

好事例1 歯から溶出したカルシウムイオン濃度の測定方法の確立

2 班 化学分野①

1. 序論

(1) 語彙の説明

K_{sp} とは溶解度積（溶解度と同じように溶解する限界値）のことで、チンダル現象とはコロイド溶液に光を当てるとその道筋がみえる現象のことである。

(2) 研究の背景・目的・意義

日本人ひとり当たりの永久歯の平均虫歯数は約 14 本虫歯が原因で抜かれる永久歯は約 4 本となっている（厚生労働省，2017）。そのため、う蝕の程度を評価するため、簡便なカルシウムイオン濃度の測定方法の確立を目指した。西口らの「清涼飲料数によるエナメル質の脱灰」（1995）では特殊な試薬が必要であった。よって高校生レベルの知識と機材での測定が可能な高知小津高校の「清涼飲料水と脱灰作業～唾液の保護効果～」(2022)を参考とした。その検証と改良を行う。すなわち、 K_{sp} を利用してカルシウムイオン濃度の定

B 量を高校生レベルの知識と機材で確立を目指す。

2. 実験

(1) カルシウムイオン濃度測定方法

CaCl_2 （カルシウムイオン Ca^{2+} ）水溶液を Na_2CO_3 （炭酸イオン CO_3^{2-} ）水溶液に滴下したとき、生じた CaCO_3 が溶解度より多いと炭酸カルシウム CaCO_3 が沈殿する。これを利用してすることで Ca^{2+} 濃度が求められる。先行研究では溶解度積 K_{sp} を利用している。

(2) 実験1 K_{sp} の測定

A CO_3^{2-} 水溶液(1.0mol/L~0.0001mol/L)の各1mLに Ca^{2+} 水溶液(1.0mol/L~0.0001mol/L)をチンダル現象が起こるまで滴下しチンダル現象が見られたときの Ca^{2+} 水溶液の滴下量を測定した。表に書いていないものは沈殿がおきなかった。

表1 チンダル現象が見られたときの Ca^{2+} 水溶液の滴下量

		Ca^{2+} 水溶液の濃度と滴下量	
		0.01 mol/L	0.1 mol/L
CO_3^{2-} 水溶液の濃度 (体積はすべて1 mL)	0.1 mol/L	—	0.0667 mL
	1 mol/L	0.411 mL	0.0200 mL

$K_{sp} = (\text{初期 } \text{CO}_3^{2-} \text{濃度} \times 1 \text{ mL} \times \text{初期 } \text{Ca}^{2+} \text{濃度} \times \text{Ca}^{2+} \text{滴下量}) / \text{全体体積の2乗}$ の式にそれぞれ代入し、

$$K_{sp} = 5.86 \times 10^{-4} \quad (\text{CaCl}_2 0.1 \text{ mol/L} \quad 0.067 \text{ mL} \text{ を } \text{Na}_2\text{CO}_3 0.1 \text{ mol/L} \quad 1.0 \text{ mL} \text{ に滴下})$$

$$K_{sp} = 1.92 \times 10^{-3} \quad (\text{CaCl}_2 0.1 \text{ mol/L} \quad 0.02 \text{ mL} \text{ を } \text{Na}_2\text{CO}_3 1.0 \text{ mol/L} \quad 1.0 \text{ mL} \text{ に滴下})$$

$$K_{sp} = 2.0 \times 10^{-3} \quad (\text{CaCl}_2 0.01 \text{ mol/L} \quad 0.41 \text{ mL} \text{ を } \text{Na}_2\text{CO}_3 1.0 \text{ mol/L} \quad 1.0 \text{ mL} \text{ に滴下})$$

