回転しながら光った。

実験2 ルミノールを使用した人工いくらを作る

作成したいくら様子を図2に示す。ひとつひとつの粒が小さく、あまり光らなかったが、青色の光を放っていることを確認できた。



図2 発光いくらの様子

実験3 ルミノールを用いた大きな人工いくらを作る

ルミノールの濃度やアルギン酸ナトリウム水溶液の量を変えて作成した人工いくら様子を表2に示す。人工いくらの中に入っているB液が5倍の方が明るく光って見えた。しかし人工いくらを大きくしたときは5 mL~10 mLでは明るく見えるが、10 mL~15 mLでは暗く見えた。

表2 条件を変えて作成した人工いくら様子

溶液量 B液の濃度	A液 B液		A液 B液		A液 B液	
	5mL	2.5mL	10mL	5mL	15mL	7.5mL
2倍						
直径	225mm		260mm		290mm	
膜の厚さ	1.3mm		1.5mm		1.5mm	
5倍						
直径	225mm		260mm		290mm	
膜の厚さ	1.3mm		1.5mm		1.5mm	

4. 考察

実験1 蛍光色素人工いくら作成と見せ方の工夫

人工いくらを作成した時に、通常時はEYが1番濃く、FIが薄いにもかかわらず紫外線ランプを当てた時にはFIが1番明るく光り、EYが1番光が弱かった。色が濃いということはその分たくさん光を吸収しているため紫外線ランプを当てた時に吸収する光も多いため発する光が弱い、色が薄いということは光をあまり吸収しないので紫外線ランプを当てた時に吸収する光も少ないので発する光が強いと考えられる。

人工いくらをきれいにさせるためにスターラーを使って回しながら光らせてみた。だが、人工いくらを入れてすぐに回して光らせないと、人工いくらについている蛍光成分が水に溶けだして水自体も光ってしまい、あまりきれいに見えないことが分かった。よって、光の強いFIのいくらを最初に入れて、RBとEYは後に入れた方が良いことが分かった。

実験2 ルミノールを使用した人工いくらを作る

通常のルミノール反応よりいくらの中に入っているルミノールが少なかったため反応が起きても、あまり光って見えなかったのではないかと考えた。

実験3 ルミノールを用いた大きな人工いくらを作る

2倍と5倍の比較では濃度の高いほうが反応が大きいため明るく光った。B液の量の比較では量が多い方が強く光ると思ったのですが、A液15g、B液7.5gで作成したときは、光が弱く見えた。人工いくらに付着しているB液がシャーレの中に入り、そのB液も光ったため人工いくら本体の光が弱く見えたのではないかと考えた。

5. まとめ

人工いくらは架橋反応がおこなうことによってできる。蛍光色素を使用することで人工いくらを光らせることができることが分かった。蛍光色素にもたくさん種類がありそれぞれの色も光った時の色も違うことが分かった。さらにスターラーを使用して人工いくらを回転させながら光らせることできれいに見せることができたので見せ方にも工夫が必要だということが分かった。人工いくらを光らせる方法として蛍光色素とブラックライトで光らせる方法と、ルミノール反応を用いて光らせる方法があった。今後は蛍光色素とルミノール反応を合わせて作り、より光を強くすることである。

6. 参考文献

- 1) 化学だいすきクラブ「君も化学者！カラフルな人工いくらを作ろう！」
https://kdc.csj.jp/learnin/g/item_1619.html
- 2) 化学だいすきクラブ「君も化学者！暗闇に浮かぶ不思議な光」
https://kdc.csj.jp/learnin/g/item_3056.html

『スライムに電解質を混ぜた時の流動性の違い』

東海大学付属市原望洋高等学校

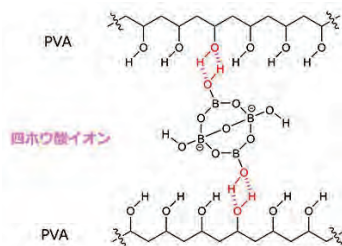
○ 夏目誠也 ○ 佐粧拓斗

【動機】

スライムに薬品を加えたらどのように変化するのかに興味を持った。また、一度固まったスライムをもとに戻すことができるのか試したかった。

【原理】

洗濯糊に使うPVA（ポリビニルアルコール）は鎖の状態で水中に存在する。そのPVAの長い鎖と鎖の間に、ホウ酸イオンが橋を架けるように水素結合でいくつも繋がって、分子の網目構造が作られ、この網目に水が入り込む。その水は外に出られない状態になり、ゼリーのような粘着力があるようなスライムになる。スライムは、液体の性質である粘性と固体の性質である弾性の両方の性質を合わせ持つようになる。これをゲル化という。



図Ⅰ PVAの架橋の様子

【目的】

- ① 薬品を混ぜたスライムの性質を確認する。
- ② もとの粘性に戻る時の溶質の分量を確認する。

【準備】

- ① 洗濯糊 50g にホウ砂水 0.50% を 12.5g 入れてよく混ぜ、スライムを作る。
- ② 各スライムに塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化マグネシウム、を 0.10mol ずつ入れてよく混ぜる。

<実験Ⅰ>

- ・各スライムに塩酸 0.10mol を加えよく混ぜた後、さらに水酸化ナトリウムを 0.10mol を混ぜた。
- ・各スライムの pH をイーザーセンスで測定した。
- ・また、塩酸を加えずに水酸化ナトリウムのみを混ぜたものを用意した。

【結果Ⅰ】

- ・液体の pH を測った結果、図Ⅱのようになった。
- ・スライムを硬い順に並べると、**ノーマル > 塩化ナトリウム > 塩化カリウム > 塩化カルシウム > 塩化マグネシウム**の順だった。
- ・塩酸を加えるとスライムは溶けて粘性はほとんど無くなった。水酸化ナトリウムを混ぜた後のスライムには白い沈殿物と液体が生じており、完全に中和してはいなかった。
- ・沈殿物は**ノーマル**が一番整っており、**塩化カリウム**と**塩化ナトリウム**は形が崩れていた。
- ・また、水酸化ナトリウムのみを混ぜたスライムは弾性が非常に高く、ガラス棒が刺さらないほどだった。

【考察Ⅰ】

- ・薬品のみを混ぜると**塩化カリウム**と**塩化ナトリウム**に液体が発生した。これは酸とアルカリが混ざり中和したためであり、**塩化マグネシウム**に液体が発生しなかったように見えたのは、スライムの中に取り込まれたからだと考えられる。

表Ⅰ 各スライムの pH と液性

薬品	pH	液性
ノーマル	13.3	塩基性
塩化ナトリウム	13.7	塩基性
塩化カリウム	13.9	塩基性
塩化マグネシウム	8.5	弱塩基性



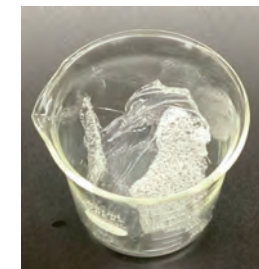
図Ⅱ 薬品を混ぜたスライムの様子
ノーマル 塩化ナトリウム 塩化カリウム 塩化マグネシウム

<実験Ⅱ>

- ・【準備】で作ったスライムに塩化ナトリウム 1.0mol とポッカレモン 0.050g を混ぜ 5 日間放置した。
- ・この乾燥したスライム(質量 1.3g)にポッカレモンと水を加えていき、もとの粘性に戻るまで行った。

【結果Ⅱ】

- ・中心部が溶けきらずに残ってしまったが、質量パーセント濃度 38% のポッカレモン水を 13g 混ぜると洗濯糊とほぼ同等の粘性に戻った。



図Ⅲ 乾燥させたレモンスライム

【考察Ⅱ】

- ・今回スライムがもとのスライムと同等の粘性に戻らなかったのは、先に溶けた端の部分が中心部分を溶かすために加えたポッカレモン水と混ざり完全に溶けてしまったからだと考えられる。

【展望】

- ・薬品が全体に混ざるようにするために、ホウ砂水に薬品を混ぜた後に洗濯糊に加える。
- ・実験の進捗が遅かったため、計画を立てて効率よく実験を行う。

【参考文献】

- ・ https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/191108_02.php
- ・ <https://www.fujiyaku.org/ygk/>

野菜くずの活用によるベジブロスの効率的な成分抽出法の開発

玉川学園高等部 ○増田乃愛 ○伊藤瑠哉

1. はじめに

食品ロスの削減や健康的な食生活を提案する手段の一つとして、野菜の捨てられてしまう部分（野菜くず）を活用したベジブロス（野菜出汁）の可能性に注目した。ヘタ、皮、種などの野菜くずには、植物由来のファイトケミカルが多く含まれていることが知られている。そこで、本研究では、野菜くずでベジブロスをとり料理に使うことで、健康的で持続可能な食生活の提案に繋がると考え、研究を開始した。今回は、旨味成分である「L-グルタミン酸」を豊富に含むベジブロスを「おいしい出汁」として抽出方法を検証した。

2. 出汁の取り方・測定方法

- ・蒸留水(50mL)をホットスターラーで加熱し、90°Cになったら野菜くず(7.5g)を入れて 15 分加熱した。
- ・ガーゼで濾過した後、水を足して 50mL にして蒸発した水分を補い、これをベジブロスとした。
- ・ベジブロスと L-グルタミン酸測定キットヤマサ NEO を反応させ、生成された紫色色素の吸光度(555nm)を測定し、ベジブロス中に抽出された L-グルタミン酸濃度を算出した⁽¹⁾。

3. 結果・考察

【I. 基礎実験】

キャベツ（芯）、ニンジン（皮）、ブロッコリー（茎）、エノキ（軸）からそれぞれ出汁をとり、L-グルタミン酸含有量を調べた。それぞれ 3 回ずつ測定し、平均値を求めた（表 1）。

【II. 2 種類の野菜くずから取ったベジブロス】

一般に、出汁は複数の種類を混ぜた方が、味に深みが出て美味しくなると言われている。そこで、基礎実験で使用した野菜くずを混ぜてベジブロスをとった。方法は、蒸留水 50mL に入れる野菜くずを 3.75g ずつ用意して 2 種類合わせて 7.5g になるようにして、水で煮込んだ。結果は

表 2 のようになり、どの組み合わせも、野菜くずを 2 種類混ぜることで、表 1 から計算した数値よりも、ベジブロス中の L-グルタミン酸量が 1.2~1.5 倍増加した。これは、野菜の種類を混ぜることで、様々な成分が水中に溶け出して、L-グルタミン酸も抽出されやすくなったと考えられる。表 2 の組み合わせの中でも、ニンジンの皮と他の野菜くずを組み合わせた場合が、2 種類の平均値よりも特に高くなり、L-グルタミン酸が抽出されやすくなった。そこで、今回使用した 4 種類の野菜の成分を比較したところ、表 3 のように、ニンジンは他の 3 種類の野菜と比較して、

表 1 各野菜くずのベジブロスのグルタミン酸量

	キャベツ (芯)	ニンジン (皮)	ブロッコリー (茎)	エノキ (軸)
L-グルタミン酸 (mg/L)	28	21	27	32

表 2 測定値と 2 種類の平均値の比較

	エノキ × ブロッコリー	ニンジン × キャベツ	エノキ × キャベツ	エノキ × ニンジン	ブロッコリー × キャベツ	ブロッコリー × ニンジン
①測定値 L-グルタミン酸 (mg/L)	36	37	35	36	33	34
②表1から 計算した 2種類の 平均値 (mg/L)	29.5	24.5	29.5	26	27.5	24
①÷② (倍)	1.2	1.5	1.2	1.4	1.2	1.4

シヨ糖が特に多かった。よって、シヨ糖があると L-グルタミン酸を抽出しやすくする効果があるのではないかと予想し、実験Ⅲで検証した。

【Ⅲ. シヨ糖水溶液を用いた検証】

蒸留水 50mL にシヨ糖 0.2g（ニンジン 7.5g に含まれるおおよその量）を入れて溶かした。シヨ糖水溶液を加熱して 90°C になったら、各野菜くず 7.5g を入れて 15 分加熱してベジブロスをとり、L-グルタミン酸濃度を定量した。

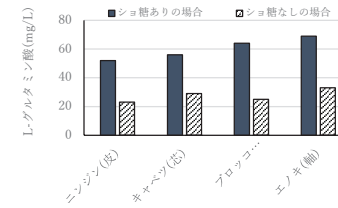


図 1 シヨ糖を添加した場合と添加しない場合の比較

表 3 各野菜 100g 中のシヨ糖⁽²⁾

	キャベツ	ニンジン	ブロッコリー	エノキ
シヨ糖 (g)	0.3	2.4	0.5	0

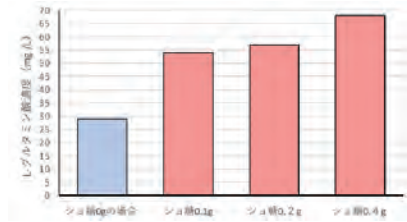


図 2 シヨ糖の添加量を変えた場合の比較(キャベツの芯)

図 1 の通り、どの野菜くずも、シヨ糖水溶液で煮込んだ方が、ベジブロス中の L-グルタミン酸量が 1.9~2.6 倍増加した。水にシヨ糖を加えると浸透圧が高くなり、野菜中の成分が浸透しやすくなるため、出汁に抽出される L-グルタミン酸の量も増えたのではないかと考えられる。通常、アミノ酸は水に溶けやすいものが多いが、L-グルタミン酸はアミノ酸の基本構造としてのカルボキシ基とアミノ基の他にもう 1 つカルボキシ基を所有しているため、水中では、これらの官能基が分子内で環状構造の形を作り、水分子との間で水素結合を作りにくくなっているためグルタミン酸は水に溶けにくい。一方、シヨ糖は分子内に多くのヒドロキシ基を有しているため、非常に水に溶けやすい。よって、ニンジンの皮を水中で加熱すると、まずシヨ糖が水中に溶け出し、それによって L-グルタミン酸が抽出されやすくなると考えられる。

しかし、図 2 の通り、シヨ糖の添加量を増やすと抽出される L-グルタミン酸量は増加しているが、比例関係にはなっていない。そのため、浸透圧以外の要因もあるのかもしれないため、今後、野菜くずを混ぜた方が抽出される L-グルタミン酸量が増える理由を、更に検証する。

4. 研究のまとめ

本研究では、野菜くずの有効活用としてベジブロスに注目し、L-グルタミン酸を多く抽出できる方法を検証した。結果、異なる種類の野菜くずを組み合わせると、単独の場合よりも多くの L-グルタミン酸を抽出でき、特にニンジンを加えるとその量が増える傾向があった。シヨ糖を含む水で煮込むと L-グルタミン酸の抽出量が増えることも確認された。

今後は、野菜くずを組み合わせることで、L-グルタミン酸の抽出量が増加する理由を更に検証すると同時に、旨味成分だけでなく、ファイトケミカルの抽出も促進できるかを検証していく。

5. 参考文献

- (1)ヤマサ醤油株式会社 L-グルタミン酸測定キット「ヤマサ」NEO
- (2)文部科学省「食品成分データベース」

NaCl 水溶液に AgCl の沈殿ができる濃度の定量分析は可能か

東京都立立川高等学校 ○榎原 侑 ○福嶋 晴和 ○松岡 瑠美 ○横川 沙也子

1. 動機及び目的

水溶液中で Ag^+ と Cl^- が反応すると、 AgCl の白色沈殿が生成することは教科書にも記載されているが¹⁾、飽和食塩水に AgNO_3aq を加えても白色沈殿が生じなかった。これをリサーチクエストとし、沈殿が生じない理由を調査したところ過剰の Cl^- 条件下において AgCl がクロリド錯イオンを形成することがわかった²⁾ (図 1)。

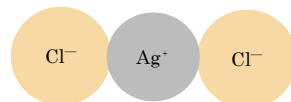


図 1 クロリド錯イオンのモデル

2. 実験方法

- 1) Cl^- の濃度を小さくする：飽和食塩水に AgNO_3aq を 1 滴加えて白色沈殿が生じないことを確認し、そこに純水を加え続け、水溶液の濁度の変化を目視で確認した。
- 2) Cl^- の濃度を大きくする：生理食塩水に AgNO_3aq を 1 滴加えて白色沈殿を生成させ、そこに固体の NaCl を添加し続けて、水溶液の濁度の変化を目視で確認した。
- 3) 分光光度計による吸光度の計測： NaClaq の濃度を、0.40 M から 0.10 M ずつ濃度を大きくしていき、1.1 M までの水溶液を作り、それぞれ AgNO_3aq を 1 滴加えて吸光度を測った。
- 4) デジタル濁度計による濁度の計測： NaClaq の濃度を、0.40 M から 0.10 M ずつ濃度を大きくしていき、1.1 M までの水溶液作り、それぞれ AgNO_3aq を 1 滴加えて濁度を測った。
- 5) XRD による分析：1.5 M、0.70 M、0.65 M、0.60 M、0.10 M の NaClaq に AgNO_3aq を 1 滴加えた水溶液を蒸発乾固させ、析出した結晶をすり潰して XRD にかけて生成物を分析した。

3. 結果

- 1) 飽和食塩水を生理食塩水と同じ濃度の 0.154 M までうすめたが、白色沈殿は確認できなかった。
- 2) 白色沈殿が見えなくなった。このときの食塩水のモル濃度の平均は 0.454 M だった。
- 3) 図 2 および図 3 のような吸光度が得られた。
- 4) 図 4 のような濁度が得られた。
- 5) すべての濃度で、図 5 と同様のデータが得られた。

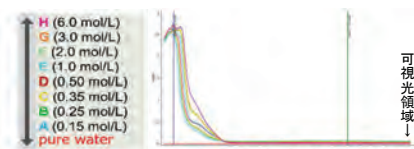


図 2 各濃度の吸光度のグラフ

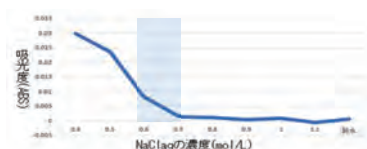


図 3 400 nm での各濃度の吸光度のグラフ

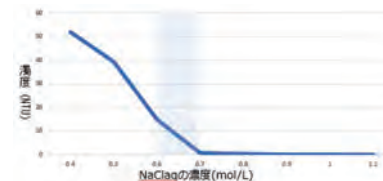


図 4 各濃度の濁度のグラフ

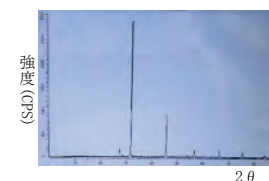


図 5 XRD による分析結果

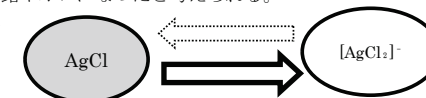
4. 考察

教科書¹⁾より、溶解度積 $K_{sp}(\text{AgCl}) = [\text{Ag}^+][\text{Cl}^-] = 1.8 \times 10^{-10} \text{ mol}^2/\text{L}^2$ (25 °C)を確認した。

(1) クロリド錯イオンが白色沈殿になることはないと考えられる。

(2) 水溶液の色変化から、白色沈殿がクロリド錯イオンになったと考えられる。

すなわち、白色沈殿よりもクロリド錯イオンのほうが安定していると考えられる (図 6)。



また、 AgCl の白色沈殿を生じる NaClaq の境

目の濃度の目安は 0.5 M 程度であると考えられる。 図 6 AgCl と $[\text{AgCl}_2]^-$ の変化のイメージ

(3) 図 2 より 198 nm のときの吸光度は NaClaq の濃度が高いほど大きくなる。

図 3 より、 AgCl が生じ始める濃度は 0.6 M ~ 0.7 M であると考えられる。

(4) 吸光度でも、濁度でも NaClaq の濃度がほぼ同じ範囲内で、 AgCl の白色沈殿のすべてがクロリド錯イオンに変化していると考えられる。図 3、図 4 で総括すると、 AgCl が生じ始める濃度は、0.6 M ~ 0.7 M の範囲であると考えられる。

(5) 図 5 より、 NaCl と AgCl の文献値^{3) 4)} と同じピークが確認できたので、水溶液と異なり、結晶状態では、クロリド錯イオンより AgCl の方が化学的に安定していると考えられる。

5. 今後の展望

- 1) 塩化ナトリウムの濃度を 0.60 M から 0.70 M の範囲内に絞り、引き続き定量分析を行う。
- 2) AgNO_3aq に NaCl を滴下して同様の実験を行った上で、溶液 NMR 測定分析を実施する。
- 3) 結晶状態では、塩化ナトリウムの結晶が多く析出することから、塩酸を用いた結晶化を試す。
- 4) 水溶液の電気伝導性を利用して、 AgCl からクロリド錯イオンに変化する境目を測定する。
- 5) 安定度定数について調べ、理論値を求めてみる。

6. 参考文献

- 1) 啓林館 (2023). 「高等学校化学」. 啓林館
- 2) F. A. COTTON/G. WILKINSON, 中原勝儼 (翻訳) (1972). 『無機化学《上》』. 培風館
- 3) 大塚 祐輔. 「粉末 X 線回折」 茨城大学機器分析センター
- 4) Xiyun Zhao. 「Biochemical Synthesis of Ag/AgCl Nanoparticles for Visible-Light-Driven Photocatalytic Removal of Colored Dyes」

キャベツパウダー成分(β-アラニン・アルギニン)が カイコ・シルクに与える影響

樹徳高等学校 ○吉田ひかり・

○宮海越木・○森田結翔・○山崎健心・○池田悠桔・○岩崎遥叶・○安田桜太郎

【1】はじめに

群馬県桐生市に所在する樹徳高等学校では、地元の養蚕業と絹産業の発展に貢献することを目的に、カイコの人工飼料と高機能シルクについて研究を行っている。群馬県は全国有数のキャベツ生産地であり、農業副産物として大量のキャベツの芯が廃棄されている。これらを凍結乾燥したパウダーを活用することで持続可能な資源循環を実現し、養蚕業への貢献が期待される。本研究では、キャベツパウダーに含まれる化学成分がカイコや生糸の特性に及ぼす影響を解明するため、3つの実験を実施した。

