

yoghur+

安部 美里 石橋 祐里菜 乾 愛実 大江 菜月 稗田 早紀

1. 緒言

私たちは、食品の腐敗や発酵に興味をもち、食品の腐敗や発酵の程度を、高校生のできる範囲の実験で数値化することが出来ないかと考えた。そのための実験材料として、身近にある発酵食品であるヨーグルトに着目した。

ヨーグルトの定義は、「乳および乳酸菌を原料としブルガリア菌とサーモフィルス菌が大量に存在しその発酵作用で作られたもの」である（1977年、FAO および WHO による）(*1)。また、ヨーグルトは、乳に含まれるたんぱく質であるカゼインが乳酸によって凝固することによってつくられる。

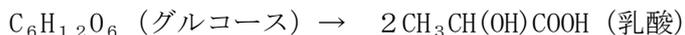
辞書(*2)によると、発酵とは「狭義には、炭水化物が微生物によって無酸素的に分解されること」をいい、腐敗とは「微生物の作用で、主に嫌氣的に分解され、悪臭を放つなど有害な物質を生成する」ことをいうが、本研究では、まず市販ヨーグルトの腐敗過程を研究した。しかし後述するように全体が腐敗する前にカビが繁殖し、実験に支障を来したので、次に自作ヨーグルトの発酵過程を研究した。

腐敗については、「腐敗する→酸味が増す→含まれる酸の量が増加する」と予想し、中和滴定により、時間の経過に伴う酸量（ヨーグルトに含まれる酸の総量）の変化を調べた。さらに、甘さにも変化があるのではないかと予想し、糖度計による糖度の測定も行った。

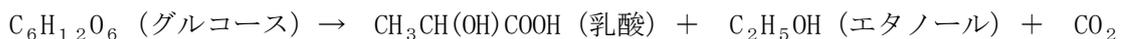
発酵については、先の腐敗実験で、材料である牛乳と、生成物であるヨーグルトの間で、酸量や糖度が大きく異なることが分かったので、その変化の過程を知るため、ヨーグルト自作過程での時間の経過に伴う酸量・糖度の変化を調べた。（一部実験ではpHの変化も測定した。）

本実験の発酵は乳酸発酵である。乳酸発酵には次の3経路があるという。(*3)

① ホモ乳酸発酵



② ヘテロ乳酸発酵



③ ヘテロ乳酸発酵（ピフィズム経路）



ブルガリア菌（ラクトバチルス デルブリュッキー亜種ブルガリスク）は①式で、ピフィズム菌は③の式で乳酸発酵を行う。(*3)いずれも発酵により酸が生成するので、中和滴定によって酸量を測定することで発酵の進行を数値化することができると考えられる。ただし、中和滴定では存在する酸の全量を測定することしかできない。食品という複雑な混合物の、しかも微生物が関与する反応であるので、上記以外の反応による他の酸の生成も考えられるが、私達では含まれる酸の分析はできなかったので、それらは誤差と割り切って実験を行い、試料の酸量変化を発酵の主な指標とした。

2. 実験方法

実験には以下の市販ヨーグルト、牛乳等を使用した。以下本報告書では略称を使用する。

表1 実験に使用した市販ヨーグルト・牛乳・その他材料の商品名と略称

会社名	商品名	略称	原材料
株式会社 明治	明治ブルガリアヨーグルト LB81 プレーン 450 g	[ブルガリア]	生乳、乳製品
雪印メグミルク株式会社	ナチュレ 恵 脂肪0	[恵]	乳製品、乳たんぱく質、 ガラクトオリゴ糖シロップ
森永乳業株式会社	森永ビヒダス プレーンヨーグルト BB536	[ビヒダス]	生乳、乳製品
高梨乳業株式会社	北海道プレーンヨーグルト	[北海道プ]	脱脂濃縮乳、生乳、クリーム
やまぐち県 酪乳業株式会社	そよ風ヨーグルト	[そよ風]	乳製品、砂糖、植物油脂、 ゼラチン、寒天、香料
株式会社いかるが 牛乳	いかるが 3.6 牛乳	[いかるが]	生乳
森永乳業株式会社	森永のおいしい牛乳	[無調整]	生乳
	森永のおいしい無脂肪乳	[無脂肪]	脱脂濃縮乳、 脱脂粉乳、生乳
スジャータ めいらく グループ	有機豆乳	[豆乳]	有機大豆（遺伝子組み換えで ない）
	スジャータホイップ	[生クリーム]	植物油脂、乳製品、乳化剤（大 豆由来）、メタリン酸Na、安 定剤（タマリンド）、香料、 カロチン色素
株式会社 ヤクルト	ヤクルト	[ヤクルト]	ぶどう糖果糖液糖、砂糖、脱 脂粉乳、香料