と結果が出た。温度差によるずれは大きくなってしまったものの、先行研究よりも教科書に近い値を出すことができた。

(3) 実験2 歯のカルシウムイオン濃度の測定

豚の上顎から採取した歯を $\text{pH}=2$ の塩酸と精製水にそれぞれ 3 時間、41 時間つけて対照実験し歯の溶出量の測定をした。歯を溶かした後の HCl 1.0mL に 1.0mol/L の Na_2CO_3 をチンダル現象が見られるまで滴下した。 Na_2CO_3 の滴下量の 3 回の結果の平均は 0.093mL であり、 $K_{sp}=2.0\times 10^{-3}$ を用いて Ca^{2+} 濃度 $=2.57\times 10^{-2}\text{mol/L}$ と出た。しかし、他の実験との比較ができていないため、正確であると断言できない。

(4) 実験3 ジルコニア版の耐久性について

実験1と実験2とは無関係の実験だが、最近セラミックを歯の代用品として用いている人を多く見るのでジルコニア板（セラミック）を塩酸に浸し、耐久性について調べた。3 か月置いたが変化はなかった。

3. 結論・展望

高校生レベルでのカルシウムイオン濃度の測定法の確立ができた。しかし、 K_{sp} のズレが発生した。教科書では沈殿が生じたときの値を用いたが、私たちの実験ではチンダル現象が起きたときの値を用いたことからこのズレが表れていると考えられる。先行研究では $1.0\times 10^{-4}\text{mol/L}$ の塩化カルシウム水溶液 20mL に $1.0\times 10^{-4}\text{mol/L}$ の炭酸ナトリウムを滴下、という 1 通りの実験を行ったが、私たちの実験ではいくつかのモル濃度を用いて実験を行ったため、先行研究より教科書に近い K_{sp} の値が出たのはこのことが理由であると思われる。また、歯を用いた実験に近いカルシウムイオン濃度における K_{sp} を用いることができた。

今回の研究では、実験数の不足から正確さに欠けたので実験数を増やし平均をとりやすくし、確実な数値であるか確認するために、他の測定法（キレート滴定など）とも比較していく必要がある。

4. 参考文献

- ・齋藤烈・藤嶋昭 他 19 名(2021).「コロイド」. 齋藤烈・藤嶋昭編著.『化学改訂版』. 啓林館.
- ・西口栄子, 藤野富久江, 伊ヶ崎理佳, 渡部恵子, 鈴木幸江(1995).「清涼飲料水によるエナメル質の脱灰」.『口腔衛生学会雑誌』, 45, 314-321
- ・中越 郁也, 山地 匠, 伊部 隼人, 小島 昂太(2021).「清涼飲料水と脱灰作用～唾液の保護効果～」.『令和3年度理数科課題研究論文集』, 11-13.
- ・厚生労働省(2017). 平成 28 年歯科疾患実態調査結果の概要.
<https://www.mhlw.go.jp/toukei/list/dl/62-28-02.pdf>. 2023 年 2 月 16 日

好事例2 炭の種類や条件を変えた時の浄化能力の違い

3 班 化学分野②

1. はじめに

(1) 背景・目的

私たちは最近水不足という言葉をよく耳にする。それはアフリカの国々で飲料水が不足しているというものだった。そこで私たちは汚水を炭によって浄化することができないのかと思いこの実験を行うことにした。今回の実験では水の中の COD、PO₄、NO₃、NO₂、NH₄の含有量をもって浄化されたかどうかを判断した。