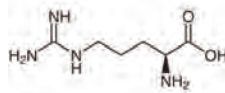
【2】実験

1. キャベツパウダー成分(β-アラニン)がサナギの外骨格形成に及ぼす影響

群馬県蚕糸技術センターが開発した暑さに耐性のあるオリジナル蚕品種「なつこ」を用い、β-アラニン2%配合人工飼料で飼育した。4齢から5齢の脱皮直後に雌雄を選別し、雌のみを対象とした。得られた繭のサナギ重量を電子天秤で測定後、解剖し、外骨格のみを取り出した。その後、乾燥処理を行い、外骨格量を正確に測定した。

2. キャベツパウダー成分(アルギニン)がカイコ・シルクの特性に及ぼす影響

「なつこ」を用い、アルギニン(構造式)、アラニン、トレオニン、フェニルアラニン、ロイシンをそれぞれ1~2%配合した人工飼料で飼育し、繭重量、繭層量(サナギを除く重量)を測定した。さらに、自動化した上州座繰り器を用いて得られた生糸の強度を評価するため、フォースセンサを備えた引張試験機で生糸の強度を測定した。また、生糸の長さも測定した。



構造式 アルギニン

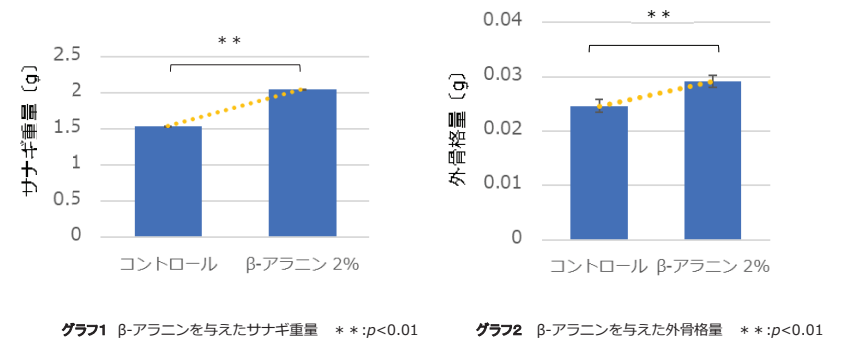
3. キャベツパウダーがサナギの味覚に及ぼす影響

カイコの食品利用の観点から、キャベツパウダーを10%配合した人工飼料で飼育し、得られたサナギ100頭分の味覚成分を外部機関で分析した。旨味(先味)、渋味刺激(先味)、旨味コク(後味)、渋味(後味)、苦味雑味(後味)を評価した。

【3】結果および考察

1. キャベツパウダー成分(β-アラニン)がサナギの外骨格形成に及ぼす影響

β-アラニン2%配合人工飼料を与えたサナギ群では、サナギ重量と外骨格量がそれぞれ1.3倍と1.2倍に増加(グラフ1, グラフ2)した。これにより、β-アラニンが外骨格の形成を促進し(参考文献)、繭重量やサナギ重量の増加に寄与する可能性が示唆された。



グラフ1 β-アラニンを与えたサナギ重量 ** :p<0.01

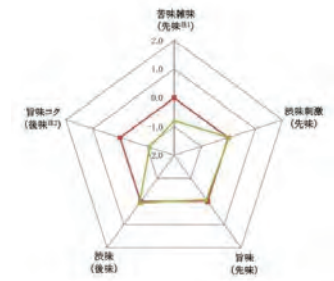
グラフ2 β-アラニンを与えた外骨格量 ** :p<0.01

2. キャベツパウダー成分(アルギニン)がカイコ・シルクの特性に及ぼす影響

特にアルギニン1%配合人工飼料を与えた群では、生糸の強度は若干低下したものの、ほぼ同程度であった。また、繭重量・繭層量(サナギを除く重量)や生糸の長さが増加することが確認された。アルギニンには、生糸の生産量を増加させるはたらきがあることが分かった。

3. キャベツパウダーがサナギの味覚に及ぼす影響

キャベツパウダー10%配合人工飼料で育成したサナギは、旨味コク(後味)や苦味雑味(後味)が低減する傾向が見られた(グラフ3)。実際にフライパンで炒ったサナギを味見したところ、コントロールのサナギはエビのような食感で、ソラマメ(蚕豆)のような味であった。一方、キャベツパウダー10%配合人工飼料のサナギはより淡白な味わいだった。調理方法が見つければ、キャベツパウダーの配合がカイコの味覚を改善し、昆虫食としての利用価値を高める可能性が示された。



グラフ3 サナギの味覚

赤:コントロール・緑:キャベツパウダー

本研究を通じて、キャベツパウダー成分がカイコの成長を促進したり、生糸の生産量を増加したり、また、食品としての味覚改善に寄与したりすることが明らかとなった。将来は、養蚕業の発展や昆虫食の普及に貢献できると期待できる。

【4】参考文献

・朝野 維起, 昆虫外骨格による生体防御, 蚕糸・昆虫バイオテック, 2015, 84巻, 3号, p181-194

ニトロセルロースを使った花火の作成

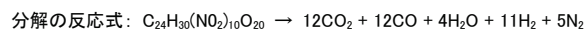
東京都立国立高等学校

杉本佑樹 ○長谷川泰知 ○堀井肯 ○和田実輝

1. はじめに

通常の花火は硫黄を使うため、匂いや煙の発生が激しい、廃棄が大変であるなどのデメリットが挙げられる。一方で、熱を与えると激しく光を出して反応するニトロセルロースの出す光に、炎色反応を利用して色をつけると、通常の花火と同じように発色させることができるが、これには上記のようなデメリットはない。そこで、ニトロセルロースを使って色のついた花火を作ることにした。

2. ニトロセルロースの反応について



ただし、ニトロセルロースは高分子であるため、反応式は一定ではない。よってここで示したものは一例である。この反応は熱エネルギーを与えることで起こり、また熱と光が発生する。

3. 実験方法(共通) ニトロセルロースの合成

18 mol/L の濃硫酸と 13 mol/L の硝酸を、体積比が 2:1 になるように混ぜて混酸を作り、綿(セルロース)を混酸に 24 時間以上つける。その後、このニトロセルロースを取り出して水道水で洗い、乾燥させる。(以下、この工程で作ったものを「通常のニトロセルロース」とする。)

4. 実験1 ニトロセルロースの発光を通常とは異なる色にさせる

食塩の水溶液(塩化ナトリウム水溶液)、リン酸二水素カリウム水溶液、硝酸カリウム水溶液、硫酸銅(Ⅱ)水溶液、硝酸ストロンチウム水溶液、塩化セシウム水溶液、硝酸バリウム水溶液、塩化カルシウム水溶液、塩化銅(Ⅱ)水溶液、リン酸三アンモニウム水溶液を用意する。通常のニトロセルロースをこれらの溶液に 1 日以上つける。ニトロセルロースを溶液から取り出して乾燥させる。反応時に通常とは異なる色の光を発するニトロセルロースを作ることができる。

5. 結果1

各水溶液につけたニトロセルロースの色は以下の通りとなった。

※1:日本分析化学会編, 分析化学便覧改訂2版 丸善(1971) など参考

試薬	色(外炎の色)	波長(文献※1 による値, 各金属の炎色反応のもの)(nm)
(通常のニトロセルロース)	オレンジ(#fff701, #fd8618)	
食塩の水溶液	オレンジ(#fdff00, #ff8c04)	589
KH ₂ PO ₄ 水溶液	ピンク~オレンジ (#ffdb5a, #fb8846, #d18c74)	
KNO ₃ 水溶液	ピンク(#f88f8e)	767, 404
CuSO ₄ 水溶液	黄~緑 (#f0fe9e, #a7ee79, #c2825a)	537
Sr(NO ₃) ₂ 水溶液	赤(#ffffce, #fd6940)	460
CsCl 水溶液	ピンク~やや紫(#fe918f)	430
Ba(NO ₃) ₂ 水溶液	黄色~緑(#fefa77, #ff9e48)	553

6. 実験2・結果2 ニトロセルロースの反応に時間差を発生させる

ニトロセルロースの反応は絶え間なく進行するため、発光している時間は通常のニトロセルロース(金属塩水溶液につけていないもの)で約 0.4 秒と短い。そこで、全体としてより長い時間反応が続く、花火を長く楽しめるように次のようにする。ニトロセルロースを 2 つに分け、その間に硝化していない綿(以下、「綿」)をひも状にして挟む。片方の端のニトロセルロースのみに点火する。すると、1 つ目のニトロセルロースの反応で生じた熱が綿を発火させ、発火した綿が 2 つ目のニトロセルロースを反応させる。ひも状になった綿が熱を伝える速度は長さによるが秒速 1~2cm と非常に遅いため、2 つのニトロセルロースの反応の開始に時間差をつけることができる。このことを利用して、ニトロセルロースと綿を交互に配置することで、ニトロセルロースを端から順番に、任意の時間を空けて反応させることができる(図1)。また、それぞれ異なる色を発するニトロセルロースを使うことで、一つの花火で複数の色を観察することも可能である(図2)。

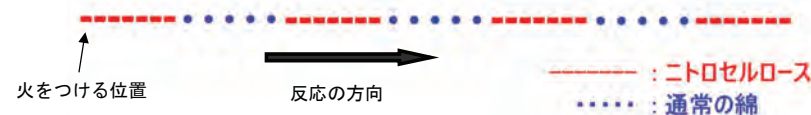


図1 ニトロセルロースと綿を交互に配置したもの



図2 複数の色を観察できる花火の様子

7. 展望

炎色反応を使って青色の光を出すことはできなかったが、他の色は 5 色程度作ることができた。これからは各溶液のモル濃度を合わせた上で色を再度調べ、光に色をつけたニトロセルロースを複数種類混ぜた場合の比率と色の関係について調べて、出せる色の種類を増やしたい。

8. 参考文献

- 1) 岩手県立総合教育センター, <https://www1.iwate-ed.jp/O9kyuu/tantou/kagaku/kagakukiso/kagakukiso%202/sapoto06.pdf>, 最終閲覧日:2025/2/3
- 2) 公益財団法人日本化学会, https://kdc.csj.jp/learning/item_1081.html, 最終閲覧日:2025/2/3
- 3) 東邦大学, <https://www.mmc.toho-u.ac.jp/v-lab/combustion/comb02/matter01.html>, 最終閲覧日:2025/2/3
- 4) J-Stage 光と色と物質, https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/65/3/65_132/_pdf, 最終閲覧日:2025/2/3
- 5) 愛知東邦大学, https://www.aichi-toho.ac.jp/wp-content/uploads/2016/07/201606004501_06.pdf, 最終閲覧日:2025/2/2
- 6) 倉敷天城高等学校, https://www.amaki.okayama-c.ed.jp/wordpress/wp-content/uploads/2021/03/2015_35-55.pdf, 最終閲覧日:2025/2/5

ルミノール反応を触媒する添加物及び溶媒による発光特性の変化の調査

芝浦工業大学附属高等学校
○駒井真○中島春香○松前寿奈

【研究概要】

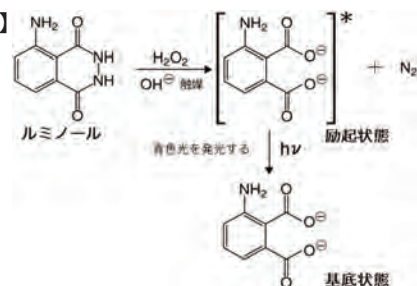
ルミノール反応はその発光を利用して事件現場での血痕の発見などに利用されている。この研究は添加物による発光強度の変化を調べることで発光を強める方法を研究し、より少ない証拠を検出できるようにすることを目的としている。

昨年の実験では、ヘキサシアニド鉄(III)酸カリウムを触媒とした従来のルミノール反応にナトリウムと同族、同周期の元素をそれぞれ陽イオンとした無機塩を加えた時の発光の仕方の違いを調べた。その研究では同族元素間での発光強度と発光時間に法則性が見られたため、今年ではそれら同族元素を陽イオンとした添加物それぞれの濃度を変えた時の発光の仕方の変化を調べた。

また、新たに溶媒に着目し、水を溶媒とした従来のルミノール反応から有機溶媒と水を混同した液体を溶媒に替え、発光特性の変化を調べた。

【研究概要図】

図1



<https://optica.cocolog-nifty.com/blog/2012/02/post-52b1.html>

1. 背景と目的

刑事事件における血痕は、血液に含まれるヘモグロビンを触媒としたルミノール反応による化学発光を使って発見される。この方法では拭き取られたり洗い流されたりした血液を検出することもできるが、その場合発光強度が弱くなってしまい血液が残っている場合と比べ検出が難しくなってしまう。添加物の付与や溶媒の変化により発光特性を変化させることができれば薄くなった血痕にも強く反応することでより検出の精度を高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. 方法

- ①2.0%水酸化ナトリウム水溶液 5.0 mL にルミノールを 0.10 g 溶解させる。
(A液とする)
- ②0.60%過酸化水素水 10 mL にヘキサシアニド鉄(III)酸カリウムを 1.0 g 溶解させる。
(B液とする)
- ③純水とエタノールを 4:0、3:1、2:2、1:3、0:4 の割合で合計 6.0 mL になるように混合する (C液とする)
- ④A液 1.0 mL、B液 1.0 mL、各 C液 6.0 mL を混合
※混合時の水、エタノール比は 6:0、5:1、4:2、3:3、2:4
- ⑤濃度と発光特性の関係を観察

3. 結果と考察

水の割合が大きいくほど強い発光は長く続き、エタノールの割合が大きいものは弱い発光が長く続いた。これは、比較的極性の低いエタノールの割合が大きくなったことで極性の低い分子であるルミノールがより安定な状態になり陰イオンである中間体が不安定になることで活性化エネルギーが大きくなり反応速度が小さくなったことが原因だと考えられる。

また、水とエタノールの割合が 5:1、4:2 での反応において、緑色の光が僅かに混ざった発光を複数回観測した。上記と同様、溶媒の影響で励起状態、基底状態それぞれのエネルギー状態が変化しエネルギー差が小さくなったことで光の波長が長くなったと考えられる。



図2 (緑色の混ざった発光の様子)

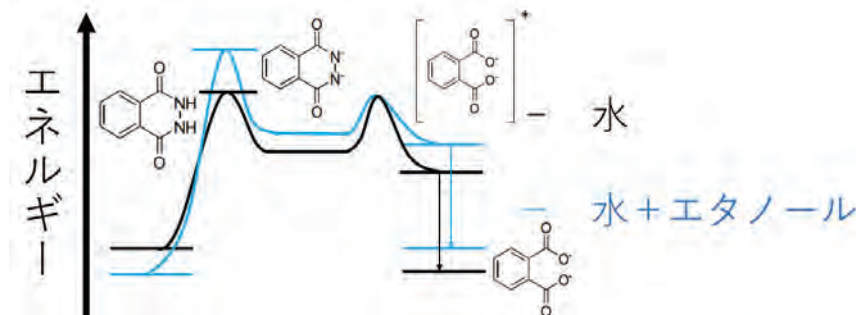


図3 (想定したエネルギー図)

4. 今後の展望

今回の研究は発光特性のみに着目して行ったが、反応後溶液にも溶媒によって相違点が見られた。体積比が 4:2、3:3、2:4 のものでは白色沈殿が生じ、また 4:2、3:3 のものにはヘキサシアニド鉄(III)カリウムによるものと思われる黄色い部分が残っていた。完全に反応していない可能性も考え、これらに着目した実験を新たに行いたいと考えている。

また、今回の実験では発光特性の観察を目視で行った。蛍光分光光度計を使うなどして、より発光強度を細分化した研究を行いたい。

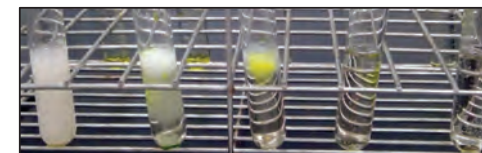


図4 水 : エタノール 2:4 3:3 4:2 5:1 6:0

参考文献

- なるほどザ・化学実験室“ルミノール発光～発光の世界への挑戦～”
<https://www.bunseki.ac.jp/naruhodo/experiment/expdetail.php?id=238>
法科学鑑定研究所.“血痕の証明”
<https://alfs-inc.com/bio/bloodstain/bloodstain-proof1/>

再結晶の条件とその後の広がり方

本庄東高等学校

○松尾桜瑠, 千島吉智, 吉見月煌, 伊東亮輔, 梅野千咲, 渡邊武尊, 黒澤彩名, 石神裕太郎

1. 抄録

酢酸ナトリウム三水和物の過飽和実験を行った際、数日間放置した後結晶が広がった状態で観察された。このことから過飽和状態の溶液に核を加えず放置したとき、再結晶する条件及びその後の広がり方が物質によって異なるのかを調べた。

2. 実験方法・結果

【使用した薬品】硫酸銅(Ⅱ)五水和物、炭酸ナトリウム、炭酸カルシウム、硝酸鉛(Ⅱ)、硝酸アルミニウム九水和物、硝酸リチウム、硝酸銅(Ⅱ)三水和物、硝酸カルシウム四水和物、塩化鉄(Ⅲ)六水和物、塩化アルミニウム(Ⅲ)六水和物、塩化アンモニウム、酢酸ナトリウム三水和物

【実験1】飽和水溶液を作るため酢酸ナトリウム三水和物を58gと水50gを混ぜた。この溶液をろ紙、ガラス、アクリル板の上にそれぞれ垂らし、結晶の広がり方を調べる。

【結果1】

ろ紙：溶液が染み込んだ。

ガラス：再結晶が起こった。その後放置するとさらに結晶がガラス一面に広がった(図1)。

アクリル板：再結晶は起こったが、ガラスほど広がることは無かった。

以上のことから、一番結晶が広がりやすいのはガラスだと分かった。よって続く実験ではガラスを使用した。

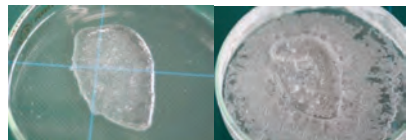


図1 (左：広がる前、右：広がった後)

【実験2】上記の12種類と純水を用意する。12種類をシャーレに0.100gずつ分けて入れた後、純水を一滴ずつ加え、放置する。この際、結晶の広がり方を調べる。

【結果2】

1日目：硝酸鉛(Ⅱ)(図2)は0.100gの結晶に純水を加えた約5分後に再結晶が始まり、結晶の広がりが見られた。他の物質は溶液のままだった。

2日目：炭酸ナトリウム(図3)、塩化アンモニウム(図4)、酢酸ナトリウム三水和物(図5)の3つに再結晶が始まり、広がりが見られた。硝酸鉛(Ⅱ)は1日目から変化がなく、また他の8種類においても変化は見られなかった。

3日目：12種類全てにおいて1、2日目以外の変化は見られなかった。

以上の事から水和水の有無は再結晶に関係がないことが分かった。この結果から【実験3】では再結晶が見られた4種類の物質で実験を行った。

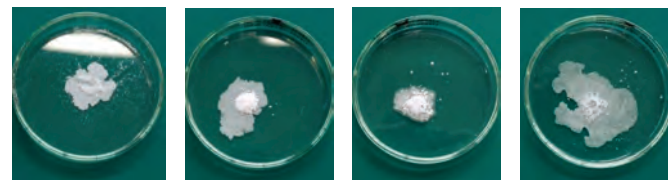


図2 (Pb(NO₃)₂)

図3 (Na₂CO₃)

図4 (NH₄Cl)

図5 (CH₃COONa·3H₂O)

【実験3】炭酸ナトリウム、硝酸鉛(Ⅱ)、塩化アンモニウム、酢酸ナトリウム三水和物の4種類をそれぞれ2つずつ【実験2】と同様の方法で行う。2つのデシケーターを用意し1つにシリカゲルもう1つに水を入れておく。シャーレをそれぞれのデシケーターに分けて入れ、乾燥状態と水分の多い状態での結晶の広がり方を調べる。

【結果3】

シリカゲルが入っていた方の塩化アンモニウムのみ再結晶が始まり、広がりが見られた。他の7つの溶液においてシリカゲルの方では再結晶、水の方では潮解が起こっていた。

以上のことから、湿度が再結晶に関係していることが分かった。

【実験4】炭酸ナトリウム、硝酸鉛(Ⅱ)、塩化アンモニウム、酢酸ナトリウム三水和物の4種類を【実験2】と同様の方法で行う。これを冷蔵庫(9℃)で放置し、温度によって結晶の広がり方を調べる。

【結果4】

酢酸ナトリウム三水和物と塩化アンモニウムは再結晶が始まり、広がりが見られた。炭酸ナトリウムと硝酸鉛(Ⅱ)は再結晶が見られなかった。以上のことから、温度は再結晶に関係していることが分かった。

【実験5】【実験2】から【実験4】で使用した溶液全体の重さを量り、シャーレの重さを引いて結晶の重さを調べ、始めに量った0.100gから増減しているかを調べる。

【結果5】

この結果から、始めの0.100gを大きく超えているもの、下回っているものがある事が分かった。これにより、物質によって結晶化または潮解が起こり、物質の量が増減したと考えられる。

3. 考察・結論

核を与えない状態で放置したとき、すべての結晶が再結晶するわけではないことが分かった。また、再結晶する際の条件として湿度が関係することが分かった。次に、湿度が高すぎると潮解、低すぎると再結晶が起こったことから、結晶が広がる条件として適度な湿度が必要ということが考えられる。潮解と再結晶が同時に繰り返し進行することで徐々に結晶が外側へ広がっていったと推測される。

4. 参考文献

第一学習社『新課程二訂版 スクエア最新図説化学』松本 洋介 2023年

チョークの再生

富士見中学校 ○木村瑛希 ○清水雪那 ○南谷麻葵

1. はじめに

学校では常に沢山の短くなったチョークやチョークの粉などが捨てられている。これらの有効な活用方法がないかと考え、実験をした。私たちは、廃チョークを肥料として活用するために、学校で不要となった廃チョークを回収し(廃チョークは各教室から回収)、粉末状にして、実験を行った。