表2 実験に使用した市販ヨーグルトの成分表示一覧(100gあたり)

成分	[ブルガリア]	[恵]	[ビヒダス]	[北海道プ]	[そよ風]
熱量	62kcal	42kcal	65kcal	59kcal	80kcal
たんぱく質	3.4g	4.0g	3.7g	3.7g	3.3g
脂質	3.0g	0g	3.1g	2.6g	1.3g
炭水化物	5.3g	5.7g	5.5g	5.1g	13.8g
ナトリウム	51mg	53mg	50mg	45mg	42mg
カルシウム	109mg	120mg	120mg	110mg	100mg
ガラクトオリゴ糖	—	0.16g	—	—	—

表3 実験に使用した市販牛乳の成分表示一覧(100gあたり)

成分	[いかるが]	[無調整]	[無脂肪]
熱量	69kcal	67kcal	46kcal
たんぱく質	3.4g	3.3g	4.4g
脂質	3.9g	3.8g	0.4g
炭水化物	5.0g	4.8g	6.3g
ナトリウム	40mg	43mg	52mg
カルシウム	113mg	114mg	146mg

表4 実験に使用したその他の材料の成分表示一覧(100gあたり)

成分	[豆乳]	[生クリーム]	[ヤクルト]
熱量	55kcal	358kcal	77kcal
たんぱく質	5.0g	1.2g	1.2g
脂質	3.0g	38.0g	0.15g
炭水化物	2.0g	2.8g	17.7g
ナトリウム	3.0mg	40mg	18mg
カリウム	217mg	—	—
カルシウム	17mg	—	—
マグネシウム	30mg	—	—
ビタミンE	30mg	—	—
レシチン	205mg	—	—
イソフラボン	30mg	—	—
γ-アミノ酪酸 (GABA)	2mg	—	—

○ 酸量、糖度、pHの測定方法

腐敗実験、発酵実験とも次の実験方法で各値を測定した。

① 酸量測定

- ・ ヨーグルト（市販、自作を含む）5.0gを量りとり、蒸留水40mL加えて、できるだけ溶かし、これを測定試料とする。
- ・ 測定試料を、指示薬としてフェノールフタレイン（キシダ化学）を用い、約0.050mol/Lの水酸化ナトリウム（キシダ化学 特級）水溶液で中和滴定する。これを3回行い、平均値を滴定結果とする。
- ・ 滴定結果を酸量（すべて一価の酸と仮定して計算した酸のモル濃度）に換算する。

② 糖度測定

- ・ ヨーグルト（市販、自作を含む）を少量とり、ポケット糖度計（アタゴ 「PAL-1」）を用いて糖度を測定する。

③ pH測定

- ・ ヨーグルト（市販、自作を含む）少量とり、万能pH試験紙（アバンテック東洋 UNIV ユニバーサル試験紙(ロールタイプ pH1~11)）を用いてpHを測定する。

I. 腐敗実験

- ・次の5種の市販のヨーグルトを開封し、軽く蓋をした状態で、室温で放置する。
[ブルガリア], [恵], [ビヒダス], [北海道プ], [そよ風]
- ・開封後から、1週間ごとに酸量、糖度の測定を行う。
- ・[ブルガリア]は3週目で、他は6週目で、カビが繁殖がひどく、実験継続を断念した。