(2) 仮説

私たちは炭を入れることで水は浄化されるという仮説と炭との接触時間の長さや入れた炭の質量に比例して水が浄化されるという 2 つの仮説を立てた。

2. 調査内容・結果

(1) 実験材料

汚水の材料として本校の防水用を使い、以下原水と表記した。

(2) 調査内容

① 炭の種類（統一条件；粉末状 BBQ 炭 1.0g を原水と 1 時間接触）

使用した炭は活性炭、バーベキュー用燃料炭（BBQ 炭）、菜園用炭、食用炭である。

② 接触時間（統一条件；粉末状 BBQ 炭 1.0g を使用）

10 分、1 時間、1 日と変化させた。

③ 形状（統一条件；粉末状 BBQ 炭 1.0g を使用）

粉末状と固形状に変化させた。

④ 質量（統一条件；粉末状 BBQ 炭 1.0g を使用）

0.1g、1.0g、10g に変化させた。

(3) 調査手法

A 原水に指定の炭を入れ規定の時間が経ったのちろ過を行う。ろ液中の COD、PO₄、NO₃、NO₂、NH₄の含有量をパックテストで測定する。

(4) 調査結果及び考察

① 炭の種類による浄化力の違い

活性炭が一番 5 つの物質の量を減少させた。炭なしに比べて 5 つの物質が少なくなっているのは NO₃ のみであり、また NH₄ と PO₄ は増えていた。これにより炭が吸収する量より炭から放出される量のほうが多いと推測した。

② 炭の接触時間による浄化力の違い

10 分のほうが 1 時間より浄化させた。これは私たちが

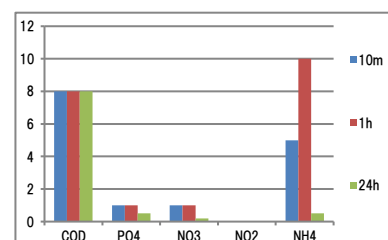


図1 炭の種類による浄化力の違い

立てた仮説と異なっていた。この結果について私たちは表面から溶け出したものが次第に吸収されていったのではないかと考えた。

③ 炭の形状による浄化力の違い

粉末状と固形状とでは固形状のほうが物質の量を減少させていた。

④ 炭の質量による浄化力の違い

PO₄は1.0gと10gで同じだけ物質の量を減少させた。NO₃、NH₄では1.0gより10gのほうが物質の量を減少させた。PO₄においては私たちの立てた仮説と異なっていた。

(5) 追加調査及び結果

特に変化の大きかったNH₄のみ本当に炭がNH₄を含んでいるのか調べるため、追加調査を行った。その結果炭をいれた精製水からNH₄が検出されたことからやはり炭にはNH₄が含まれていることが分かった。

A

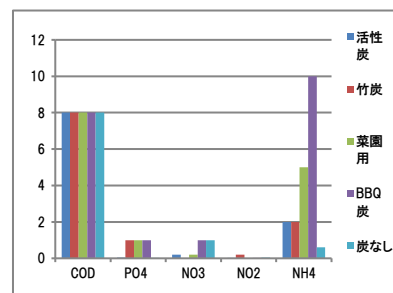


図2 炭の接触時間による浄化力の違い

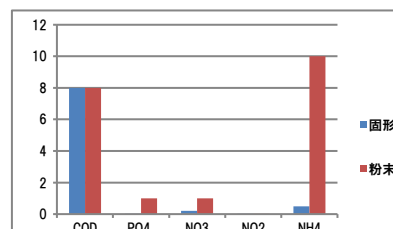


図3 炭の形状による浄化力の違い

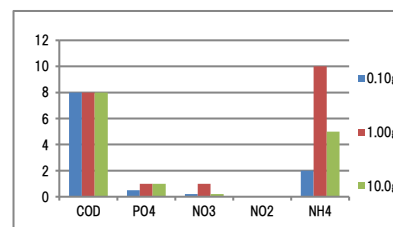


図4 炭の質量による浄化力の違い

3. まとめ

今回私たちが行った調査は予算や時間の都合状、調査に必要なデータを十分に得ることができなかった。炭には様々な物質が入っていることが分かった。しかし私たちの調査目的であった飲料水の得るという点においてはさらにさまざまな物質の有無について調べる必要があり今回の調査だけでは分からなかった。展望として様々な物質の有無について調べることでバーベキュー用炭の活性炭と活性炭の違いについて調べることが挙げられる。