2. 実験方法

植物を健康に育てるためには、酸性の土に石灰肥料を加え中和する必要がある。まず、肥料によく使われている消石灰の肥料とチョークの液性を調べた。さらに、クエン酸を酸性の土と仮定し、チョークが肥料として成り立つのかを実験した。

準備：粒を細かくした消石灰の肥料(0.5~0.9g)とチョーク(1~5g)、クエン酸水(10%)、フェノールフタレイン溶液、BTB 溶液

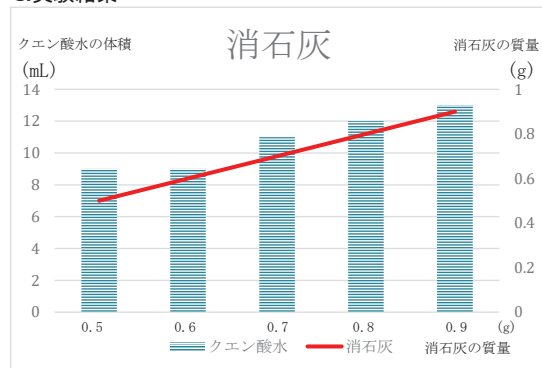
①チョーク、消石灰の肥料に、フェノールフタレイン溶液を2滴ずつ入れた。チョークは無色、消石灰の肥料は赤色となった。

②チョークのアルカリ性が弱いと考え、チョークにBTB 溶液を加えたところ、青色となり、弱アルカリ性であることを確認できた。

③消石灰の肥料(0.5~0.9g)またはチョーク(1~5g)にクエン酸水を0.5mLずつ加え、それぞれの物質を中和するのに必要なクエン酸水の体積を調べた。消石灰の肥料の中和はフェノールフタレインの赤色が消えるクエン酸水の体積、チョークの中和はBTBの青色が緑~黄色になるクエン酸水の体積で表している。

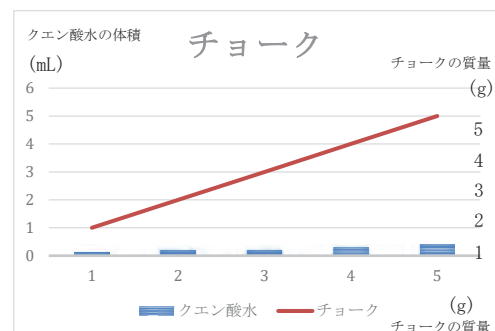
土と見立てた一定量のクエン酸水に消石灰やチョークを加えて中和する量を調べたかった。しかし、消石灰やチョークは水に溶けにくいので、一定量のクエン酸水を中和するための消石灰やチョークの水溶液の体積を測定することができない。したがって、一定量の消石灰やチョークにクエン酸水を加えてその体積を測定し、一定量のクエン酸水を中和するための消石灰やチョーク質量を計算によって求めることにした。

3. 実験結果



消石灰 (g)	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
クエン酸 (mL)	9	9	11	12	13

図1 消石灰の肥料を中和するのに必要なクエン酸水の体積 (mL)



チョーク (g)	1	2	3	4	5
クエン酸 (mL)	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4

図2 チョークを中和するのに必要なクエン酸水の体積 (mL)

4. 考察

図1と図2に示すグラフから、消石灰はチョークに比べクエン酸水を入れている量が多いので、土を中和する力が強いことが分かる。表1、表2に示す実験結果をもとに計算すると、10%クエン酸10mLを中和する消石灰は0.65gであり、10%クエン酸10mLを中和するチョークは125gであることがわかった。また、チョークはフェノールフタレイン溶液に反応しないほど弱いアルカリ性であることがわかった。これらの実験から、中和する力は、チョークより消石灰の方が強いことを確認することができた。

5. 今後の課題

この実験の結果を基にカイワレ大根を2週間程度育てた。すると、何も肥料を入れなかったものよりも消石灰やチョークの粉末を入れたもののほうがよく育つことが分かった。また、チョークの粉末の量を消石灰の肥料の20倍にして入れると消石灰の肥料よりも葉が大きくなるなど、より成長することが分かった。今後は消石灰の肥料に含まれている他の成分を調べて、それをチョークに加えたらより良い肥料を作ることが出来るのかを実験していきたい。

6. 参考文献

毎日エコの環マスター賞 アクセス日 2024/10/18

https://www.eco-1-gp.jp/pdf/winner04_8.pdf

http://www.eco-1-gp.jp/pdf/winner04_9.pdf

日本化学会誌 カイワレ大根の発芽・生長時における培養液中水素イオンとカリウムイオンの濃度変化 アクセス日2024/12/26

https://www.jstage.jst.go.jp/article/nikkashi1972/1992/5/1992_5_580/_pdf

尿素樹脂の作成

立教池袋高等学校
餅谷 莉久 金 結

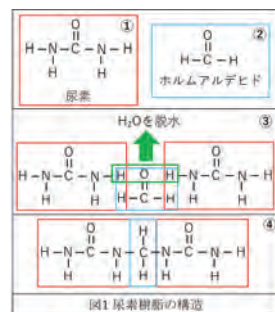
1. はじめに

尿素樹脂とは、ホルムアルデヒドと尿素の縮合によって得られる熱硬化性樹脂である。今回は脱水するために濃硫酸を加えて尿素樹脂を作成する。今回の実験では、ホルムアルデヒドに溶かす尿素的濃度や、硫酸の加え方を変化させたときの生成されるプラスチックの形と、強度を調べることを目的とした。

2. 尿素樹脂の構造

尿素樹脂の構造を図1に示す。

尿素樹脂は図の①に示す尿素と②に示すホルムアルデヒドの縮合によって得られる熱硬化性樹脂である。今回は尿素とホルムアルデヒドの混合物に硫酸を加えることで、③に示すように二つの尿素の水素とホルムアルデヒドの酸素を脱水し、水素がなくなった尿素をHCHがつなげることで④に示す樹脂が生成する。尿素は水素を4つ持っていて、2対の尿素につき一個のホルムアルデヒドと反応できるため、理想値としては尿素：ホルムアルデヒドが1:2で反応する。



3. 実験方法

実験1 濃硫酸の滴下方法を変えて作る

尿素 2.0 g(0.033 mol)とホルムアルデヒド 4.0 mL(0.051 mol¹⁾)を混ぜた溶液をアルミホイルカップに入れ、パストゥールピペットを用いて硫酸 15 滴をアルミホイルカップ内の溶液全体に行き渡るように加え、樹脂を作成した。尿素とホルムアルデヒドの量は変えずに、パストゥールピペットを用いて硫酸 5 滴を溶液全体に行き渡るように加え、その後溶液の中央に 10 滴ほど加えた条件でも樹脂を作成した。

実験2 作成に用いる尿素的量を変えて作る

作成に用いる尿素とホルムアルデヒドを以下の表1の条件に変えて樹脂を作成した。

表1 樹脂作成に用いる尿素的量を変化させた際の尿素とホルムアルデヒドの比率

加えた尿素的量	加えたホルムアルデヒド量	尿素：ホルムアルデヒド
0.025 mol(1.5 g)	0.05 mol(4.0 mL)	1:2
0.034 mol(2.0 g)	0.05 mol(4.0 mL)	1:1.5
0.042 mol(2.5 g)	0.05 mol(4.0 mL)	1:1.2

実験3 樹脂のかたさを測定する

実験2の表1と同じ比率の尿素とホルムアルデヒドの混合物 9.0 mL用いて作成した尿素樹脂と、5 cm 刻みの印をつけた 5 cm から 40 cm の鉄球を垂直に落とすための厚紙を用意する。作成した尿素樹脂を約 6 cm の幅で橋を架けるように置いて (図2)、その中央に 14g の鉄球を 5 cm の高さから 5 cm 刻みで上げていき順番に落とす。それぞれの尿素樹脂が、どの高さから鉄球を落とした時に割れたかを記録する。

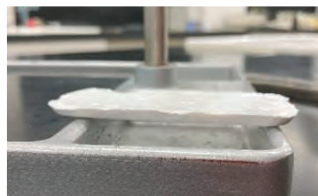


図2 樹脂の置き方

4. 実験結果

実験1 濃硫酸の滴下方法を変えて作る

濃硫酸を全体に行き渡るように加えたものは穏やかに反応し、ゆっくりと尿素樹脂に代わっていった。尿素樹脂は面が滑らかなものができた。中央に多く濃硫酸を加え作成したものは、その部分で激しい反応が起こり、白い煙を出して急速に反応した。中央が透明で、周りが白色に固まった尿素樹脂が生成した。

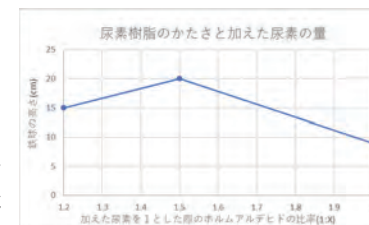
実験2 尿素的量を変えて作る

尿素的量を 0.025 mol に変えて作った尿素樹脂は、濃硫酸を入れても樹脂に代わるまで遅く、もろいものができた。尿素的量を 0.042 mol に変えて作った尿素樹脂は、きれいに固まり、もろい部分が少なく、固いものができた。

実験3 樹脂のかたさを測定する

実験2の結果より、尿素とホルムアルデヒドの濃度の違いによって作成した尿素樹脂の強度に変化が生まれると考え、実験3を行った。

実験結果はグラフ1のようになった。作成した樹脂は加えた尿素的量が比率 1:1.5 の時が最も固く、その次に比率 1:1.2 の時が硬かった。比率 1:2 の樹脂はもろく、強度も低いものであった。



グラフ1 尿素樹脂のかたさと尿素とホルムアルデヒドの比率の関係

5. 考察

実験1の結果から、生成される尿素樹脂の表面は濃硫酸の加え方によって変わり、濃硫酸を全体にいきわたらせて、脱水作用を緩やかに反応させることで泡が発生せずきれいに固まることが分かった。このことから、溶液の中に濃硫酸を均一にいきわたらせることによって、より少ない濃硫酸でもプラスチックを作ることができる考えた。

実験2、実験3の結果から、尿素とホルムアルデヒドの比率 1:1.5 で作成した樹脂は、尿素とホルムアルデヒドが過不足なく反応する量に近く、尿素的量も多かったためもっとも丈夫な樹脂になったのだと考えた。尿素とホルムアルデヒドの比率 1:2 で作成した樹脂は、尿素とホルムアルデヒドが過不足なく反応する比率で作成しているが、体積中の尿素的密度が低くなっているため、もろいものができたと考えた。尿素とホルムアルデヒドの比率 1:1.2 で作成した樹脂は、尿素に対してホルムアルデヒドの量が少なく、尿素が樹脂になり切れていなかったため丈夫でないものになったと考えた。

6. 参考文献

1) https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/63/1/63_KJ00010055753/_article/-har/ja/

凝固点降下に与える分子構造の影響

茨城県立日立第一高等学校 鈴木絢也

【緒言】

物質は主に1種類の物質からなる純物質と、2種類以上の純物質が混ざっている混合物に分類される。混合物が固体状態である場合には、融点降下という現象が観測され、液体状態である場合には、凝固点降下という現象が観測される。凝固点降下とは、純溶媒と比べて混合物の凝固点が低くなる現象であり、その値はモル分率に依存している。個体から液体へと状態変化する際に観測される融点降下は、先行研究により、モル分率だけに依存せず、分子構造の影響も受けるといったことが明らかとされているが¹⁾、その逆である凝固点降下も同じように分子構造の影響を受けるのかについては不明である。そこで、本研究では、凝固点降下は分子特有の性質に影響されるのかを明らかにすることを目的とした。

【実験】

実験では、物質の水素結合に着目し、また、カルボキシ基以外の構造の相違点をもとに物質を選択した。

ギ酸(凝固点:8.8°C)、酢酸(凝固点:16.6°C)、アクリル酸(凝固点:14.0°C)を用いた。試験管に試薬2種類を混ぜた混合溶液を作成し、削った氷に塩を混ぜたもので冷却しながら、デジタル温度計を用い温度変化を測定した。図1に測定時の様子を示した。また、酢酸:ギ酸、酢酸:アクリル酸、アクリル酸:ギ酸と混合する試薬を3パターンに分け、溶質の割合を5%、10%...と5%ずつ段階的に変化させていき、また、一つの比率につき合計4回測定した²⁾。

また、測定したデータから凝固点降下度を求めた後、凝固点降下法を用い、溶質の分子量を凝固点降下度から求めた³⁾。分子量を求める際に用いた式(1)を下部に示した。

$$M = K_f \times \frac{\Delta t}{\Delta t} \cdots (1)$$

ここで、 K_f と Δt はそれぞれモル凝固点降下定数と凝固点降下度、 g は溶媒1kg中の溶質の質量、 M は溶質の分子の分子量を示している。

【結果】

図2~図4は、それぞれギ酸、酢酸、アクリル酸を溶質とし、溶媒は溶質とした物質以外の物質とした。それらを選択したときの濃度変化と計算上の分子量の関係を示した。図の縦軸は分子量を示しており、また横軸は溶質の質量パーセント濃度を示している。図に表示されている点は、それぞれの溶媒上で算出された分子量の平均値と誤差範囲を示している。また、図上の線は、各分子の分子量の理論値を示した線である。

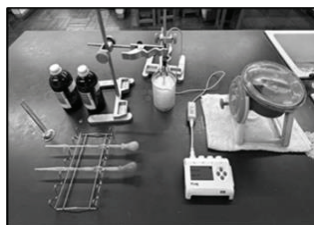


図1 測定時の様子

図2 酢酸を溶質とした場合の溶質濃度と分子量との関係性

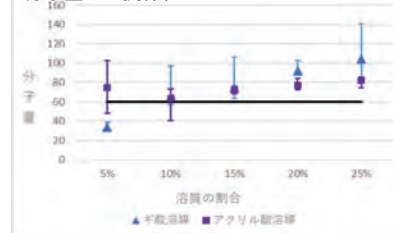
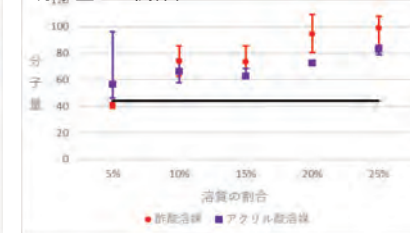


図3 ギ酸を溶質とした場合の溶質濃度と分子量との関係性



【考察】

図2~図4を比較すると、溶質が5%であるとき、分子量の値が理論値よりも下回ることや、一部の誤差範囲が極端に大きい値を示していることが確認されるが、これは溶質の割合が極端に少ないために、混合溶液の凝固が不安定になったためと考えられる。

また、溶質の濃度が20%を超えると、15%以下の時と比較して分子量が理論値から大きく離れることが確認されるが、これは溶質の濃度が増加するにつれて、溶質の分子同士で会合体を構成しやすくなったためだと考えた。

一方図2ではギ酸を溶質とした場合に、計測上の分子量が理論値よりも極端に離れていることが確認されるが、この変化は物質の誘電力の差にあると考えた。ギ酸の誘電力は酢酸、アクリル酸と比べて非常に大きく、また、酢酸、アクリル酸は疎水基を持つなど、ギ酸と比べて構造が複雑であるため、ギ酸は今回使用した他の物質よりも混合溶液中で会合体を構成しやすい性質を持つと考えた。

以上のことから、凝固点降下という現象には単に物質のモル分率だけでなく、物質特有の構造や性質も関与するといったことが示唆された。

【参考文献】

- 1) 融点降下に与える分子構造の影響
戸張 衣純、堀口 誠太、山口 悟 student chemistry (2023), 2, 40-44
- 2) 凝固点降下の実験-数研出版
<https://www.chart.co.jp/subject/rika/scnet/50/Snet50-2.pdf>
- 3) ニューステージ化学図表(2019),浜島書店

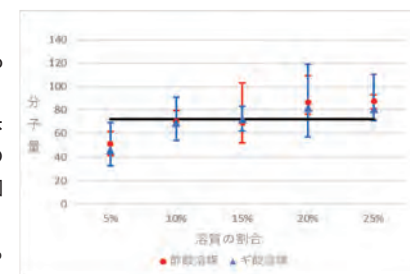


図4 アクリル酸を溶質とした場合の溶質濃度と分子量との関係性

カメラによる化学発光の簡易測定

玉川学園中学部 1年 近藤悠成

1. はじめに

ルミノール反応とは化学発光の一種で、アルカリ条件下でルミノールが Fe^{3+} を触媒として H_2O_2 に酸化されることによって青白い光を発する現象である。本研究は、ルミノール反応の発光強度を簡易測定する方法を確立することを目的として始めた。なぜなら、ルミノール反応は反応物の物質質量に応じて発光度合いが変化するという特性を持っているため、ルミノール反応の発光強度を測定することで物質質量の定量が可能だと考えられる。しかし、発光を測定する機器は高価であり、手軽に測定できる方法を開発したいと考えたからである。

2. 研究の方針

本研究では、簡易測定を行うための機器としてカメラを選んだ。理由は、カメラは比較的手頃な価格で入手しやすく、簡易測定に適していると考えたためである。暗室で A 液（ルミノール 0.03g と 0.4mol/L Na_2CO_3 aq 30mL）に B 液（0.1mol/L ヘキサシアニド鉄(III)カリウム aq 30 μL と 0.3%過酸化水素水 30mL の混合液) を注ぎ、ルミノール反応を行い、カメラで撮影した(図 1)。その動画を静止画にし、それを解析することで発光の数値化を試みた。



図 1 実験・動画撮影のセット

3. 使用する指標の決定

カメラを用いて発光強度を評価するためには、彩度や明度などのデータを光の強さの指標として扱う必要がある。そこで、彩度か明度のうちどちらが発光強度に相当するかを確かめることに

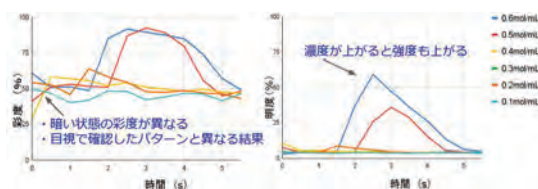


図 2 塩基の濃度を変えた場合の「彩度：左」と「明度：右」の比較

した。0.1~0.6mol/L Na_2CO_3 水溶液でルミノール反応を行い、撮影した画像から彩度と明度を取得し、グラフ化した(図 2)。結果、暗い状態のとき、明度は明確に低下したが、彩度は散らばっていることが分かる。また、明度は濃度の上昇とともに発光強度が増加した。よって、明度は発光状況を忠実に再現したため、指標として使用することにした。

4. 発光総量の相対エネルギーを求める①

3 と同様に実験を行ったところ、 Na_2CO_3 水溶液の濃度が同じでも、B 液を加える速度によって、明度の最大値や発光時間が変化した。そこで、発光強度の比較には、明度の時間変化を表すグラフの面積を求めると良いと考えた。これは、B 液を速く加えると明度の最大値は増加するが発光時間が短く、遅く加えると明度の最大値は低下するが発光時間が長くなり、これらのグラフの面積は近い値となると考えたからだ。以降、グラフの面積を「発光総量の相対エネルギー」と呼ぶ。

結果は表 1 のようになり、発光総量の相対エネルギーは一致しなかった。これは、カメラの自動補正によって明るすぎる光を制限している可能性があるためだと考え、検証した。

表 1 B 液の入れ方による比較

H_2O_2 の入れ方	発光総量の相対エネルギー
速く入れた場合	152.3
遅く入れた場合	213.2

5. カメラの補正の確認

カメラの自動補正が起こっているかを確認するため、図 3 の装置で 10mA ずつ光源を明るくして、光センサとカメラで検出される値を比較した。結果は、自動補正が働くカメラでは、ある明るさを超えると明度が制限され、自動補正が働かないカメラでは、光センサと同様に電流にほぼ比例して明度が上昇した(図 4)。今後は、自動補正のないカメラを使用することにした。

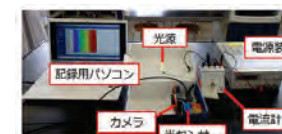


図 3 測定装置

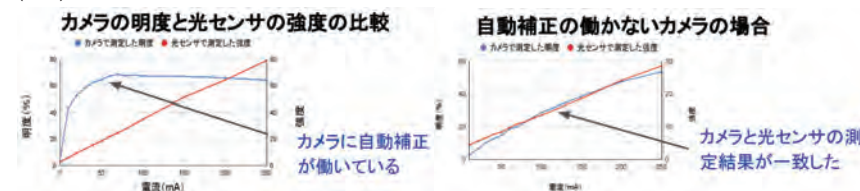


図 4 自動補正が働くカメラ (左) と補正が働かないカメラ (右) の比較

6. 発光総量の相対エネルギーを求める②

表 2 B 液の入れ方による比較 (再実験)

補正のかからないカメラで再実験した。結果、実験 4 より近い値になったものの、完全に一致したとは言えなかった(表 2)。その理由は、B 液(過酸化水素水)を加えると全体の体積が増えるため、A 液(ルミノールと Na_2CO_3 水溶液)の濃度が低下し、発光強度が低下する。B 液をゆっくり入れるとその影響を受けやすいと考えた。よって、B 液は一気に入れるように統一することにした。

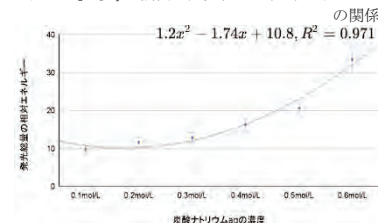
H_2O_2 の入れ方	早く入れた場合	中間の速度	遅く入れた場合
発光総量の相対エネルギー	82.0	72.3	67.8