II. 発酵実験

発酵実験① 牛乳を原料とした自作ヨーグルトの発酵実験

- ・[ブルガリア]小さじ1 (約5g)と[いかるが]100mLをプラスチック容器に入れる。
これを7個用意する。
- ・40℃に保った恒温器で発酵させる。発酵時間0時間, 5時間, 10時間, 15時間, 20時間, 25時間, 30時間の試料について、それぞれ酸量、糖度、pHの測定を行った。

発酵実験② 牛乳以外を原料とした自作ヨーグルトの発酵実験

- ・[いかるが]の代わりに次の3種を用いて、発酵実験①と同様の方法で25時間発酵させ、酸量、糖度、pHの測定を行った。
[豆乳], [生クリーム], [ヤクルト]

発酵実験③ 発酵時間5~10時間に的を絞った発酵実験

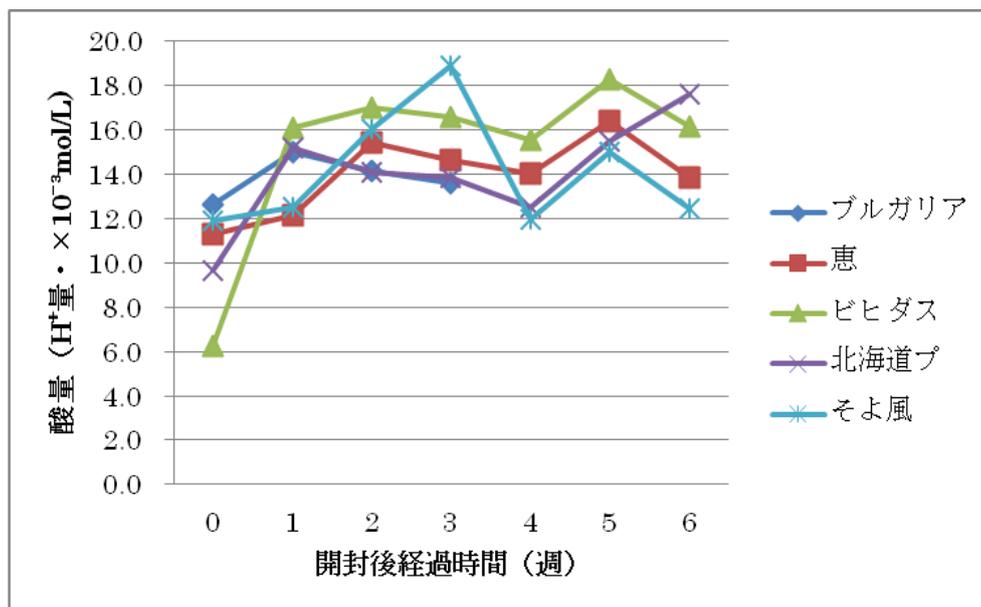
- [ブルガリア]小さじ1(約5g)と[無調整]100mLをプラスチック容器に入れたものを、発酵実験①と同様の方法で、5時間, 6時間, 7時間, 8時間, 9時間, 10時間発酵させ、酸量、糖度の測定を行った。