4. 参考文献

- 『水質基準項目と基準値』厚労省(51項目)(2017)
- 『水と空気の100不思議』左巻健男/東京書籍
- 『水の辞典』太田猛彦 他/朝倉書店
- 『水域浄化、環境技術解説』環境展望台(2010)
- 『木炭を用いた水質浄化に関する研究』
- 鹿村厚子・谷内博規/岩手林技術センター研報『木炭を用いた水質浄化に関する研究』(agriknowledge.affrc.go.jp)

好事例 3

植物と似た性質をもつミドリムシの 分裂速度・個体数が音楽から受ける影響 5 班 生物分野

1. ミドリムシの可能性と研究意義

ミドリムシには持続可能な社会に必要な要素がたくさあり、近年では地球が抱える食糧問題や温暖化問題などの解決策になりえるとして、多くの大学や研究機関で研究が進められている。

植物における音の影響という先行研究ではマラカス木ギにクラシックとロックをそれぞれ聞かせたところクラシックを聞かせた方の発芽・発根率と芽・根の伸びがともに向上していた。それを受け、私たちは音楽によって植物の発芽・発根率にあたるミドリムシの増殖速度を向上させることができないかと考えた。そして、先行研究と同様に最もミドリムシの増殖速度が向上する音楽はクラシックと予想した。音楽によってミドリムシの増殖速度に変化があるか、またミドリムシの増殖速度が向上する音楽のジャンルは何かを調べる。

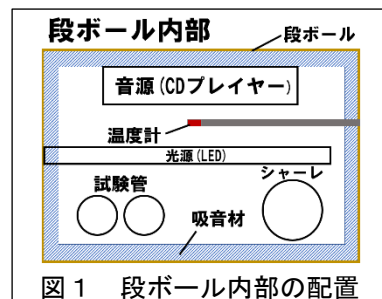
2. 実験

(1) 研究方法

ジャズ、クラシック、ロック、音楽なしの4つの条件に分け、1週間ミドリムシに音楽を聞かせて培養し、「実験開始時のミドリムシの個体数」と「1週間後のミドリムシの個体数」を比較し、最も増殖速度が向上した音楽を調べる。光源は午前8時に手動で点灯させたのち12時間後に自動的に消灯する。音楽は常時流しておく。

(2) 実験準備

音楽が互いに影響し合わないようにするため、音楽ごとに段ボールの部屋を作り、その中で実験を行う。段ボールの部屋は防音材と段ボールを重ね防音構造になるよう製作した。光源にはLEDライト、音楽の再生にはCDプレイヤーを用いた。音源、光源、温度計は図1のように配置した。



(3) 実験 1

【準備】各段ボールに同濃度のミドリムシの入った溶液を、試験管2つ、シャーレ1つに分配する。

【結果】表1より、4つの条件のうち音楽を聞かせていないミドリムシが最も増加し、音楽を聞かせたものの中ではロックの下でのミドリムシが最も増加した。

【考察】対照実験が行えていないため正確な実験結果とは断言できないが、音楽を聞かせない方がミドリムシの増殖速度は速いのかも知れない。反省点・改善点としては、スピーカーの排熱により各条件の段ボール内部の温度に大きな差が生まれてしまった。また、ジャズの音楽が途切れてしまった。このような要因のため対照実験が行えていなかった。

表1 顕微鏡 100 倍率の視野内の個体数 (実験 1)

10/13	音楽	試験管 A	試験管 B	シャーレ
	ジャズ	0	7	0
	クラシック	4	55	0
	ロック	123	212	27
	(なし)	108	36	286

(4) 実験2

【準備】実験1の反省を生かし、以下の2点を変更した。

- ・温度が高くなりすぎないように段ボール内の密封度を低くした。
- ・実験1での試験管A,Bのミドリムシがほぼ全滅したため、新たに違う容器のミドリムシから試験管2つ、シャーレ2つを用意した。実験1と同様に各段ボールに同濃度のミドリムシの入った溶液を分配した。実験開始時のミドリムシの個体数は実験1と同じとする。