た。結果、実験 4 より近い値になったものの、完全に一致したとは言えなかった(表 2)。その理由は、B 液(過酸化水素水)を加えると全体の体積が増えるため、A 液(ルミノールと Na_2CO_3 水溶液)の濃度が低下し、発光強度が低下する。B 液をゆっくり入れるとその影響を受けやすいと考えた。よって、B 液は一気に入れるように統一することにした。

7. 塩基の濃度と発光総量の相対エネルギーの関係

実験 6 までを踏まえて、最適だと分かった実験条件で、 Na_2CO_3 水溶液の濃度を 0.1~0.6mol/L でルミノール反応を行い発光総量の相対エネルギーを比較した。結果、図 5 のようになった。発光総量の相対エネルギーが Na_2CO_3 水溶液の濃度の二乗に比例した理由は、発光時間と発光強度の両方が増加したことで、面積である発光総量の相対エネルギーは二乗に比例したと考えられる。

図 5 Na_2CO_3 aq の濃度と発光総量の相対エネルギーの関係



8. まとめ

補正のかからないカメラで明度を明るさとしての指標として使用し、発光総量の相対エネルギーを求めることにより発光強度の測定ができることが分かった。

電子レンジを用いた青銅の生成と成形

茨城県立土浦第一高等学校附属中学校

○矢野新 ○高橋寛明 ○清野陽太 ○宇佐美唯斗 ○神山琉貴 ○横山凌

1. 背景と目的

本校科学部では、これまでに電子レンジを用いた「電子レンジ製鉄」や、銅と錫の合金である青銅の生成に関する研究に取り組んできた。これらの研究では、生成過程で使用する添加物（水分子を含む活性炭や松炭など）が、電子レンジによるマイクロ波加熱をどのように促進するのかを探究してきた。しかし、添加物が炉内温度に与える影響や、その最適な種類と量については、未だ十分に解明されていない。そこで本研究では、合金生成時に加える添加物の種類と量を検討し、炉内温度を効率的に上昇させる方法を探ることを目的とした。また、より高品質な青銅を生成し、それをを用いて地元・茨城県をかたどったブロンズ製オブジェの制作に取り組み、オブジェの形状を正確に再現し、美しく仕上げるため、型の精度向上にも注力した。これらの活動を通じて、電子レンジによる合金生成の新たな可能性を探究することを目指した。

2. 方法

金属は、銅 12.4 g、錫 5.6 g を混ぜた混合物 18 g、炭素は松炭もしくは活性炭を用いた。また、電子レンジは最大出力 1000 W の家庭用単機能モデル、用いた砂は霞ヶ浦の沿岸から採れた砂、反応容器はアルミ製のるつぼ、断熱容器は丸越工業製の高温雰囲気用耐火断熱れんが GM-160 をボール盤で加工して自作したものをを用いて実験を行った。型などに使った粘土は道具土と呼ばれる耐火性に優れたものを使用した。

【反応前準備と操作】

アルミなるつぼの内壁に道具土を数 mm の厚さで貼り付け、電子レンジで加熱乾燥させた。炭素粉末上に原料をのせた後にふた（アルミ製）をし、るつぼの外側全体に道具土を数 mm の厚さで貼り付けた。断熱れんがの溝の中に入るつぼを入れ、隙間にアルミセラミックファイバーを詰めて同じく溝をあげたれんがを用いて蓋をした。電子レンジに入れ、900W で 3分を 6回、連続運転で 18 分間の加熱を行った。

【方法①】

使用する添加物を (a) 活性炭、(b) 松炭、(c) 砂で変化させて、電子レンジ内でマイクロ波加熱を実施した。

【方法②】

使用する松炭の量を (d) 1.0 g、(e) 2.0 g、(f) 3.0 g と変化させて、【方法①】と同様に電子レンジ内でマイクロ波加熱を実施した。

【方法③】

道具土のみで作った型 (型 A) と、砂をすりつぶし、ふるいにかけてのものと道具土、水を混ぜて作った混合物で成形し、水を蒸発させて固めて作成した砂型 (型 B) の 2 種類の型を作成した。松炭 2.5 g を使用し、【方法①】と同様にして電子レンジ内でマイクロ波加熱を実施した青銅を、それぞれの型に流し込んだ。



図 1. 茨城県



図 2. 方法③で使用した型
(左：道具土のみ(型 A) 右：砂型(型 B))

3. 結果と考察

【方法①】

(a)、(b) では結果に大きな違いは見られず、色や形状に問題のない青銅を生成することができた。しかし、(c) の炭素がない状態では、錫の形は変化していたが銅の形は変化せず、青銅は得られなかった。このことから、砂は炭素に比べ加熱されにくく、十分な温度に達しなかったと考えられる。

【方法②】

(d) と (f) を比べると、(d) のほうが表面は滑らかであり、これは不純物である松炭が少なかったからであると考えられる。また、(d) では底面に黒っぽく尖った物質ができていて、(f) では底面が滑らかであったことから、(d) では、銅と錫が反応しきれず、残ってしまったと考えられる。



図 3. 方法②で得られた青銅
(左から順に、松炭の量 (d) 1.0 g、(e) 2.0 g、(f) 3.0 g)

【方法③】

(型 A)、(型 B) どちらも、オブジェの形状の精密さに大きな相違点は見られなかった。しかし、粘土の水分が抜けることで型が縮まり変形してしまう (型 A) とは異なり、(型 B) は砂を入れたことで型の形が変化しにくくなった。それにより、複雑な形の生成物を生成できるようになった。

4. 参考文献

藤田繁浩、愛媛県総合科学博物館研究報告、No. 8, 1 (2003)

5. 謝辞

本研究は、中谷医工計測技術振興財団の科学教育振興助成を受けたものです。

デデンデンデン発電電

～高層培地発電装置を用いた発電菌の理想環境の調査～

東京都立多摩科学技術高等学校 森 源太

1. はじめに

土壌中には多数の微生物が生活しており、中には自身の代謝によって生じた電子を放出するものもある。そのような菌を発電菌という。この発電菌は嫌気環境下を好む菌でありそのため、有機物を多く含んだ田んぼや湖沼に多く存在している。田んぼや、湖沼に電極を準備するだけで発電ができ、また、有機物を分解する性質も併せ持つため、微生物燃料電池 (MFC) として排水処理技術やエコロジータナエネルギー源として注目されている¹⁾。

発電菌を利用した電池は土壌に直接アノード電極を埋め、土壌の上にカソード電極を埋めることで発電するが、どのような物質を代謝し、発電しているかはこの方法で判断することが困難である。

本研究では、この発電菌の発電環境を嫌気性菌が好む培地成分、環境を整えてあげれば、発電機構を確かめるために有益になるのではないかと考えのもと実験手法の確立をするために行ったものである。

2. 目的

高層培地中にアノードを設置し、嫌気性菌が好む培地成分を与えることで、発電菌の発電と窒素源 (NH_4^+ 、 NO_3^-) の変遷を確かめる。

3. 仮説

高層培地は発電菌を育てるのに有利な環境であり、成分変化を確かめることにより、どのような成分を代謝して発電しているのか、敷いては発電効率を上げることにつながる。

4. 方法

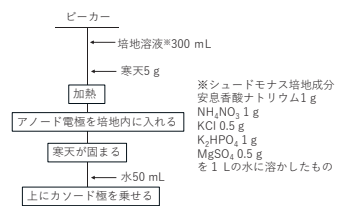


図1 培地の作成

培地の成分はシュドモナス (通性嫌気性菌) の培養に用いられるものを用いた。図1のフローチャートに従って培地を作成した。電極にはカーボンファイバーフェルトを用いた。作成した培地に都立石神井公園の協力の元、公園内の池の土壌の懸濁液をパストゥールピペットを使用して培地に差し、アノード付近に注入した。注入後、電極をつなぎ、回路には10 kΩの抵抗をつけ、常に発電している状態を作った。

同様の構成の装置を多摩科学技術高校の中庭でとった土の懸濁液に変えたものと培地成分を含まない寒天のみに石神井公園の土の懸濁液を注入したもの、寒天濃度を1%にして石神井公園の土の懸濁液を注入したものも作り同様にインキュベータ内に入れ25℃に設定されたインキュベータ内に入れ、1日1回電圧の測定を行った。その状態を図2に示す。

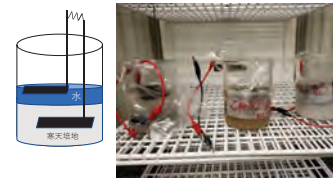


図2 電池の構成

各装置の上層の水を時々採取し、イオンクロマトグラフで NH_4^+ 、 NO_3^- 、 NO_2^- の測定を行い、発電とこれらの窒素源の酸化還元反応の進行と同期しているかを確かめた。

また、測定期間後の電極の表面を電子顕微鏡で観察した。

5. 結果と考察

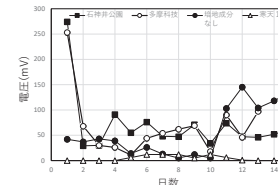


図3 サンプルごとの電圧の変化

電圧の変化を図3に示す。実験開始直後に電位を図ったところ、石神井公園、多摩科技のサンプルで高い電圧が検出されたが、培地成分なしと寒天1%のものでは見られなかった。寒天1%の電池はほぼ、固まらず、粘度の高い液状であったことから、寒天層から水相に電解質成分が移動することによる濃度勾配によって起こったことだと考えられる。石神井公園の土壌では3日目から、多摩科技の土では6日目から徐々に安定して50~90 mVの電圧が検出された。発電菌の代謝には電子を電極に放出する必要があるため、アノード極に集まる必要があるが、それま

では時間のラグがあるためである。

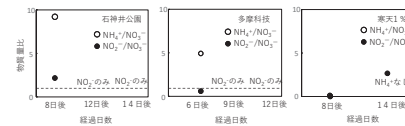


図4 無機窒素成分の変遷

寒天1%の電池はほぼ発電しなかった。発電菌は嫌気性菌であるため、酸素が混合した環境下では活動ができない。粘度の高い液体の培地では酸素の混合が起き、発電菌が活動しにくいものと考えられる。

水相のイオンクロマトグラフの結果を $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ の物質濃比として図4に示した。

この培地での反応に窒素源がかかわっていなければ、培地の成分として入っていた NH_4NO_3 由来の NH_4^+ 、 NO_3^- が1:1となるはずだが、発電し始めて8日目の石神井公園の電池は NH_4^+ 存在割合が大きくなる傾向を示した。この結果は培地内の NO_3^- が還元されていることを表しており、また $\text{NO}_2^-/\text{NO}_3^-$ の値から NO_2^- の存在割合も増えている結果が得られた。

その後12日目以降に測定したイオンクロマトグラフの結果では NH_4^+ 、 NO_3^- は検出できず、 NO_2^- のみが顕著に検出された。寒天1%では8日目の測定時点で NH_4^+ が培地中から検出できなくなっており、酸化雰囲気であったことがここからもわかる。

培地成分を含んでいない電池で10日目を過ぎたところから0.1 mV程度の発電が検出され始めた。飢餓状態で、寒天を分解しながら発電する菌がいる可能性があるが、他の電池同様イオンクロマトグラフによる測定に加えて、寒天しか入っていないことから糖の分析も行って見たが、何も検出されなかった。今後この飢餓状態の菌の発電についても調査したい。

6. 参考文献

1) 高岡大造ら 実験力学、2021年、Vol. 21、No. 1、pp. 23-29

鉄さびを用いた色素増感太陽電池の作製
立教池袋高等学校
高橋 頼彬

1. はじめに

色素増感太陽電池には光触媒として知られるアナターゼ型の二酸化チタンが使われている。昨年度、先輩が δ -オキシ水酸化鉄も光触媒として利用でき、色素増感太陽電池にも応用できることを報告した¹⁾。今回は性能向上を目的にまず二酸化チタンを使用した色素増感太陽電池の電解液や色素の条件を変えて、次に δ -オキシ水酸化鉄への応用を目指した。

2. 実験方法

二酸化チタンを用いた色素増感太陽電池の作製と測定方法

- 酸化チタンペースト²⁾を導電性ガラスに塗布し、130°Cで15分加熱後、450°Cで40分焼成した。
- 濃度 3.0×10^{-3} mol/LのエオシンY(EY)のエタノール溶液に一晩浸して負極を、別の導電性ガラスにガスバーナーで煤付けをして正極を作製した。
- 正極と負極の間に隙間ができるようにマスキングテープを貼って組み合わせ、隙間から電解液を注入して電池を作製した。
- 作製した電池にUV(Long 365 nm)及び、LED照射時の解放電圧と短絡電流の値を測定した。

実験 1. 電解液の溶質の検討

- 溶媒に炭酸プロピレン²⁾を用いて I_2 0.050 mol/L、KI 0.50 mol/Lの濃度で調製した電解液を用いて電池を作製した。
- 溶媒に炭酸プロピレンを用いて Br_2 0.050 mol/LとKBr、NaBr、LiBrをそれぞれ0.50 mol/Lの濃度で調製した計3個の電解液を用いて電池を作製した。

実験 2. 色素の検討

- 実験1で使用した炭酸プロピレンにLiBrが溶けた電解液で測定した。
- 濃度 3.0×10^{-3} mol/Lのフルオレセイン(FI)のエタノール溶液に一晩浸した負極と、それぞれの濃度が 1.5×10^{-3} mol/LのEYとFIが混合している溶液に一晩浸した負極で解放電圧と短絡電流の値の測定を行った。

実験 3. δ -オキシ水酸化鉄を用いた色素増感太陽電池の作製

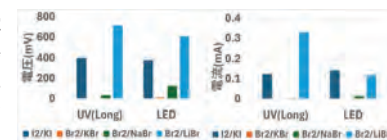
以前報告した際の作製方法¹⁾からペーストの添加物をポリエチレングリコールからメチルアルコールに、焼成温度を450°Cから100°Cに、電解液の溶媒を水から炭酸プロピレンに、色素をローダミンBからEYに、煤付けをろうそくからガスバーナーに変更して以下の方法で色素増感太陽電池を作製した。

- 硫酸鉄(II)を水酸化ナトリウムに反応させたのち、過酸化水素を用いて急激に酸化させて δ -オキシ水酸化鉄³⁾を合成した。
- δ -オキシ水酸化鉄に少しずつメチルアルコールを加えて30分攪拌し、導電性ガラスに塗布して100°Cで15分加熱した。
- 濃度 3.0×10^{-3} mol/LのEYのエタノール溶液に一晩浸して負極を作製し、二酸化チタンを用いたときと同様の方法でセルを組み立てた。
- 炭酸プロピレンを溶媒とするヨウ素を用いた電解液と、LiBrを用いた臭素を用いた電解液の2種類で測定を行った。

3. 実験結果と考察

実験 1. 電解液の溶質の検討

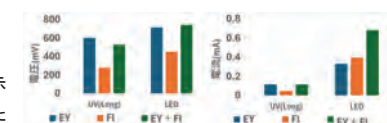
グラフ1に電解液を変えた場合の電流・電圧を示す。電解液の溶質に $Br_2/LiBr$ を用いたものは I_2/KI を用いた場合より電流・電圧値が高かった。 Br_2/KBr 、 $Br_2/NaBr$ を用いている電解液は I_2/KI を用いた電解液より値が低く計測された。LiBrは溶媒に溶けきったがNaBr、KBrは溶け残りがあった。このことから、電子を移動させる Br^- がLiBrは他の用いた臭化物塩より多く存在し、大きい電流値が得られたと考えられる。また、臭素はヨウ素より酸化力が強いいため負極に対する電位差が大きくなり、ヨウ素より臭素を用いている $Br_2/LiBr$ の電解液の方が高い電圧値が得られたと考えられる。



グラフ1 電解液を変えた場合の電流・電圧

実験 2. 色素の検討

グラフ2に色素の条件を変えた場合の電流・電圧を示す。EYやFIのみ用いた場合と比べて色素を組み合わせた場合は電流が倍近く計測された。電池内の電子の流れをエネルギー準位図として図1に示す。色素は二酸化チタン表面のヒドロキシ基と色素のカルボキシ基がエステル結合することで吸着する⁸⁾とされている。今回使用した色素はカルボキシ基を持っていたため、図1の経路2に示す吸着した色素同士で電子の受け渡しが起こって、結果として組み合わせの方が大きい電流値が計測できたと考えられる。また、FIは図1を見ると酸化チタンに比べて標準電極の値が小さいため、電子が流れないはずだが、実験では電流が測定できた。このことから溶媒や条件の違いで図1に示されている値が変動する可能性があると考えられる。



グラフ2 色素を変えた場合の電流・電圧

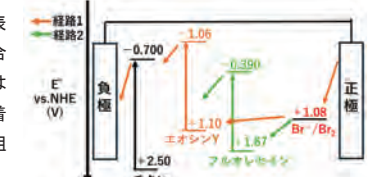
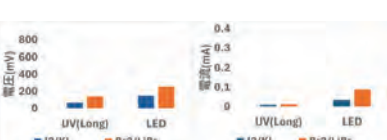


図1 エネルギー準位図
二酸化チタン⁴⁾、EY⁵⁾、FI⁶⁾、臭素⁷⁾の値は文献より引用

実験 3. δ -オキシ水酸化鉄を用いた色素増感太陽電池の作製

昨年度の報告した電解液の溶媒に水を使用している δ -オキシ水酸化鉄の色素増感太陽電池¹⁾ではLEDで15.8mV、6.3 μ Aが、UV(Long)で20.6mV、8.6 μ Aが計測された。グラフ3から電解液に有機溶媒を使用している色素増感太陽電池の方が測定できた値が高くなった。溶媒が水だと吸着した色素がはがれてしまい、LED照射時に十分な発電が得られないため溶媒に有機系を用いたことで性能が向上したのだと考えられる。今後は再現性を確認していきたい。



グラフ3 δ -オキシ水酸化鉄を用いた場合の電流・電圧

4. 参考文献

- 初田 全彦、2024、「鉄光触媒の可能性」、清流の国ぎふ総文 2024 自然科学部門
- 若狭 信次、2010、『手作り太陽電池のすべて 色素増感太陽電池を作ろう』、パワー社 p21~p30、35
- Junyu Fan et al. RSC Adv. 2008, 8, 7269-7279
- Iyad Karamé et al. Hydrogenation. 2012. Chapter 12
- Fabian Herbrink et al. Appl. Sci. 2020, 10, 5596
- Lan-Ya Cheng et al. RSC Adv. 2012, 2, 4623-4626
- Shigeru Kohtani et al. Hydrogenation edited by Iyad Karame. InTechOpen. 2012. Chapter 12
- 荒川 裕則、2004、表面技術 vol.55, No.12, 2004 p137~142

カゼインプラスチックの加工性向上

東京都立多摩科学技術高校

○佐々木奏大 ○島井悠佳 ○今木芹那 ○宇田川ほの香

1. 背景

カゼインプラスチックは牛乳由来のタンパク質で作られ、長年にわたりプラスチック素材として利用されてきた。しかし、その加工性や耐水性の向上が課題であった。本研究では、カゼインに可塑剤を加えることでこれらの問題を改善することを試みた。使用した可塑剤は、ラウリン酸、グリセリン、エチレングリコールの3種類であり、それぞれの効果を検証した。

○可塑剤の役割と種類

可塑剤はプラスチックに柔軟性を与える添加物である。カゼインプラスチックに適用することで、加工性や使用感の改善が期待される。

・ラウリン酸

高級脂肪酸の一種であり、カゼインプラスチックに柔軟性を付与する効果が期待される。

・グリセリン

三価アルコールの一種で、柔軟性を高める効果がある。

・エチレングリコール

ジオールの一種であり、グリセリンと同様に柔軟性を高める効果を持つとされる。

2. 実験内容

実験1: カゼインプラスチックの調製

スキムミルクに酢酸を加えて pH4.5 に調整し、沈殿したカゼインを回収した。このカゼインにラウリン酸、グリセリン、エチレングリコールをそれぞれ加え、可塑剤の影響を調査するサンプルを作成した。

実験1の結果

・ラウリン酸を加えたサンプルは混合が不十分であり、乾燥後に粉っぽくなり、ひび割れが多発した。

・グリセリンを加えたサンプルは10%の配合で良好な結果が得られたが、20%、30%では乾燥中にひび割れが生じた。

・エチレングリコールを加えたサンプルは10%、20%ともにひび割れが発生せず、良好な結果を示した。

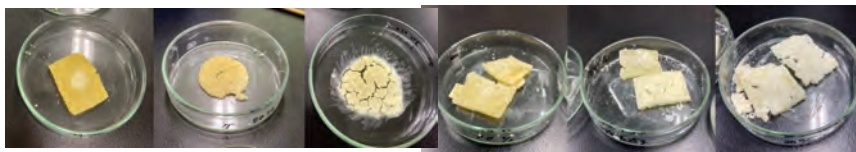
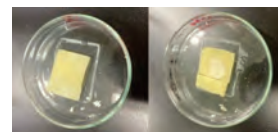


図1 グリセリンを加えたサンプル

図2 ラウリン酸を加えたサンプル

図は左から10%、20%、30%である。(エチレングリコールは30%を行っていない)



実験2: 柔軟性と耐水性の検証

サンプルの柔軟性は指で限界まで曲げることで評価し、耐水性は純水に1時間沈めてその変化を観察した。

実験2の結果

・ラウリン酸を加えたサンプルは混合が不十分で、柔軟性

図3 エチレングリコールを改善できず曲げられなかった。耐水性は無添加のものと同様に変わらなかった。

・グリセリンを加えたサンプルは10%で柔軟性が向上したが、20%、30%ではもろくなってしまった。また、耐水性は低下した。水に浸した後は表面がふやけた状態であった。

・エチレングリコールを加えたサンプルは10%でグリセリンよりも優れた柔軟性が得られた。しかし20%では硬くなってしまっていた。耐水性はグリセリンと同様に低下し、水に浸すと柔らかくなり表面がふやけた。

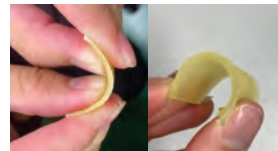


図4 柔軟性評価(左グリセリン 右エチレングリコール)