【結果】表2より4つの条件のうちロックを聞かせたミドリムシが最も増加した。

【考察】植物の先行研究ではクラシックでの結果が最もよかったが、ここではロックでの結果が最もよかった。ミドリムシの増殖速度を向上させるため

にはロックを聞かせることが有効なのではないか。反省点・改善点としては、実験1と同様に段ボールごとに温度差が生まれ、対照実験を十分に行えていなかった。

表2 顕微鏡100倍率の視野内の個体数(実験2)					
11/17	音楽	試験管A	試験管B	シャーレ	シャーレ
ジャズ 29℃		7	10	6	6
クラシック 26℃		2	8	4	0
ロック 23℃		13	51	4	21
(なし) 20℃		8	10	6	7

3. まとめ

(1) 結果

「ジャズ、クラシック、ロック、音楽なし」のうち実験1では、音楽を聞かせていないミドリムシが最も増加した。実験2では、ロックを聞かせたミドリムシが最も増加した。

(2) 展望

“植物に音楽を聞かせた場合、効果がない”という先行研究も存在するが、今回の研究では“植物に音楽を聞かせた場合、効果がある”という先行研究を前提として行ったものである。実験1では段ボール内の温度にばらつきが生まれ、対照実験が行えなかった。それを踏まえて実験2を行ったが、やはり温度にばらつきが出てしまい再度、対照実験が行えなかった。実験期間中は段ボール内の温度をこまめに計測し調整する必要がある。

今回の実験ではミドリムシの個体数を条件ごと2枚の写真の平均により求めた。これは局地的な結果となってしまった可能性がある。局地的な結果とならないためにはさらに多くの写真から個体数を数え平均を求める必要がある。

4. 参考文献

佐野日本大学高等学校 佐藤優紀(2013年)「植物における音の影響」

<https://kyodonewsprwire.jp/release/202104294368>. (2022.10.12)

Jessica Pignataro 「それほど秘密ではない、植物からの音楽の生態」

<https://calmradio.com/ja/calmlife/5699-the-not-so-secret-life-of-music-from-plants>. (2022.10.12)

国土緑化株式会社「植物はクラシックがお好き、おばあちゃん大学生の大発見」

<https://www.kokudoryokuka.co.jp/column/597/>. (2022.10.12)

グリーン growers (2022.07.25)「ユーグレナの凄さとは?その理由と魅力を徹底解説」

<https://mygreengrowers.com/blog/euglena/>. (2022.10.12)

好事例 4 家庭でできるカレーの有効な保存方法 ～pHの変化の測定～

7 班 健康分野②

1. はじめに

(1) 研究目的

B カレーの温度や保存方法などの保存条件を変えて、pHの変化を測定することで、腐敗と発酵のどちらが進むのかを考え、短期保存に有効な方法を見つける。

(2) 研究意義

腐敗と発酵の進み方を考えることで、安全に作り置きができ、料理の手間を省くことができる。

(3) 先行研究

糖分は微生物に分解されると乳酸や酢酸などの有機物を生成してpHが下降、これを発酵という。たんぱく質が微生物によって分解されると窒素を含むアミンやアンモニアが発生してpHが上昇、これを腐敗といい、腐敗は人体にとって特に有害である。

(4) 仮説

A カレーは日数が経つと腐敗が進むことで、pHが上昇する。また、常温保存の場合、冷凍保存、冷蔵保存に比べ、pHが急激に上昇する。

2. 調査内容・結果

(1) 調査方法

A 保存条件を表1のように設定し、それぞれの日数経過後に、pH試験紙でpHの変化を色で測定して、pH変化を調べる。

表 1 調査条件

保存状態	保存方法	日数
皿＋ラップ	冷蔵	11 日
タッパー	冷蔵	11 日
	常温	11 日
真空ジップロック	冷蔵	11 日
	冷凍	2 か月

(2) 調査結果

冷蔵保存の場合は図2のようになり、真空ジップロックは6日目に最もpHが低くなり、6日目から7日目にかけて急激に上昇した。

タッパーは全体的に不安定、皿はpHがなだらかに下降した。見た目の変化としては、皿、タッパー、真空ジップロックすべて、4日目頃

頃から油が分離したり、肉が柔らかくなったりなどの変化が見られた。冷凍保存で真空ジップロックに入れて保存した場合は1.5か月、2.5か月ともにpHは6.5と変化はなかった。常温保存でタッパーに入れて保存した場合は、図3のように4日目まで上昇した。5日目の時点では、白い膜が張っていたり、刺激臭がしたり、感触がゼリー状など、明らかに食べられる状態ではなかった。

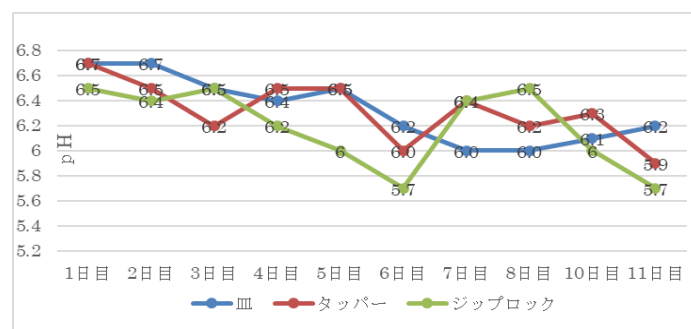


図2 冷蔵保存におけるpH変化

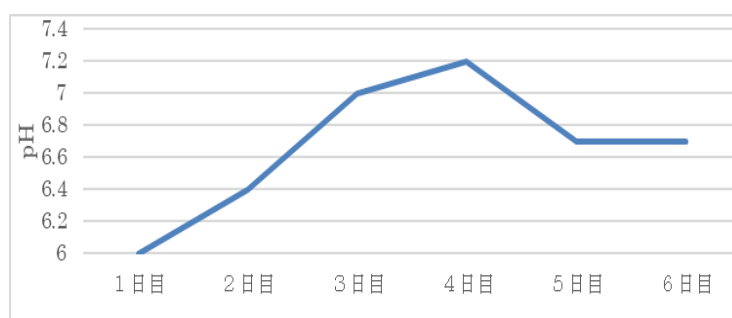


図3 常温保存(タッパー)におけるpH変化

3. まとめ

(1) 結果

ジップロック（冷蔵）の場合、6日目までpHが低下し続けた。常温保存では日がたつにつれ明らかに腐敗が進み、pHが上昇した。

(2) 結論

ジップロック（冷蔵）の場合、6日目までpHが下降していることから、6日目まではたんぱく質の分解が抑制され、主に糖が分解され発酵が起こっている。また、家庭での実用性を考えたときに、冷凍保存では解凍するときに細胞が落ちるということもあり、カレーの短期保存に有効な方法は、冷蔵保存で真空ジップロックに入れて保存する方法である。

(3) 展望

カレー以外の食品でも、成分別に分けて調査したい。また、データにばらつきがあったので、保存期間を長くして調査したり、計測するデータの母数を増やしたりして個体差によって生じるぶれを小さくして調査したい。そして、pH試験紙では測定するときに色の感じ方に個人差が生じて正確に数値を読み取れない可能性があるため、細菌チェッカーを使用して、細菌の有無を正確に調査したい。

4. 参考文献

内閣府食品安全委員(2016). 微生物や酵素による化学反応その 1.

https://www.fsc.go.jp/e-mailmagazine/mailmagazine_h2802_r1.html2022.6.22

CRS 食品衛生環境研究所(2010).食の話

<https://www.crc-group.co.jp/esc/hanashi/syoku-23.html> 2022.6.22

料理科学の森(2020).腐敗と pH. <https://ryourikagakunomori.jp>.2022.6.22