ラウリン酸



グリセリン



エチレングリコール



左から10%、20%、30%

図5 水浸漬後の各サンプル

3. 考察

固体である可塑剤のラウリン酸を溶かし、液体にして混ぜてからサンプルを作製したが、乾燥後にラウリン酸が固体に戻ったことによりカゼインプラスチックが粉っぽくなってしまったのではないかと考えられる。

グリセリンを使用した時より、エチレングリコールを可塑剤として使用したほうが、調整されたカゼインプラスチックに柔軟性が見られた理由について、エチレングリコールのほうが炭素の鎖が小さく、質量あたりの分子数が多いためカゼインの分子間に入る量が多いためであると考えられる。

エチレングリコールの混合割合が10%のサンプルの方が20%のサンプルと比較して柔軟性が見られたことから、混合割合が20%より低い値でサンプルの柔軟性向上に適した割合があると考えられる。

4. 今後の展望

本実験で使用したラウリン酸、グリセリン、エチレングリコール以外の可塑剤を用いてサンプルの作製を行い、柔軟性、耐水性の観点で比較したい。

エチレングリコールの混合割合を10%~20%間で細かく比較し、柔軟性の向上に適した割合を模索したい。

5. 参考文献

「カゼインプラスチックの形状について」静岡県立清水東高等学校

(閲覧日 令和7年1月24日)

<https://gakusyuu.shizuoka-c.ed.jp/science/sonota/ronbunshu/R3/213036.pdf>

短誘導期ブルーボトル反応の実現とその条件 ～『楽しく』『安全に』子どもたちが実験できるように～

千葉県立長狭高等学校
○齊藤総志 鈴木健介

1 研究概要

ブルーボトル反応(図1)【以下 BBR】は、容器(ペットボトル)内の水溶液を振り混ぜることで、青色と無色に変える反応である。実験教室などでよく紹介されるが、高濃度の水酸化ナトリウム【以下 NaOH】(図3)水溶液を使用する点と、無色に戻るのに時間がかかる点が、課題であった。本研究では、酸化状態のメチレンブルー(図2)【以下 MB】(青色)から、還元状態のロイコメチレンブルー【以下 LMB】(無色)への変化にかかる時間を本研究では「誘導期」と呼ぶ。

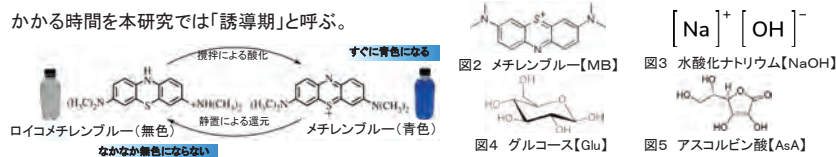


図1 メチレンブルーの呈色変化と酸化還元の関係

昨年度、NaOHとグルコース【以下 Glu】(図4)の濃度を大きくすることで、誘導期を短縮できたが、実験教室のテーマとしては危険であるため、アスコルビン酸(ビタミンC)【以下 AsA】(図5)を添加し、NaOHの濃度を先行研究の約 10%に抑え、誘導期を短縮することができた。しかし、水溶液の青白濁や、繰り返し回数減少という課題が残った。

2 研究目的

アスコルビン酸のブルーボトル反応への作用を解明し、以下の課題を解決することで、「子どもたちが、『楽しく』『安全に』体験できる短誘導期ブルーボトル反応を実現する。」ことを、本研究の目的とした。

解決すべき課題

- ① 短時間に無色に戻る。(誘導期を 30 秒程度に短縮する。)
- ② 低濃度のNaOHの水溶液を用いる。(0.75 mol/L→0.075 mol/L 程度に希薄化する。)
- ③ 水溶液が青白濁しない。
- ④ 繰り返し回数の確保(10 回程度の繰り返しを。)

3 実験方法(図6、図7)

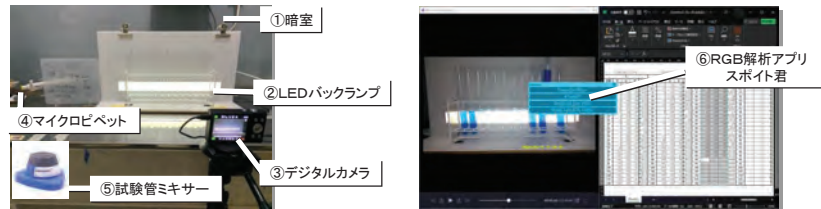


図6 実験装置

図7 実験装置とRGB解析

4 実験・結果

昨年度の実験A～Jにより、薬品の濃度と液性および誘導期の関係について調査・考察を行った。

◎MB、Glu、NaOHの組み合わせで、低濃度のNaOHを使用しながら、誘導期を短縮させることは不可能であると判断し、食品添加物として利用されている還元剤(AsA)の添加を試みた。しかし、青白濁と繰り返し回数減少という課題が残った。

実験A～Jは、追実験のため省略

実験K 使用薬品を2種類混合し、白濁が生じるかを確認し、その原因を調べた。

結果:どの組み合わせも、白濁を生じることはなかった。(図8)
どの組合せ、どの濃度比においても白濁を生じなかった

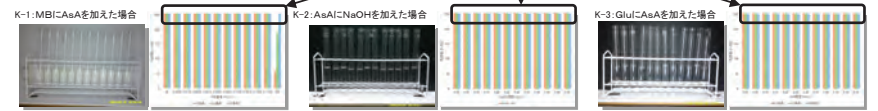


図8 RGB解析による白濁の発生確認

考察:MB、Glu、NaOH、AsAが揃うことで、白濁を生じると判断できた。

◎ MB溶液を調製する際にEtOHに溶解させてから、水で濃度調整することから、EtOHにMBの分解抑制能力があると考え、添加することにした。

実験L AsAを含むBBR溶液へEtOHを添加し、誘導期の変化と白濁の生成について調べた。

薬品: MB:0.00006 mol/L
Glu:0.100 mol/L
NaOH:0.050 mol/L
AsA:0.000050 mol/L
EtOH:0.00~2.86 mol/L

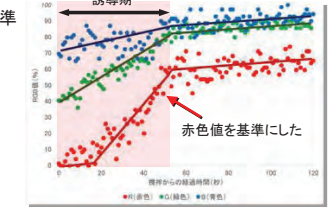
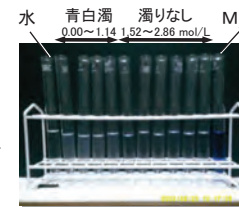


図9 EtOHを加えたBBRの青白濁とRGB値の変化

結果:EtOH1.52 mol/L 添加することで、白濁を抑制できた。(図9)

EtOHの添加によって、誘導期がやや延長(約 40 秒→約 50 秒)されることが確認された。

5 考察

青白濁の原因は、塩基性環境下でAsAがMBを変性させていたからであると結論づけた。

繰り返し回数増加は、EtOHの添加により緩和することができたが、誘導期の延長が見られた。

一般的なBBRの薬品濃度

MB	0.000060 mol/L	誘導期 25 秒
Glu	0.75 mol/L	
NaOH	0.75 mol/L	
AsA	不使用	
EtOH	不使用	

長狭高校科学部のBBRの薬品濃度

MB	0.000060 mol/L	誘導期 50 秒
Glu	0.100 mol/L	
NaOH	0.075 mol/L	
AsA	0.00005 mol/L	
EtOH	2.475 mol/L	

図10 一般的な薬品濃度と本校科学部の薬品濃度の誘導期比較

6 結論と今後の展開

本研究によって、「子どもたちが、『楽しく』『安全に』体験できるBBRを実現する。」条件を見つけることができた。さらに現在、以下のような実験結果が得られており、本研究の結果以上の「誘導期の短縮」「青白濁の抑制」「繰り返し回数増加」を望める可能性がある。

- ① 希薄なNaOHとGlu水溶液に最適な濃度比があり、誘導期が約 100~120 秒であるという結果を得ている。
- ② ①の溶液に、AsAを加え誘導期の短縮を得た、繰り返し回数減少と水溶液の赤濁が見られた。
- ③ ②の溶液に、EtOHを加えると、誘導期はやや延長したが、繰り返し回数は増加した。

7 参考文献

- 1) 国立大学55工業系学部 <https://www.mirai-kougaku.jp> (2023.04.23 検索)
- 2) 川添憲、篠原史也「ブルーボトル反応における溶液劣化の研究」徳島県立城南高等学校3年
- 3) 田村定義「色が消えても振れば元どおり～魔法の青い液体～」慶應義塾女子高等学校

割り箸からより良い紙を作れるのか

富士見中学校 ○平澤 由菜 ○石田 風沙 ○水野 さくら

1. はじめに

近年多くの紙を作る木材などの資源が不足している現状がある。そこで私たちは、身近にある割り箸という木材資源に注目し、割り箸から紙を作り、耐久性があり書き心地の良い紙を作ることを目指して実験した。

2. 方法

まず、割り箸を普通の鉛筆削りで削ったもの (A~C)、割り箸をカッターで削ったもの (D)、割り箸を水で濡らして削った後乾燥させたもの (E)、芯を長めにする鉛筆削りで削ったもの (F)、芯を短めにする鉛筆削りで削ったもの (G)、すりつぶす操作⑤をしなかったもの (H)、をそれぞれ用意する

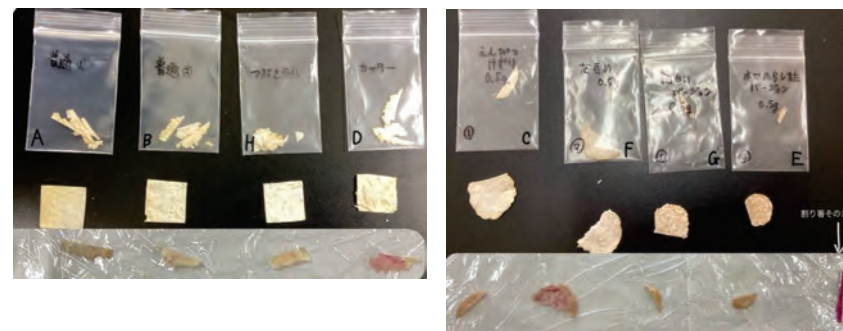
- ①割り箸を 0.5g 量り、それぞれ別の 100mL ビーカーに入れる
- ②ハイターと水をそれぞれ 10mL 入れる
- ③30 分間ホットプレートで加熱する
- ④ガーゼを用いて一度絞り、水気を取ったのち水洗する
- ⑤乳鉢に移し乳棒で滑らかになるまですりつぶす ※ここで一つすり潰さないでおく
- ⑥金網の上にすりつぶした物を広げる
- ⑦ホットプレート上で乾燥するまで加熱する
- ⑧100mL ビーカーにエタノール 50mL とフロログルシン 1g をいれる
- ⑨攪拌した後、塩酸 25mL を入れる
- ⑩紙に利用する前の筆の削りかすと、利用して作成した紙にフロログルシン塩酸塩を滴下する

※フロログルシン塩酸塩は、リグニンに反応して濃いピンク色に変化する。リグニンが検出されなかった紙は強度が高い紙である。

3. 結果

実験結果は以下の表のようになった。

削り方	A	B	C	D
書き心地	やや書きやすい	やや書きやすい	書きにくい	書きにくい
フロログルシン	少し反応した	反応した	ほぼ反応なし	多く反応した
色	白に近い	木目が残っているものの、かなり白に近い	白に近い	木目かなりあり、やや茶色い
削り方	E	F	G	H
書き心地	やや書きにくい	やや書きやすい	書きやすい	とても書きやすい
フロログルシン	反応なし	やや反応した	ほとんど反応しなかった	やや反応した
色	黒っぽい	とても白に近い	やや暗め	木目が残っており、少し暗め



4. 考察

割りばしの加工法の違いにより、どのような紙ができるのかを調べるために、鉛筆削りで削ったもの (A~C) を中心に、(D)(E)(F)(G)(H) の実験を以下の考えのもとに実施した。

割り箸をカッターで削ったもの (D) は、鉛筆削りで削ったもの (A~C) に比べ、割り箸を縦に削ることで繊維が長くなり、紙の強度が上がるのではないかと考えたからである。また、割り箸を水で濡らして削った後乾燥させたもの (E) は、鉛筆削りで削ったもの (A~C) に比べ細かい木屑が減り、より無駄なく紙に加工できるのではないかと考えたからである。芯を長めにする鉛筆削りで削ったもの (F)、芯を短めにする鉛筆削りで削ったもの (G) は、芯の長さの設定で割り箸を削る刃の角度が変わるため、紙に変化があるのではないかと考えたからである。すりつぶす操作⑤をしなかったもの (H) は、すり潰す操作をすることにより何か変化があるのかを調べるためである。

(B)や(H)と(C)、(E)の比較からわかるように、木目がある程度残っている方が書き心地が良い傾向にあるという結果になったものの、最も木が残っていたカッターで削った紙はあまり書き心地がよくなかった。薄く削った割り箸をあまりつぶさずに紙を作る方がより良い紙を作ることができると考えられる。また、よくすり潰されているものほど色が黒っぽくなる傾向にあるが、特に E や G など黒っぽいものは一度乾燥させ過ぎてしまっているため、その影響で紙が変質した可能性がある。

5. 今後の課題

今後は凹凸が少ない紙を成形する方法や、紙の色をより綺麗な白に近づける方法について検討していく。そのために、今後は薄い割り箸を重ねて紙を作ってみる、あらかじめ漂白剤に割り箸をつけてから加熱するなどの方法を試してみる。

6. 参考文献

日本分析化学専門学校 なるほどザ・化学室実験

<https://www.bunseki.ac.jp/naruhodo/experiment/expdetail.php?id=198> (12/23)

デンプンの加水分解における最適な固体酸触媒の研究

茨城県立緑岡高等学校 大久保美瑛姫 久米雄大 杉浦啓太 野口晃奨

※連名の場合は発表者の前に○印をつけてください

1. はじめに

近年、再生可能なエネルギー源としてバイオエタノールが注目されている。そこで私たちは、バイオエタノールの製造工程に含まれるデンプンの加水分解に着目した。なぜなら、この加水分解でより多くのグルコースを得ることができれば、最終的なエタノール生成量が増えると考えたからだ。本実験では、カーボン系固体酸触媒とケイ素系固体酸触媒を作成し、その触媒性能の比較を行った。

2. これまでの研究

カーボン系固体酸触媒の pH をろ過する前とろ過後に分けて pH 試験紙で計測した。また、この触媒を用いてデンプンの加水分解を行った。炭化デンプンのみの R、デンプンと炭酸ナトリウムの混合物の A、デンプンと炭酸カリウムの混合物の B、炭化デンプンと炭酸ナトリウムの混合物の C、炭化デンプンと炭酸カリウムの混合物の D を作成した。

R	A	B	C	D
酸性	塩基性	酸性	中性	塩基性

表 1 pH 測定 (ろ過前)

R	A	B	C	D
中性	中性	中性	中性	中性

表 2 pH 測定 (ろ過後)

固体酸触媒の分解性能は pH が低いほど高い (表 1、図 1)。ろ過後の pH が全ての触媒において中性であることと前述から、ろ過後、カーボン系固体酸触媒を再使用すると分解性能が落ちると考えられる。

3. 実験方法

3-1 固体酸触媒の作成

- 材料であるケイ素、二酸化ケイ素を 500℃ で 1 時間加熱し、放冷する。
- それぞれに濃硫酸を加え 90℃ で 1 時間加熱する。水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和させる。
- 3-2 固体酸触媒を用いた加水分解
 - 水 : デンプン : 固体酸触媒が 19 : 1 : 4 になる比率で同量をサンプル間に詰め、90℃のお湯で加熱しながら 1 時間ごとにシリンジフィルターを取り付けたシリンジにサンプルの上澄み液 200 μL と純水 1 mL 加えてろ過し、採取する。
 - DNS 法にてグルコースの定量を行う。

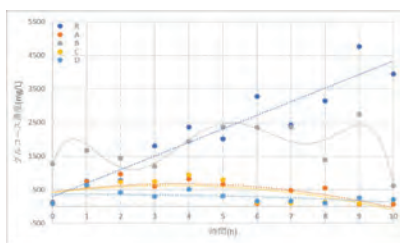


図 1 グルコース濃度変化 (カーボン系固体酸触媒)

- 前述の加水分解で使用したケイ素系固体酸触媒を糖水溶液から分離し、ろ過を行いこの触媒を 1 時間加熱乾燥させ、再度デンプンの加水分解に利用した。

4. 結果

ケイ素は時間経過に対してグルコース生成量が二酸化ケイ素よりも少ない。二酸化ケイ素はグルコース濃度の増減は激しいものの、時間経過につれて、グルコース生成量が多くなっていく (図 3)。再使用したほうはケイ素、二酸化ケイ素、共にグルコース生成量が 1 回目より減少している (図 4)。ケイ素系固体酸触媒とカーボン系固体酸触媒ではカーボン系の分解性能が高い (図 3、図 5)。

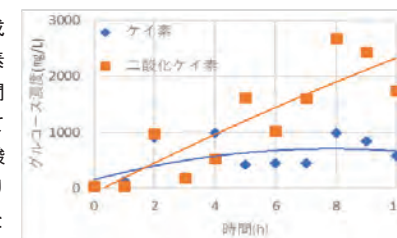


図 3 グルコース濃度変化 (ケイ素系)

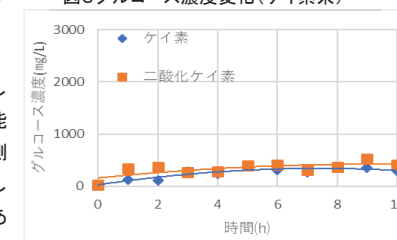


図 4 グルコース濃度変化 (ケイ素系再使用)

5. 考察

ケイ素や二酸化ケイ素は、固体酸触媒としてデンプンの加水分解に利用することは可能だが、再利用は難しいと考えられる。pH を測定した実験でろ過後、触媒の pH が中性を示した理由として炭素間の結合の弱さが要因であると考え、本実験で結合の強いケイ素を用いた。しかし、結果から結合の強さは再利用可能かどうかを決める要素ではないと考えられる。したがって、再利用方法に原因があると考えた。

6. 今後の展望

再利用方法を見直していきたい。今回、ろ過後加熱乾燥してから再利用した。この加熱乾燥によって pH が中性になったと考え、今後は加熱乾燥をせずに触媒を再利用することを検討している。

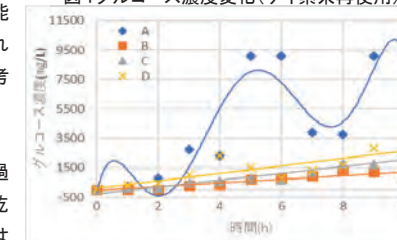


図 5 グルコース濃度変化 (カーボン系)

7. 参考文献

- 福井作蔵, 還元糖の定量法
- 国立大学法人信州大学, DNS 法 (JBA 改良法)

リポーンベジタブルの効率化

玉川学園高等部 佐藤裕心

1. はじめに

リポーンベジタブルは再生野菜とも呼ばれており、野菜の根や芯を水に浸すことで再生させ、栽培した野菜を指す。世界的な食料危機や食品ロスが深刻化する中、リポーンベジタブルの効率化により、食糧問題解決への貢献を目指し、本研究を始めた。具体的には、培地の条件を変えて可食部や栄養価の向上を探ることを目的とし、今回は、短期間で収穫可能な豆苗を用いて実験した。

2. 育てる環境・条件

市販の豆苗の購入時の状態を記録後、図1に示すわき芽①の上で切り、プラスチック容器内で水に浸して経過観察した。栽培環境は図2に示す通り、室温が一定の室内で行った。



図1 豆苗を切る場所¹⁾



図2 豆苗の生育環境

豆苗をプラスチック容器に入れ、蛍光灯1本を設置して12時間サイクルで点灯・消灯を繰り返した。周囲を黒布で覆い、外部からの光を遮断した。水は1日1回交換し、豆の下部の根の部分まで注いだ。測定は、可食部として豆苗の各部位の長さを、栄養素として豆苗に多く含まれるβ-カロテンを定量した。β-カロテンの定量方法は、比色定量法を用いた²⁾³⁾。

3. 可食部の測定

生育後の豆苗を葉身の長さ、葉身の幅、草丈の長さ、葉の枚数、節間の長さの5項目で各10個のサンプルを取り、平均値を求めた。今回は水道水と蒸留水で育てたものを比較した。結果を図3と図4に示す。切断後7日目の測定値は、水道水と蒸留水で大差がなかった。これは、豆の栄養のみを利用して成長したためだと考えられる。しかし、11日目と12日目と比較すると、水道水の方が草丈が伸びた。これは、豆の栄養を使い尽くした後、水道水中のミネラルなどが成長を促したと考えられる。

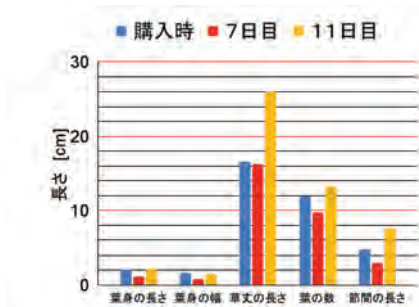


図3 水道水の結果

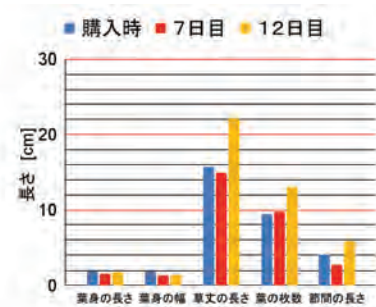


図4 蒸留水の結果

4. 栄養素(β-カロテン)の測定

結果を図5と図6に示す。切断後7日目のβ-カロテンの濃度に大差はなく、水道水中の成分は豆苗のβ-カロテン生成に影響を与えないと考えられる。一方、切断後7日目と比べ、11日目と12日目の濃度が増加した。これは、季節による湿度低下で葉からの蒸散が促進され、豆苗の含水量が減少したためだと考えた。その結果、実際の増加ではなく、相対的にβ-カロテンが増加したように見えた可能性がある。

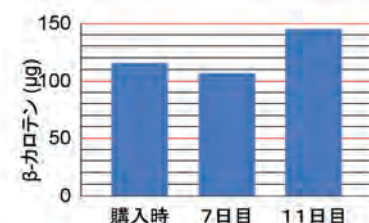


図5 水道水の結果

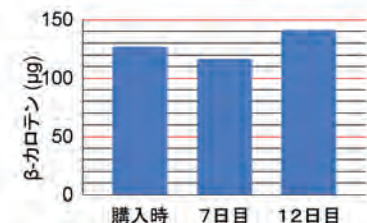


図6 蒸留水の結果

5. 湿度を一定にするための検証

原因を解決するために湿度を一定にする方法を検証した。図7の通り、豆苗を経過観察するボックス内に温湿度計を設置し、湿度の変化を観測した。その結果、図8の通り8、9日目で湿度が低下したため、図7のように9日目に水入り箱を横に置いた。すると再び湿度が



図7 ボックス内の様子

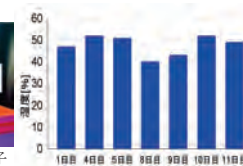


図8 検証結果

のように9日目に水入り箱を横に置いた。すると再び湿度が50%台まで増加した。横に置いた水入り箱が効果を出し湿度を上げたのだと考えられる。

6. まとめ・今後の展望

水道水に含まれるミネラルは豆苗の生長の助けにはなったが、栄養素には変化がなかった。改善点を直し、次は液肥を加えることでどうなるかを研究していきたい。そして、得られた結果が他の野菜にも同様に影響するのかを研究していきたい。

7. 参考文献

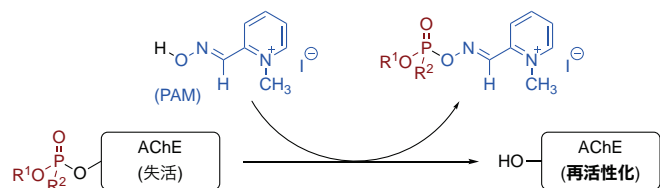
- 1) 豆苗の育て方を徹底解説! 水の量は? どこに置く? 何回収穫できるかも検証してみた (広田千尋、2022)
<https://tokubai.co.jp/news/articles/5755>
- 2) 高速液体クロマトグラフィーによる野菜のカロテノイドおよびクロロフィルの同時分析 (満田ら、2002)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/nskkk1995/49/7/49_7_500/_pdf/-char/ja
- 3) ホウレンソウに含まれるβカロテンの分光光度計を用いた簡便定量法 (永田雅靖、2009)
<https://agriknowledge.affrc.go.jp/RN/2010772291.pdf>

有機リン中毒解毒剤 PAM の合成に関する研究

浅野高等学校 ○程 祉暉・小泉 陽翔・茶木 智史・李 嘉逸

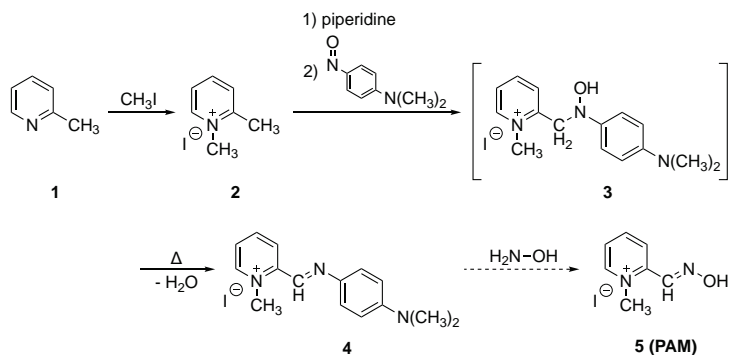
<序論>

有機リン中毒解毒剤である 2-pyridine aldoxime methiodide (PAM) は、日本では主に住友ファーマ株式会社によって製造および発売されており、1995 年の地下鉄サリン事件時にサリンの解毒剤として使用された。有機リン中毒は、人体に存在するアセチルコリンを調節する機能を持つアセチルコリンエステラーゼ (AChE) が有機リン剤によってリン酸化されることによって生じるが、PAM はリン酸化された AChE に作用して自らがリン酸化されることにより、AChE を再活性化する (Scheme 1)¹。



Scheme 1. The mechanism of acetylcholinesterase reactivation by the use of PAM.

PAM の合成方法としては Diacetate 法や SeO_2 酸化法、Anil 法が知られており²、今回我々は Anil 法による合成を試みた。この手法では「① 2-ピコリンの *N*-メチル化による 2-ピコリンメチオジドの合成」「② *N,N*-ジメチル-4-ニトロソアニリンに対する 2-ピコリンメチオジドの付加反応と引き続き脱水反応によるイミンの合成」「③ ヒドロキシルアミンを用いるイミン交換反応」の 3 段階によって PAM が合成される (Scheme 2)。本発表では、各手順における実験結果および考察について述べる。



Scheme 2. The synthesis of 2-pyridine aldoxime methiodide (PAM).

<実験結果および考察>

① 2-ピコリンの *N*-メチル化による 2-ピコリンメチオジドの合成³

溶媒として 2-プロパノール 40 mL を用い、2-ピコリン(1) 18.6 g (200 mmol) とヨードメタン 12.5 mL (200 mmol) を加えて 3 時間加熱還流を行ったところ、白色の固体が得られた。ろ過によって得られた白色固体は TLC で展開しても原点に留まっていたことから、生成物はイオン性の高い化合物であり、目的とする 2-ピコリンメチオジド(2) であると考えた (18.7 g, 収率 78%)。

② *N,N*-ジメチル-4-ニトロソアニリンと 2-ピコリンメチオジドの付加反応および脱水反応³

溶媒としてエタノール 6.3 mL を用い、2-ピコリンメチオジド(2) 1.18 g (5.00 mmol) と *N,N*-ジメチル-4-ニトロソアニリン 0.751 g (5.00 mmol)、塩基としてピペリジン 0.49 mL (5.0 mmol) を加えて 3 時間加熱還流したのち 0 °C まで冷却すると、褐色の固体が得られた。ろ過によって得られた褐色の固体をエタノールで再結晶したところ、黒色の針状結晶が得られた。得られた固体が、*N,N*-ジメチル-4-ニトロソアニリンと 2-ピコリンメチオジドの付加反応によって生じた化合物 3 であるのか、さらに脱水反応が進行して生じた化合物 4 であるのか、赤外吸収分光法だけでは判別できなかったため ¹H NMR による測定を行ったところ、H 原子の個数から化合物 4 であることが示唆された (0.428 g, 収率 23%)。

③ ヒドロキシルアミンを用いるイミン交換反応⁴

溶媒として水 2 mL を用い、化合物 4 0.37 g (1.0 mmol) とヒドロキシルアミン 50% 水溶液 0.60 mL (10 mmol)、ヨウ化水素酸 (55% 水溶液) 0.23 mL (3.0 mmol) を加え 60 °C で 1 時間撹拌した。反応後、エバポレーターを用いて溶媒を除去したのちに、エタノールを用いて再結晶を行ったところ、褐色の固体が得られた。赤外吸収分光法を用いて分析したところ、この褐色の固体は化合物 4 とは異なる化合物であることが示唆された。今後は、メタノールを用いる再結晶でさらに精製を行い、化合物の同定を行う予定である。

<謝辞>

¹H NMR による測定は、慶應義塾大学理工学部化学科 末永聖武教授のご協力のもとで実施いたしました。ご厚意に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 上條吉人, 「[第 2 回] No.44 有機リン (殺虫剤) (後編)」, 医学書院, 医学新聞プラス。
https://www.igaku-shoin.co.jp/paperplus/archive/y2023/chudoku_02 (2025 年 2 月 4 日)
- 2) 奏 順治, 奥田朝晴, 山本成一郎, 米田直人, 佐藤七平, 吉川 浩, “衛生化学”, 1958 年, 5 巻, pp.42-45.
- 3) L. F. Tietze, Th. Eicher, “精密有機合成-実験マニュアル-” 高野誠一, 小笠原國郎, 南江堂, 1999 年, 第 2 版, pp.413-414.
- 4) W. Feng, C. Ye, Z. Xu, X. Tan, J. Liu, Z. Wei, J. Chen, *Crystal form of pralidoxime chloride and preparation method thereof*, CN116987025A, 2024.

吸光度を用いた乾燥コオロギに含まれる水溶性タンパク質の量の調査

芝浦工業大学附属高等学校

○村田匠（2年） 木村弘毅（2年） 犬飼秋宝（2年）

はじめに

私たちは、昨年注目されている昆虫食の栄養面でのメリットについて興味を持った。そしてタンパク質の中でも水溶性のものであれば明確に量の決まっているサンプルと比較することで、定量的に分析できるのではないかと考え、対象としてヨーロッパエコオロギを採用しウシ血清アルブミンとでそれぞれの溶液を作りビウレット法を用い吸光度を比較することでヨーロッパエコオロギの持つ水溶性タンパク質について定量した。

方法

【準備】

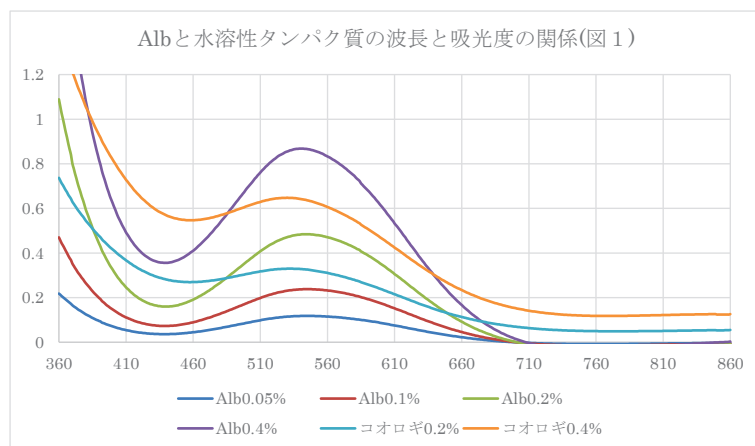
ビウレット法に必要なビウレット試薬を次のように調製した。純水 50 ml に硫酸銅五水和物 0.30 g、酒石酸ナトリウムカリウム 1.2 g を混ぜ攪拌しながら 10%の水酸化ナトリウム水溶液 60 ml とヨウ化カリウム 0.4 g を加え純水で 200 ml まで希釈した。

【実験 1】

調製したビウレット試薬に、ウシ血清アルブミン(Alb)を質量比 0.050%,0.10%,0.20%,0.40% になるように混ぜた溶液を作り、分光光度計を用いて吸光度を計測した。

【実験 2】

同様に乾燥したヨーロッパエコオロギを細かく粉碎したものを、ビウレット試薬に質量比が 0.20%,0.40% になるように混ぜた溶液を作り、吸引濾過を用いて不純物を除去したものを、分光光度計を用いて吸光度を測定した。



結果

ウシ血清アルブミンの波長と吸光度の関係のグラフから用意した 4 つすべてのサンプルの吸光度においておよそ 540 nm の波長がピークであることが示された。

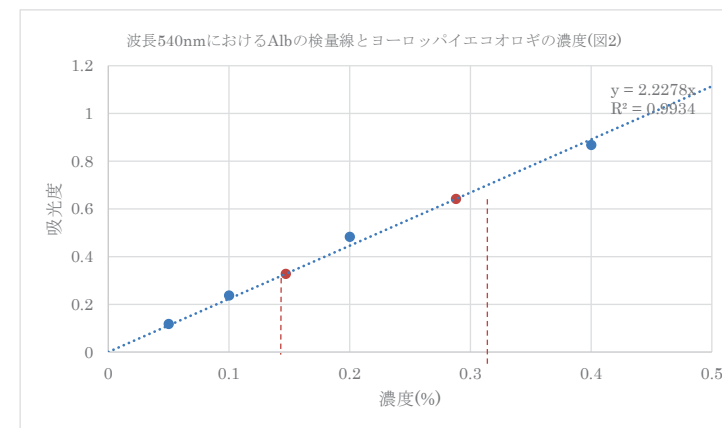


図 1 においてピークがある波長 540 nm におけるウシ血清アルブミンの濃度 0.050%,0.10%,0.20%,0.40% で計測された吸光度の検量線は図 2 のようなデータを得られた。

考察

【実験 2】で計測したヨーロッパエコオロギの濃度 0.20%と 0.40%のサンプルの 540 nm での吸光度はそれぞれ 0.33 と 0.64 であった。それらを検量線の式に代入し、溶解している水溶性タンパク質と対応するウシ血清アルブミンの濃度を計算したところ濃度 0.20%のヨーロッパエコオロギサンプルはアルブミン濃度 0.15%と、0.40%のヨーロッパエコオロギサンプルではアルブミン濃度 0.29%に含まれるタンパク質と同量の水溶性タンパク質が含まれることが分かった。これらの結果から乾燥ヨーロッパエコオロギ 0.20%では 100 ml 中 0.15 g、0.40%では 100 ml 中 0.29 g の水溶性タンパク質が含まれることが分かった。以上二つの結果より乾燥ヨーロッパエコオロギの質量の 75%が水溶性タンパク質であるということが推測できる。

今後の課題

今回の計測では純水を用いてタンパク質を抽出を行ったが、次はリンガー液を用いて抽出を行ったうえで他の肉製品との比較を行いたい。

参考文献

タンパク質の定量法—ビウレット法 Protein Quantification - Biuret Test
<https://www.chem-station.com/blog/2022/10/pq2.html>

金樹の作成法の改良と定量的な評価への挑戦

東京都立小石川中等教育学校 三宅明信

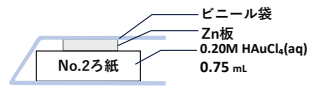
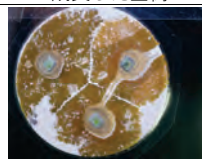
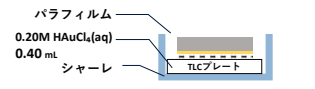

1. 序論

昨年度の研究では、金はイオン化傾向が最も小さいにもかかわらず、金樹が教科書に掲載されていない点に着目し、先行研究の方法を改良し、より光沢のある金樹を作成することに成功した。今年度の研究では、光沢のある金樹をより高い成功率で作成するため、成長した金樹の観察や金樹の成長の定量的な評価を目的とした。

2. 昨年度の研究

- 先行研究の金樹作成法のろ紙、還元剤の条件を変更した。(表1)
- 改良した方法の課題として以下の点が挙げられる。
 - 金樹の先端部が黒変してしまう(図1)
 - 還元剤の貼付けが難しく、再現性が低い(図2)
 - 反応時間が長い

表1 先行研究と昨年度の研究の比較

作成方法	成長した金樹
 <p>先行研究の作成方法</p>	
 <p>改良した作成方法</p>	

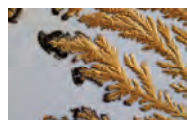


図1 先端が黒変した金樹

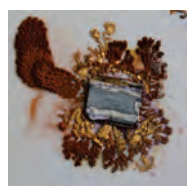


図2 還元剤の貼り付けに失敗した金樹

3. 実験方法・結果

<実験 1-1>場所ごとの金樹の構造比較

方法：透過型電子顕微鏡(SEM, 日立ハイテク, TM4000Plus II)の連続視野撮影機能を用いて、作成した金樹全体のSEM像を撮影し、位置ごとの形状比較を行った。

結果：還元剤付近では箔状に、中間部では樹枝状に金樹が成長し、先端部には、針状の物質が析出していた。(図3～図5)

考察：SEM像では、原子番号が大きな原子ほど明るく映るという性質がある。(原子番号効果)この性質を利用して、黒色の部分が、亜鉛、白色の部分が金であると考えた。このことから、金樹先端部の黒変は、亜鉛または、亜鉛化合物の析出によるものと考えた。



図3 還元剤付近



図4 中間部



図5 先端部

<実験 1-2>金樹の成長過程の考察

方法：同条件で反応時間を変えて金樹を作成し、SEMを用いて観察した。

結果：還元剤から黒色の塊状物質が析出した後、先端に白色の白状物質が析出、さらに時間を置くと先端に黒色の針状物質と白色の物質が成長した。(図6)

考察：金樹の成長時、亜鉛、金、亜鉛と金の混合物の順に析出しているのではないかと考えた。

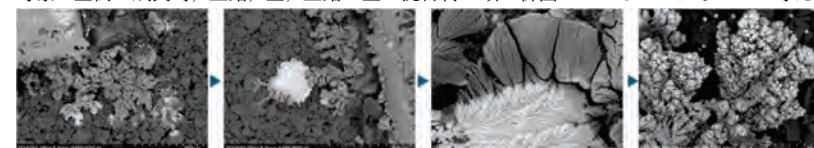


図6 時間経過と金樹の形状の関係 倍率は異なる

<実験 2-1>金樹成長時の電流測定

方法：電池反応を応用した装置(図7)を作成し、金樹成長時の電流計測を試みた。

結果：光沢のない樹枝状結晶が成長した(図8)。また、電流が微弱で、計測が困難であった。

考察：反応時の負極と正極を分けたことにより、昨年度改良した作成手法と同じ条件で反応しなかったのではないかと考えた。

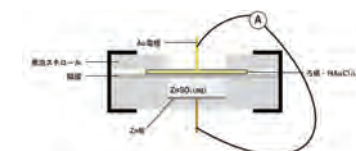


図7 作成した電流測定装置

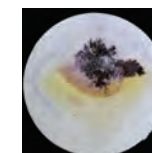


図8 成長した光沢のない樹枝状結晶

4. 展望

<金樹の観察・解析>

亜鉛が金樹の複数の部分で析出した原因を調べるため、亜鉛・金の定量分析を行いたい。

また、金樹の作成法の改良において、金箔を貼り付けたことによる効果を調査したい。

<金樹の成長の定量的な評価>

電池反応を使用した装置の改良や、電気分解を用いた金樹の作成を行い、金樹の成長と電気化学反応との関係を調査したい。また、その方法を利用し、還元剤の貼付け不良による再現性の低下・反応時間を改善したい。

5. 参考文献

- 大野公一, 村田滋, 化学基礎:accademia, 実教出版, 2022
- 祐川翔貴, 金樹の夢の研究, 第56回日本学生科学賞受賞作品, 2013
- 三宅明信, 失敗しない金樹の作成, 第67回日本学生科学賞受賞作品, 2024

ビスマス骸晶の作成について

立教池袋中学校 林雅春

1. はじめに

ビスマスは、原子番号 83 元素記号 Bi の金属で、もろく、融点が 271.4℃と非常に低いという特徴がある¹⁾。そして、骸晶ができることが知られていて、骸晶とは、結晶の隅の部分および辺の部分のみが急激に成長して結晶面の中央部の成長が遅れたために面が生成されず、不完全な面に囲まれた形状に成長する結晶のことである。今回は、早く大きな骸晶を作ることを目指す。



図1 ビスマスの骸晶

2. 方法

実験1. ビスマス骸晶ができる時の温度

1. ビスマスが完全に溶けるまでメッセルバーナーで熱し、できた酸化被膜を取り除く。
2. もう一度酸化被膜ができるまで待ち、針金を約 8cm 取り、曲げ、酸化被膜を突き破るように浮かべる。
3. 骸晶ができた時のカップの底の温度を接触式温度計で測定する。

実験2. ビスマスの冷まし方を変える

1. ビスマスが完全に溶けるまでメッセルバーナーで熱する。
2. カップを素焼きの板とステンレス製の菓子箱のふたの上に置く。
3. カップの底の温度を接触式デジタル温度計で測り、カップの温度が 200℃から 180℃になるまでの時間を測定する。

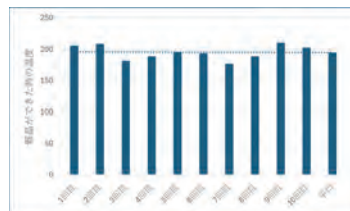
実験3. ビスマス骸晶の核の素材を変える

1. ビスマスが完全に溶けるまでメッセルバーナーで熱し、生じた酸化被膜を取り除く。
2. もう一度酸化被膜ができるまで待つ。
3. ①生じた酸化被膜をカップの中央に集め、浮かべる
②直径 1.0mm の針金を 8cm 取り、曲げ、酸化被膜に浮かべる。
③直径 5.0mm のガラス棒をカップ内に 2cm 沈める。
④直径 2.4mm のステンレス棒をカップ内に 2cm 沈める
4. 骸晶ができたらカップの中から取り出し、質量を測定する。

3. 結果

実験1. ビスマス骸晶ができる時の温度

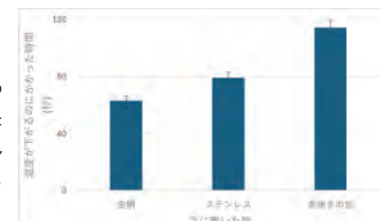
ビスマス骸晶が生成された時の温度をグラフ1に示す。ビスマス骸晶ができた時の温度を 10 回計測し、平均値を求めたところ、196.5℃であり計測した値のうち最大値が 117℃、最小値が 211℃であり、標準偏差が 11.5 と小さかった。



グラフ1 ビスマス骸晶が生成されるとき温度

実験2. ビスマスの冷まし方を変える

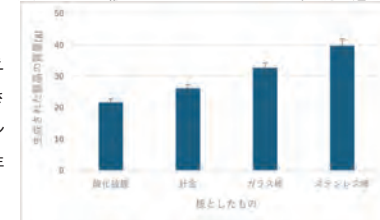
ビスマスのカップの下にステンレスと素焼きの板を置いた時のカップの冷めるまでの時間をグラフ2に示す。グラフより、200℃から 180℃になるまでの時間は、金網の上にカップを置いた時の平均値が 63 秒、ステンレスの上にカップを置いた時の平均値が 78 秒、素焼きの板の上にカップを置いた時の平均値が 111 秒だったので、最も温度が下がりやすい物は、金網で、ステンレス板が 2 番目、素焼きの板が 3 番目だった。



グラフ2 下に敷いたものによるビスマスの冷まし方の違い

実験3. ビスマス骸晶の核の素材を変える

ビスマス骸晶の核を針金、酸化被膜、ガラス棒、ステンレス棒に変えた時の骸晶の質量をグラフ3に示す。酸化被膜を核として骸晶を生成させた時の質量の平均が 21.66g、針金が 27.08g、ガラス棒が 33.3g、ステンレス棒が 39.94g と、酸化被膜 < 針金 < ガラス棒 < ステンレス棒の順で生成させたビスマス骸晶の質量が増加した。



グラフ3 ビスマスの核を変えた時の骸晶の質量

4. 考察

実験2. ビスマスの冷まし方を変える

ステンレスのほうが素焼きの板よりも熱伝導率が高かった²⁾のでステンレスのほうが素焼きの板よりも温度が下がりやすく 200℃から 180℃になるまでの時間は金網が 63 秒、ステンレスが 78 秒、素焼きの板が 111 秒とステンレスのほうが短かったのだと考えられる。また、金網の方がステンレス板よりも熱が逃げやすく、金網の方がステンレス板よりも温度が下がりやすかったと考えられる。

実験3. ビスマス骸晶の核の素材を変える

酸化被膜と針金を核として成長させた時は両方とも核とする物をビスマスの液面に浮かべて測定を行ったので、骸晶ができるまで時間がかかり、カップに接している液面付近に固まった固体とできていた骸晶がついてしまい、ビスマスを引き抜けなかった。従って大きな骸晶を取り出そうとすると、長方形に近い骸晶ができた。よってガラス棒を核として骸晶を成長させた時の値が酸化被膜や針金を核として骸晶を成長させた時の値よりも大きくなったと考えられる。しかし、ガラス棒を核として骸晶を作った場合はビスマスの中に沈んでいるガラス棒からも骸晶が成長し、骸晶が成長しやすく短時間で大きな骸晶ができた。これはステンレス棒も同様である。

また、ビスマスから露出している部分の体積が大きくガラス棒よりもステンレス棒のほうが熱伝導率が高いので、ビスマスから熱を吸い取りやすく、早く温度が下がり、ステンレス棒を核とした骸晶の質量の値がガラス棒よりも大きくなったのだと考えられる。

これらのことから、骸晶の核とするものは、核に接触しているビスマスの面積が大きく素材の熱伝導率が高い金属でステンレス棒のような外部に熱が逃げやすいものであることがビスマス骸晶を大きく生成させるための条件であると考えられる。

5. 今後の課題

実験2のカップの下に置いたものを別のものに変えて実験したい。また、核とするものの金属を変えて実験したい。

6. 参考文献

- 1) <https://www.chem-reference.com/searchmain.php?button=1> (科学書資料館 ビスマスの特徴について)
- 2) <https://ja.nc-net.or.jp/company/72537/product/detail/92396/> (主な物質の熱伝導率一覧表)

BDF 材料についての研究

茨城県立緑岡高等学校 ○影井さやか ○竹村大知 ○加藤玲哉

近年、化石燃料に頼らない新たなエネルギー源として、バイオ燃料がその可能性を広げている。またバイオ燃料を使用することはカーボンニュートラルにあたるため、地球温暖化防止にもつながるといったメリットがある。特にバイオディーゼル燃料（BDF）は石油由来のディーゼル燃料に代わるものとして、ディーゼルエンジンの燃料として期待されている。そこで、私たちは流動点の低いBDFを多量に製造する方法について実験と検証を行った。

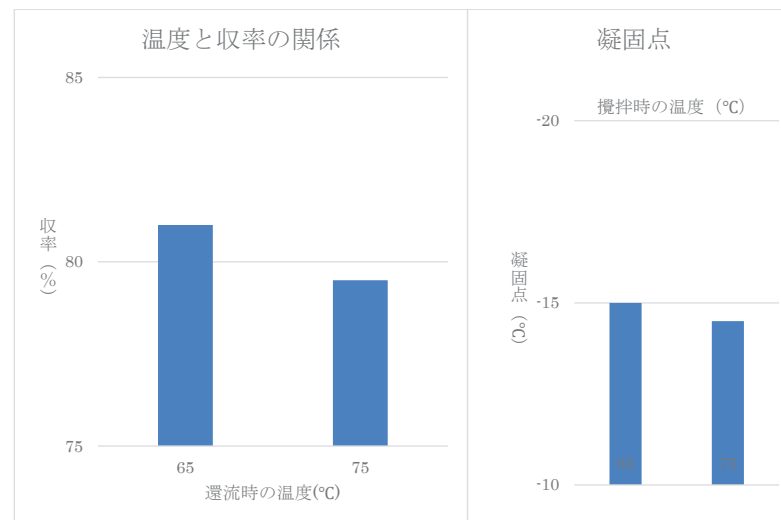
本研究の主要な目的は、BDFの流動点を低下させることで、寒冷地でも使用可能なBDFを安定的に生産する方法を確立することである。流動点の低いBDFは、低温環境下でも使用が可能であり、その適用範囲が広がるため、非常に重要な特性となる。これに関して先行研究では、使用するアルコールの炭素数がBDFの流動点に与える影響について調査が行われており、アルコールの選定が重要な要素であることが示されている。しかし、本研究では、アルコールの種類だけではなく、加熱還流時の温度が流動点に与える影響についても検証を行った。具体的には、加熱還流時の温度を変化させ、BDFの流動点や収率にどのような影響があるのかを調べ、その結果を基に新たな知見を得ることを目指した。

実験にあたっては、まず原料の選定を行った。BDFの製造には、植物油が使用される。そこで、原料となる油として、ナツメヤシ油、コメ油、ヒマワリ油、ペニバナ油の4種類を選んだ。特に、東南アジアではナツメヤシ油が安価で大量に供給されていることから、まずナツメヤシ油を用いて実験を行ったが、予想に反して二層に分かれず、適切な結果を得ることができなかった。その後、他の3種類の油についても実験を行い、最も収率が良く、かつ安定した結果が得られたヒマワリ油を最終的に選定した。

次に、アルコールの選定についても検討を行った。バイオディーゼルの生成において、アルコールの種類も重要な役割を果たす。文献によると、炭素数が少ない低級アルコール（特にn=5以下）が使用されることが多いとされている。このため、私たちはメタノール、エタノール、ペンタノールの3種類のアルコールを選び、それぞれについて実験を行った。しかし、メタノールを除いたエタノールとペンタノールは、実験後に二層に分かれなかったため、メタノールを最適なアルコールとして選択した。

さらに、触媒の選定についても検討を行った。初めに、硫酸などの酸触媒を試してみたが、予想通り反応がうまく進まず、十分な収率を得ることができなかった。そのため、他の触媒として水酸化ナトリウムや水酸化カリウムを検討したが、水酸化ナトリウムはメタノールに溶けにくい性質を持っているため扱いづらく、最終的に水酸化カリウムを選択することにした。

実験の実施にあたっては、ヒマワリ油 83ml と水酸化カリウムを溶かしたメタノール 17ml を攪拌しながら、一定時間加熱還流を行った。加熱還流は、一定の温度で反応を促進させるための重要な操作である。温度設定については、メタノールの沸点である 65℃と、沸点+10℃の 75℃の2種類を選び、これらの温度条件でそれぞれ実験を行った。反応後、1日静置して脂肪酸メチルエステルとグリセリンを分離させた。流動点については、凝固点+2.5℃という定義に基づいて、実験室内で測定可能な範囲で凝固点を測定し、その結果を比較した。



結果グラフの通りで、加熱還流時の温度による収率と凝固点の変化にはほとんど差が見られなかった。どちらの温度設定においても、収率と凝固点は一定の値を維持しており、温度依存性はほとんどないことが判明した。この結果から、攪拌時の温度が流動点や収率に与える影響は小さいことが示された。

本研究では、BDFの流動点を低下させるために、加熱還流時の温度による収率と凝固点の変化を検討したが、温度設定の変更が収率や凝固点に大きな影響を与えないことが明らかとなった。今後の研究では、油とアルコールの最適な比率を検討し、収率と凝固点の観点からさらに詳細な研究を行い、より効率的なBDFの生産方法を確立したいと考えている。

環境にやさしいパンケーキの開発

跡見学園中学校 科学部

○芳賀 春花 (中2) ○中里 夢花 (中2) ○塙 明香里 (中2) ○牧 千紘 (中1)

動機・目的

私たちは社会的に問題になっている地球温暖化に関わる実験を行おうと思った。その中で動物が排出する二酸化炭素量の削減に着目した。本研究では動物性の食品を使用せず、植物性の食品をパンケーキの生地を使用することで動物が排出する二酸化炭素の量を減らした、美味しいパンケーキの開発を目的としている。

実験器具

葉包紙、ピーカー、メスシリンダー、薬さじ、フライパン、ガスコンロ、ガスボンベ、フライ返し、ノギス

材料

薄力粉、ベーキングパウダー、砂糖、水、豆乳、牛乳

実験方法

実験Ⅰ：水の量の検討

- (1) 薄力粉 20g、砂糖 5g、ベーキングパウダー 2.5g を水 15、20、22.5、25mL とそれぞれ薬さじで混ぜた。
- (2) フライパンに(1)の混合物を流し込み、それぞれ入れた時の生地の厚さを測定し、フライパンの蓋を閉め、弱火で加熱した。生地の表面に泡が出てきたらパンケーキをフライ返しでひっくり返した。
- (3) パンケーキの裏面に焼き目が付いたら焼けたと判断し、加熱をやめた。膨らんだパンケーキのもっとも厚いところを確認した。

実験Ⅱ：豆乳の量の比較

- (1) 薄力粉 20g、砂糖 5g、ベーキングパウダー 2.5g を豆乳 15、20、22.5、25mL とそれぞれ薬さじで混ぜた。
- (2)と(3)は、実験Ⅰと同様に行った。

実験Ⅲ：牛乳の量の比較

- (1) 薄力粉 20g、砂糖 5g、ベーキングパウダー 2.5g を牛乳 15、20、22.5、25mL とそれぞれ薬さじで混ぜた。
- (2)と(3)は、実験Ⅰと同様に行った。



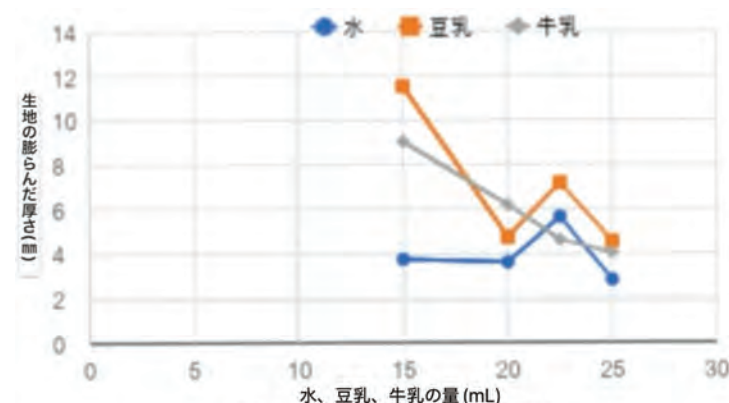
(図1) 実験Ⅰの様子



(図2) 実験Ⅱのパンケーキ

結果

図3に示す通り、水、豆乳、牛乳の量が増えると、生地はあまり膨らまない傾向にあった。



(図3) 水、豆乳または牛乳の量と厚さの関係性

考察

水、豆乳、牛乳の中で豆乳が一番膨らんでいて、タンパク質を多く含んでいる¹⁾ことから、パンケーキをより膨らませるにはタンパク質をより多く含んでいることが必要であると考えられる。また、水、豆乳、牛乳のどれもが、一定の量を超えると膨らまなくなっていることから、水分量が多すぎると生地が緩くなり横にのびてしまうことで膨らみにくくなっていると考えた。このようなことから、パンケーキを膨らませるにはタンパク質を多く含ませ、水分量が多くなりすぎないように調節することが大切だと分かった。また、水と豆乳をそれぞれ 22.5mL ずつ入れたとき、それぞれ 20mL 入れたときより値が大きくなった。これは、水分が多いと薄力粉や砂糖、ベーキングパウダーが均等に混ざりやすくなり、生地にまとまりが出て、加熱した際、よく膨らむのではないかと考えた。

今後の展望

今回の実験では、水、豆乳、牛乳の量を変えて実験したが、今後の研究では違う大豆の品種を使った豆乳や砂糖の量を変えた実験したい。また、タンパク質の量がパンケーキの膨らみにどのように関係しているのか考えたい。

参考文献

- 1) 日本食品標準成分表 (八訂) 増補 2023 年, “食品成分データベース” (検索条件: 「乳類/<牛乳及び乳製品>/ (液状乳類) /普通牛乳」, 「豆類/だいず/ [その他] /豆乳/豆乳」), 文部科学省, 2023-08-16, https://fooddb.mext.go.jp/result/result_top.pl?USER_ID=12845 (参照 2025-01-30)

カビ色素を用いた色素増感太陽電池の可能性

安田学園中学校 ○湯田 凜 ○福田 心春

1. 背景・目的

水稻の病害被害は農林水産省によると年平均3.2%、約35万トン¹⁾にも上る。病気になった稲は肥料や飼料にすることができないため、そのまま廃棄することとなる。本研究ではこのような病気になった稲を有効利用し、廃棄稲を減らす方法として色素増感太陽電池へ利用できないか調べた。イネ科の病害はカビが原因であることが多く、病害被害の約6割を占めるいもち病を代表に、他にも紋枯病、赤カビ病などの病気が有名である。(Fig.1)本研究では、病気稲の原因であるカビがもつ色素を増感色素として利用し、廃棄稲を減らすことができないか研究を行った。



Fig.1 病気稲の例

2. 研究方法

色素増感太陽電池 Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)

負極：導電性ガラス(5×25×25 mm), TiO₂, 増感色素
正極：Cu板(3×25×25 mm)
電解液：ヨウ素電解液(Redox分子 I⁻/I₃⁻)

ガラス電極に色素(増感色素)を吸着させることによって、紫外光だけでなく可視光も吸収できるようにし、性能を上げた太陽電池の一種である。本研究では増感色素にカビから抽出した色素を用いた。(Fig.2)

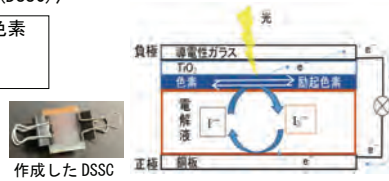


Fig.2 色素増感太陽電池の発電の仕組み²⁾
色素に光が当たると色素の電子が励起され、電子はTiO₂へ渡される。電子を失った色素は電解液から電子を受け取り、元に戻る。

実験2-1. カビ色素の抽出

ペニコウジ(豆腐饅頭の液体紅麴)、アオカビ(ブルーチーズ)、クロカビ(カビた食パン)を用いて、カビの色素が増感作用を示すか調べた。

① 分離培養・コンラージ

PDA培地(Potato dextrose agar)にて菌を単離・培養を行う。(32°C, Incubator 1week) (Fig.3)



Fig.3 抽出した色素
左から、ペニコウジ、アオカビ、クロコウジ

② 顕微鏡にてカビの同定(Fig.4)

顕微鏡所見の結果より、アオカビの種類は分からなかったが、ペニコウジ、クロコウジであると同定した。

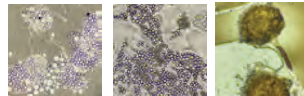


Fig.4 光学顕微鏡の観察(400倍)
左から、ペニコウジ、アオカビ、クロコウジ

③ カビ色素抽出

培養したカビから60%エタノール溶液で色素を抽出し、遠心分離(7000rpm, 2min)を行った。(Fig.5)



Fig.5 抽出した色素
左から、ペニコウジ、アオカビ、クロコウジ

実験2-2. 電力測定

抽出した色素を増感色素として、色素増感太陽電池を作成し、電力を測定した。

結果は、クロコウジの電力が最も高くなった。(Fig.6) これは、黒という色が最も可視光を吸収する色であるためだと考えられる。よって、カビから抽出した色素で電力が出る事が確認できた。

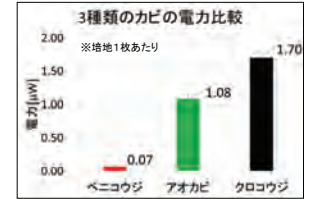


Fig.6 3種類のカビ色素の電力比較

実験2-3. イネ科の病原カビ

近くの公園で自生していたエノコログサ(イネ科)を採取し、イネ科の病原カビを培養した。



Fig.7 いもち病菌の採取～色素抽出

顕微鏡及び病斑所見より、病原カビがいもち病菌であることが同定できた。(Fig.7) いもち病菌の色素を抽出し、色素増感太陽電池に用いて電力を測定した。電力測定の結果より、実験2-2での他のカビと比較すると、いもち病菌の色素を用いた色素増感太陽電池の電力が最も高くなった。これは、いもち病菌のみ、屋外で採取したカビであることから、日光と関係しているのではないかと考えられる。(Fig.8)

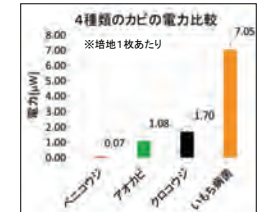


Fig.8 4種類のカビ色素の電力比較

実験2-4. いもち病菌の日光の有無と電力比較

日光の影響を調べるため、いもち病菌を日向と日陰で培養し、それぞれの色素で電力を比較した。また、ペニコウジとクロコウジも同様に培養した。

結果は、いもち病菌以外のカビは日向では培養できなかった。また、いもち病菌は日向の方が色が濃く培養でき、日陰で培養したものに比べて、非常に高い電力を示した。(Fig.9)

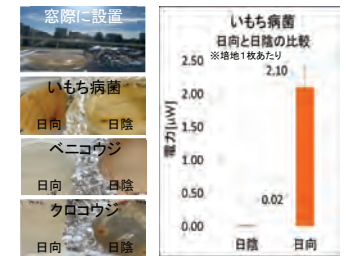


Fig.9 日向と日陰の比較

3. 考察・結論

✓カビ色素を色素増感太陽電池の増感色素に用いると、電力を示すことが分かった。

✓屋内カビの中では、黒色のクロコウジが高い電力を示したが、屋外カビのいもち病菌の方が、さらに高い電力を示したため、カビの持つ紫外線吸収物質(フラボノイドなど)³⁾が電力に寄与しているのではないかと推測できる。

✓イネ科の病原カビの色素を色素増感太陽電池に用いることで、廃棄稲を減らせる可能性があることが分かった。

4. 今後の展望

✓実際に病気の水稻を入手し、同様にカビを採取してDSSCに用いることができるか調べる。

✓カビの持つ紫外線吸収物質が電力に寄与しているか、更に詳しく研究を進めていく。

5. 参考文献

- 1) 小泉信三(2018)「病害稲-1水稻主要病害の発生と防除」『植物防疫講座』第72巻第1号
- 2) 佐藤勝昭(2011)「太陽電池のキホン」SoftBank Creative
- 3) 中山亨(2021)「フラボノイドの生合成：植物はなぜそれをつくるのか」ビタミン95(7), 346-347

電気火花Ⅱ
跡見学園高等学校 科学部
佐保 初音 (高1)

1. 動機及び目的

小学生の頃、手持ち火花をした際、電気火花は火花が小さく色がよく見えなかった。そこで、火花も散って色がはっきりしている電気火花があったらいいと思い研究を始めた。火薬に色火剤と火花剤を加え、どのような割合で混ぜたとき火花がより遠くへ飛び散るかを調べることから始め、火花剤がより多い場合に火花がよく飛ぶことがわかった。さらに、今回は色をよりはっきりと見せるにはどうしたらいいのかについて検証、考察した。

2. 実験方法

準備物品

ホーロー製トレイ、スタンド、セロハンテープ、アクリル定規、マッチ、ガスバーナー、乳鉢、乳棒、仮名用半紙、火薬(硝酸カリウム:硫黄:炭素=6:3:1)、色火剤 3 種類(塩化ナトリウム、塩化カリウム、塩化カルシウム)、火花剤(マグネシウム)

実験方法

火薬、色火剤、火花剤を合わせた全体の質量が 0.060g になるよう統一し、半分に折った幅 2cm の仮名用半紙の最下端部 5~6cm に入れてこよりにし、火花とした。火薬、色火剤、火花剤の混合比率は、以下の実験Ⅰ、Ⅱ、Ⅲに示した通りである。



(図 1) 火花の飛距離測定の様子

この火花の上端をテープでスタンドに固定し、火花の下端にマッチで火をつけ、燃焼させた。火が消えた場合はそのまま着火して再度燃焼させた。なお、燃焼実験はドラフト内で点火し行った。また、定規を火花の火薬部分の背面にくるようにスタンドへ固定し、動画で燃焼の様子を火花の正面から記録し、目視でなく、動画データを用いて火花の飛距離を測定した。

- 実験Ⅰ 火薬の量:0.040g で火花剤:色火剤の割合を変化させた際の最大飛距離の違い
火薬:火花剤:色火剤を配合する際、火薬を 0.040g に固定し、色火剤に塩化ナトリウム(乳鉢と乳棒で細かくしたもの)を使用。火花剤:色火剤の割合を 5 段階変化させ、火花を作成。
- 実験Ⅱ 火薬の量:0.030g で火花剤:色火剤の割合を変化させた際の最大飛距離の違い
火薬:火花剤:色火剤を配合する際、火薬を 0.030g に固定し、色火剤に塩化ナトリウム(乳鉢と乳棒で細かくしたもの)を使用。火花剤:色火剤の割合を 7 段階変化させ、火花を作成。
- 実験Ⅲ 色火剤を変えた時の発色と火花の最大飛距離の違い
 - ① 実験Ⅰ、Ⅱから、火薬:火花剤:色火剤の割合で最も火花が散るのは、6:5:1 だとわかった。そのことから、色火剤を塩化カリウム(乳鉢と乳棒で細かくしたもの)と塩化カルシウム(乳鉢と乳棒で細かくしたもの)に変え、その他は変えずに火花を作成。
 - ② 実験Ⅰ、Ⅱと同じように動画を撮り、最大飛距離と色を目視できるかどうかを記録した。

3. 結果

- 実験Ⅰ 火薬の量:0.040g で火花剤:色火剤の割合を変化させた際の最大飛距離の違い
色火剤が含まれている時の割合で見ると、火花剤:色火剤=3:1 の場合が最も火花の最大飛距離が大きくなった。

(表 1) 実験Ⅰ・Ⅱによる薬品の混合比率と火花の最大飛距離

火薬 (g)	火花剤 (g)	色火剤 (g)	火花の最大飛距離 (cm)
0.040	0.000	0.020	3.0
0.040	0.005	0.015	4.0
0.040	0.010	0.010	5.0
0.040	0.015	0.005	5.5
0.040	0.020	0.000	7.5
0.030	0.000	0.030	1.0
0.030	0.005	0.025	4.0
0.030	0.010	0.020	6.0
0.030	0.015	0.015	7.5
0.030	0.020	0.010	8.0
0.030	0.025	0.005	9.0
0.030	0.030	0.000	10.0

- 実験Ⅱ 火薬の量:0.030g で火花剤:色火剤の割合を変化させた際の最大飛距離の違い
色火剤が含まれている時の割合で見ると、火花剤:色火剤=5:1 の場合が最も火花の最大飛距離が大きくなった。

- 実験Ⅲ 色火剤を変えた時の発色と火花の最大飛距離の違い
色火剤の炎色反応による炎の色を辛うじて確認できたのは塩化カリウムだったが、色が付いていたのは火花ではなく花火の火薬部の火だった。

(表 2) 色火剤を変えた花火の火花の最大飛距離

色火剤 (炎色反応での色)	目視の可否	火花の飛距離 (cm)
NaCl(黄)	炎の色と同化してしまった	9
KCl(紫)	薄く白が見えた	8
CaCl ₂ (橙赤)	炎の色と同化してしまった	9

4. 考察

実験Ⅰ、Ⅱより、花火全体の火花剤の割合がより多いと火花の最大飛距離が大きくなることがわかった。しかし、火花剤が火花として散るのに火薬は必須であり、少なくし過ぎた場合炎が消えてしまうことも実験を通して分かった。実験Ⅲより、火花の飛距離があっても花火の火にのみ色がついていたことから、火花についている炎にしか色火剤は反応しておらず、色火剤は火花剤による火花には反応していない、または確認出来るほど反応していないと分かった。

5. 今後の展望

火花そのものに色がつくよう花火の作り方を工夫していきたいと考えている。色火剤を火花剤に纏わせるように付けるなどして工夫していければと考えている。

6. 参考文献

- 1) 池田莉菜, 佐保初音, 腰川まどか, 酒井円花, 「電気火花」, 「第 61 回生徒理科研究発表会 研究紀要」, 東京私立中学校高等学校協会文化部, 2022, p. 65
- 2) なにわ淀川花火大会運営事務局, 炎色剤, 「花火辞典」, なにわ淀川花火大会公式サイト, <https://www.yodohanabi.com/dictionary.html>, (参照 2025-02-05)

火薬を使わない線香花火

千葉県立柏高等学校

○鈴木康陽 ○兼杉悠生

1. 初めに

一般に、線香花火は黒鉛や硫黄などを混合して作られる混成火薬が利用されている。しかし火薬は製造、使用が法律で規制されている。火薬を使わない線香花火というものもあるが、市販されている線香花火のようにうまく燃えず、火花も出なかった。そこで私たちは、火薬を使用せずに市販の線香花火のようによく燃えるものを作ることを試みた。

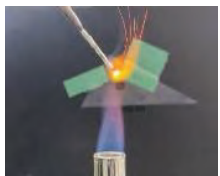
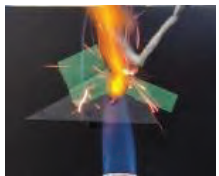

2. 実験方法

実験 1



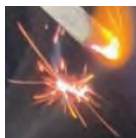
- ① 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3)、黒鉛 (C)、硫黄 (S) を 0.01 g 単位で乳鉢に加え、塩化カリウムを微量加えた。炭酸ナトリウム (Na_2CO_3)、黒鉛 (C)、硫黄 (S) 質量比を変化させた。
- ② 炭酸ナトリウムの粒がなくなり均一になるまで擦り混ぜた。
- ③ 1 cm×11.5 cm に切り取ったペーパータオルを縦に折り、試薬 0.10 g 詰め、捻じって乾燥させた。
- ④ ガスバーナーで火をつけ、燃え方を動画に収め比較した。

結果 1

燃焼の様子	$\text{Na}_2\text{CO}_3:\text{C}:\text{S}$	25:5:4	20:7:9	15:7:9
				

結果は上記の写真のようであった。はじける範囲は「25:5:4」で 14.5cm、「20:7:9」17.5cm「15:7:9」23.8cm となり、「15:7:9」が最も優秀であった。また「15:7:9」では火花がはじける松葉も見られるようになった。

「15:7:9」はうまく燃えるものの、ガスバーナーから離すとすぐに火が消えてしまった。そこで私たちは、火薬の密度を上げると熱が伝わりやすく、燃焼がより継続するのではないかと考え実験 2 を行った。



松葉の出る様子

実験 2

次の線香花火をそれぞれ比較する

2.1 水で擦ることで火薬の密度が上げ、燃焼時間を延ばすことができるか

- ① 「15:7:9」の火薬にスポイトの水 2 滴を加えよく擦った。0.10 g 試験管に取り、ガスバーナーで試験管が曇らなくなるまで乾燥させた。
- ② 火薬を取りだしてペーパータオルに詰められるように砕き、線香花火にした。



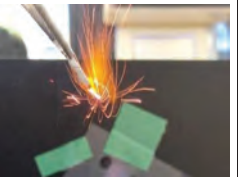
2.2 水で擦ったものを乾燥させなくとも火が付くのか

- ① 「15:7:9」の火薬にスポイトの水 2 滴を加えよく擦った。
- ② そのまま紙に詰めて線香花火にした。

2.3 水で溶いた火薬を塗れば粉末より火薬の密度を上げ燃焼時間を延ばすことができるのか

- ① 「15:7:9」の火薬 0.10 g にスポイトで水を 4 滴加えて液状にした。
- ② その火薬をペーパータオルに均一に塗った。
- ③ 縦半分に折って捻じった。
- ④ 完全に乾燥させ線香花火にした。

結果 2

実験	2.1	2.2	2.3
燃焼の様子			

いずれの線香花火もガスバーナーから離して 14 秒間燃焼が継続した。また火花の範囲は 2.1 で 23.8cm、2.2 で 33.8cm、2.3 で 32.9cm となった。このことから、火薬の詰め方において 2.2 の方が優れていることが分かった。

3. 考察

「15:7:9」の比は酸素を供給する炭酸ナトリウム、玉を作る硫黄、火花を出す炭素の量のバランスが良いためだと考えられる。また水を加えたことで火薬の密度が増し、熱が伝わりやすくなったために燃焼の継続時間がよくなったと考えられる。

4. 展望

今後は、火薬を作る際に使う水の適切な量を探って生きたい。またペーパータオル以外の線香花火に適切な紙の種類を探っていきたい。

カロチノイド系色素の抽出と酸化条件下におけるそれらの反応性の観察

流通経済大学付属柏高等学校 科学部

○林悠風 渡部翔大 阿子島和奏 市川朝陽 後藤美那

1. 緒言

カロチノイドとは $C_{40}H_{56}$ の基本骨格を持つ化合物の誘導体で、抗酸化作用を示す天然の色素成分として知られている。抗酸化作用とは活性酸素によって起きる生体に有害な反応を減弱、または消去することである。我々は昨年よりトマト中に含まれるリコペンを抽出し、この抗酸化作用についての研究を試みていたが、リコペンと構造の類似した β -カロテンとの分離に困難を感じていた。そこで本研究では、パプリカに含まれるカプサンチンや、カニ殻やエビ殻に含まれているアスタキサンチンといった他のカロチノイド(キサントフィル類)に注目し(図1)、これら色素の抽出と、TLCプレート上での挙動や酸素との反応性について実験を試みている。

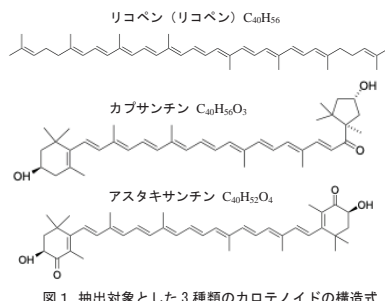


図1 抽出対象とした3種類のカロチノイドの構造式

2. 実験-赤色色素の抽出

2-1. トマト粉からのリコペンの抽出

市販のトマト粉を電動ミルを用いてさらに細かくした。炭化水素であるリコペンは極性が小さく、酢酸エチルには可溶であるがメタノールには不溶であることが知られている¹⁾。そこで酢酸エチル抽出での夾雑物の混入を抑えるために、まずメタノールで不純物を溶出した後で、溶媒を酢酸エチルに変えてリコペンの抽出を試みた。メタノール抽出液(試料①と表記)と酢酸エチル抽出液(試料②と表記)を、ヘキサン:トルエン=19:1の体積比で混合した展開溶媒でTLC分析した。結果を図1-aに示す。さらに、アセトン:水=9:1の体積比の混合展開溶媒で逆相TLC分析も行った。その結果を図1-bに示す。先行研究の R_f 値との比較や自然光下での色から、図1の②の $R_f=0.16$ 付近のスポットと図2の②の $R_f=0.20$ 付近のスポットがリコペンであると考えた。

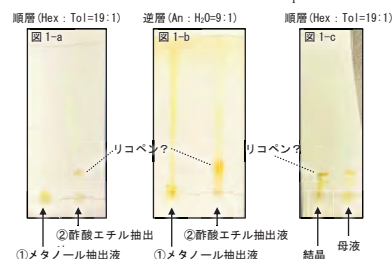


図2 トマト粉抽出物および析出結晶のTLC

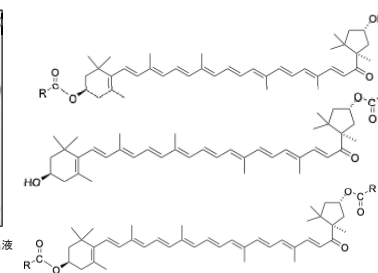
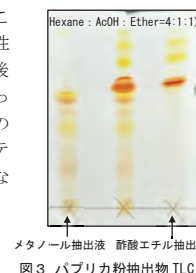
また、リコペンが存在すると考えられる試料②を濃縮乾燥したところ、試験管の壁面に赤色の結晶が析出した。これがリコペンでないかと考え、乾燥した粗リコペンに少量の酢酸エチルを加えて加熱・溶解させたものに、予め温めておいたメタノール(リコペンの貧溶媒)を加え、冷蔵庫にて冷却後にろ過し、より純度の高いリコペンの結晶を得た。ここにメタノールを加えて再結晶を行った。この結晶を酢酸エチルで溶かしたものとろ液を、ヘキサン:トルエン=19:1の体積比で混合した展開溶媒でTLCを行った。その結果を図1-cに示す。

これらの結果から、メタノール抽出によって予め夾雑物を減らすことが有効で、その後の再結晶による精製を容易に行えることがわかった。

2-2. パプリカ粉からのカプサンチンの抽出

市販のパプリカ粉を実験2-1と同様の方法でメタノール、酢酸エチルの順に抽出し、先行研究²⁾と同様の方法でTLCを行った(図3)。メタノール抽出液には、 $R_f=0.61$ より下に黄、橙色のスポットが多く見られた。酢酸エチル抽出液では、 $R_f=0.62$ に赤く、濃いスポットが見られた。このスポットは自然光下では特徴的なカプサンチンの色(橙色~赤褐色)と一致している。先行研究²⁾ではカプサンチンが同様の展開溶媒を用いて $R_f=0.28$ と示されているが、カプサンチンには図4に示すようなエステル体(モノエステル体、

ジエステル体)が存在していることが知られている。我々は高極性の物質をメタノールで除いた後に酢酸エチルによる抽出を行ったため、三種類の中で最も極性の小さいカプサンチンのジエステル体が抽出されているのではないかと考えている。



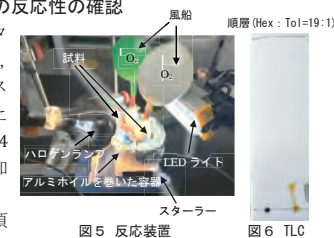
3. リコペンの抗酸化作用の確認

3-1. 酸素雰囲気下での紫外線照射

実験2-1で得られた試料②を染み込ませた紙2枚をそれぞれ酸素置換、窒素置換した試験管に密閉し、紫外線を照射した。酸素置換をした方は20分程度で色が完全に消失したのに対し、窒素置換したものは色が完全に消失するまで1時間以上を要した。このことから紫外線によるリコペンの分解は酸素条件下の方が起こりやすいことがわかった。これは、酸素が紫外線を受けて生成するオゾンがリコペンをオゾン分解するためであると考えられる。

3-2. メチレンブルーの光増感作用を利用した一重項酸素との反応性の確認

平底試験管A, Bにそれぞれ5mLの試料②溶液と5mLのメタノールを加え、Aには固体のメチレンブルーを加えた。試験管A, Bの内部を酸素の風船をつけた三方コックで酸素置換した後、スターラーで攪拌子を回転させながら、白色光を5分間照射した(図5)。これらの反応液のTLCの結果を図6に示す。 $R_f=0.14$ の橙色スポットがリコペンと考えられるが、メチレンブルーを加えたAの方がBよりこのスポットが薄くなっていることから、メチレンブルーの存在下では、光増感作用によって生じた一重項酸素によってリコペンが酸化されていることが確認できた。



4. まとめと今後の展望

今回の実験では、リコペンとカプサンチンの抽出を行った。リコペンについては酸素雰囲気酸化において紫外線照射やメチレンブルーの光増感作用による反応をTLC分析で確認することができ、その抗酸化作用について観察することができた。アスタキサンチンについても現在抽出実験を行っているところで、研究会ではこの結果も合わせて報告したい。また、抽出したリコペンやカプサンチン、アスタキサンチンについてもカラムクロマトグラフィーを用いて高純度にしていこうと考えている。さらに、紫外線照射下やメチレンブルーを用いた酸素とこれらの物質との反応を観察し、物質ごとの抗酸化力の違いを観察してみたいと考えている。

参考文献

- 1) M.-K. ROH, M.-H. JEON, J.-N. MOON, W.-S. MOON, S.-M. PARK, J.-S. CHOI “ A simple method for the isolation of lycopene from lycopercicon esculentum ” Botanical Sciences, 91, 187-192, 2013
<https://www.scielo.org.mx/pdf/bs/v91n2/v91n2a6.pdf>
- 2) 岡 尚男 “ 薄層クロマトグラフィーによる食品中のカロチノイド系天然着色料の一斉分析 ”
<http://www.mac.or.jp/mail/070501.03.shtml>
- 3) 有福 一郎 “ カニ殻からのアスタキサンチンの抽出 ” 鳥取県産業技術センター研究報告, 2013
<https://tiit.or.jp/userfiles/report2013/07%20report2013-7%20b.pdf>
- 4) 大澤 絢子, 伊藤 桂衣, 内山 愛, 鈴木 真衣, 伊藤 久美子, 福尾 菜美, 眞岡 孝至, 新藤 一敏 “ 十脚目甲殻類に含有されるカロチノイドに関する研究 ” 日本家政学会誌, Vol.64, 443-450 (2013)
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jhej/64/8/64_443/_pdf

塩酸による旨味成分の抽出

千葉県立柏高等学校

○吉田晴輝

1. 研究の背景と目的

うま味調味料の製造方法として塩酸を用いた酸加水分解がある。それを一般家庭で出汁をとる手順に応用することによって、通常の方法より効率良くうま味成分を抽出できないかと考えた。本研究では、塩酸の濃度と抽出されるうま味成分の濃度の関係、抽出時間と抽出されるうま味成分の濃度の関係について調べ、短時間で高濃度の美味しい出汁の抽出方法を探っていく。また、うま味成分はイノシン酸ナトリウムに焦点を当てた。

2. 実験方法

2-1 実験方法

- ① 3種類の濃度の塩酸 100 mL と水道水を溶媒とした。溶媒を加熱し、そこへ頭と腑を除いた上 1 cm 程度に砕いた煮干し 5.0 g を入れる。
- ② 加熱しながら規定時間煮出した。
- ③ 使用した塩酸と同濃度の水酸化ナトリウム 100 ml で中和した。6M 塩酸、6M 水酸化ナトリウムを用い、pH を 7 前後に調整した後、ろ過した。
- ④ ろ過された出汁を蒸留水で 10 倍に希釈したものを試料液とする。

2-2 分析方法

紫外可視分光光度計を用いて分析を行った。イノシン酸ナトリウムの吸収スペクトルの 250 nm において、『味の素® (イノシン酸 1.25 %)』より、イノシン酸ナトリウムの検量線を作成した。その検量線を利用し、試料液から濃度を導いた。

3. 結果・考察

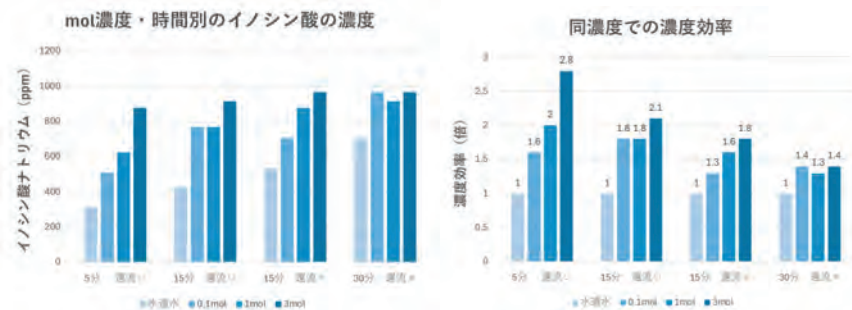


図 1

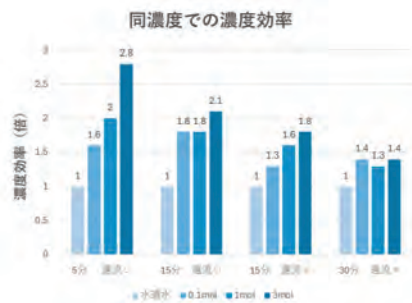


図 2

図 1 は各塩酸濃度 (0.1~3 mol/L) と水道水における抽出時間ごとのイノシン酸ナトリウム濃度を表している。抽出されるイノシン酸ナトリウムの量は、酸加水分解で使用する塩酸の濃度と抽出時間によって変化していくことがわかる。短時間では、塩酸の濃度が大きい方が、抽出されるイノシン酸ナトリウムの量も多くなっているが、長時間抽出を行う場合、塩酸の濃度によるイノシン酸ナトリウムの抽出量はそれほど差がなかった。このことから濃度の大きい塩酸を使用することで、酸加水分解の反応速度が大きくなり、早くうま味成分を抽出できるということがわかった。

図 2 は各抽出時間 (5~30 分) において、水道水で抽出したときのイノシン酸ナトリウムの濃度を 1 としたときの相対的な濃度を表している。抽出時間を長くするほど水道水で抽出したときの差が小さくなっていることから、長時間であるほど塩酸の恩恵を受けにくいと考えられる。また 3 mol/L の塩酸で 30 分煮出すと、中の煮干しは跡形もなく溶け去り、水道水でも細く解けていた。このことから、出汁をとるといふ行為の時間と温度設定においては酸加水分解と熱加水分解の影響が同程度現れると考えた。

4. 結論

図 2 を見ると 3 mol/L 塩酸を使用するのが最も効率が良くみえる。しかし、同濃度の水酸化ナトリウムで中和することによって 3 mol/L の塩化ナトリウムが生じてしまう。塩化ナトリウムの分子量を 58.5 とすると、200 ml に 35.1 g、塩分濃度 17.6 %、醤油と同程度である。そのため、3 mol/L 塩酸を使用するときは水で薄めるなど工夫が必要だが、そうするとイノシン酸ナトリウムの濃度も薄まるため本末転倒である。そのため、うどんやそばの麵つゆなど多少塩味のあるものには 1 mol/L 塩酸を、味噌汁など後から塩味を追加するものには 0.1 mol/L 塩酸を使用するのが最適である。

5. 今後の展望

考察でも言及したように熱加水分解の影響が考えられるため、煮出すのではなく水出しを行うことで熱加水分解の影響を極めて小さくできると考えた。また、美味しい出汁という趣旨からズレてしまうが、他の酸を使用した場合、価数による影響などがあるのではないかと考えた。結論にて言及した塩化ナトリウムをイオン交換膜を使用することで除去することができたら、塩分濃度は低くイノシン酸ナトリウム濃度は高くできると考えた。

6. 参考文献

味の素株式会社 <https://www.ajinomoto.co.jp/> 2024.10.9

大塚電子株式会社 旨味調味料中のイノシン酸

<https://www.otsukael.jp/appcase/detail/caseid/34> 2024.10.9

第 42 回化学クラブ研究発表会

【委員一覧】

委員長 新倉 謙一（日本工業大学 基幹工学部）

委員 入谷 康平（東京工科大学 工学部）

岩藤 英司（多摩大学目黒高等学校）

田中 学（東京都立大学 都市環境学部）



©2025

公益社団法人 日本化学会関東支部

〒101-8307 東京都千代田区神田駿河台 1-5

2025年3月7日発行