発酵実験④ 牛乳に熱処理を加えた場合や成分が大きく異なる場合の発酵実験

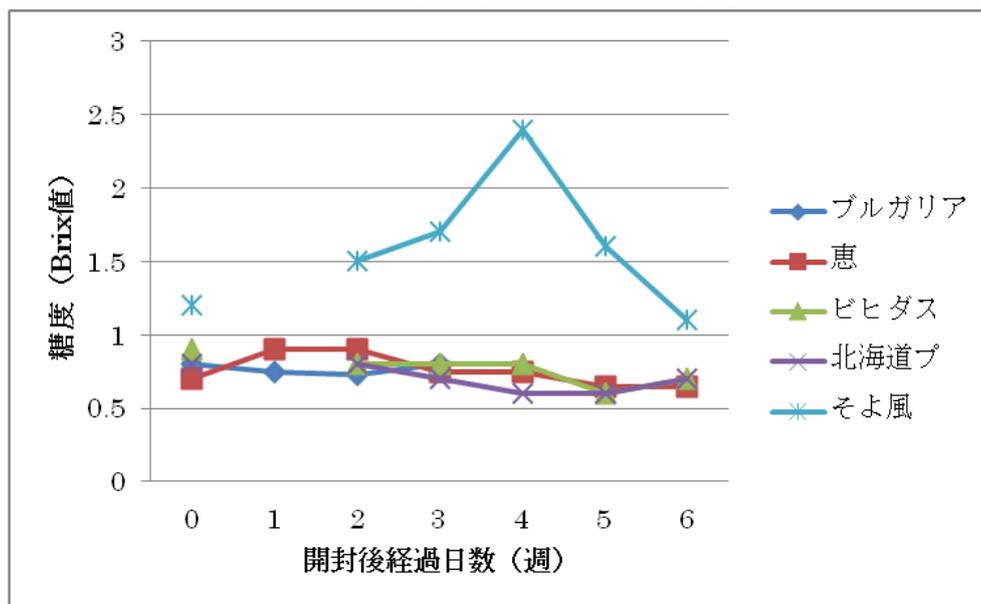
- [無調整]の代わりに以下の3種を用い、発酵実験③と同様の実験を行った。
[沸騰] ([無調整]を沸騰させ常温に戻したもの)
[冷凍] ([無調整]を冷凍させ常温に戻したもの)
[無脂肪]

3. 結果

I 腐敗実験



グラフ1 腐敗実験における酸量の変化



グラフ2 腐敗実験における糖度の変化

グラフ1より、酸量は、開封後1週目はどの市販ヨーグルトも増加傾向にあったものの、2週目以降は変化が小さく、増減があった。

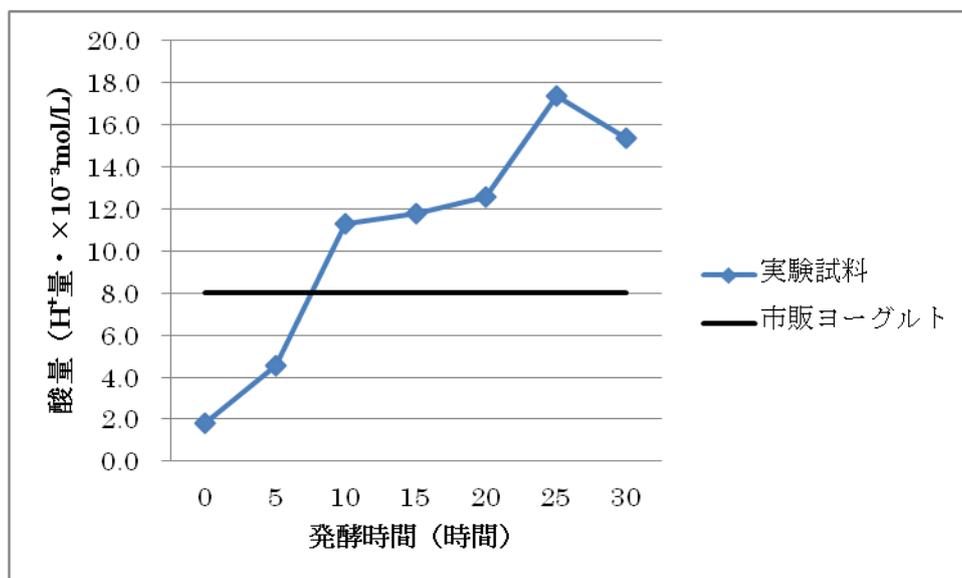
またグラフ2より、糖度は、加糖である[そよ風]以外のヨーグルトでは大きな変化はなく、[そよ風]は増加したのち減少し、開封直後の値に戻った。

この実験において、[ブルガリア]では開封3週間目からカビが発生した。そのほかのヨーグルトにおいても徐々に繁殖し、実験を中断せざるをえなくなった。

実験結果も仮説と異なったため、もっと短時間で変化の激しいと考えられる発酵実験に移った。

II 発酵実験

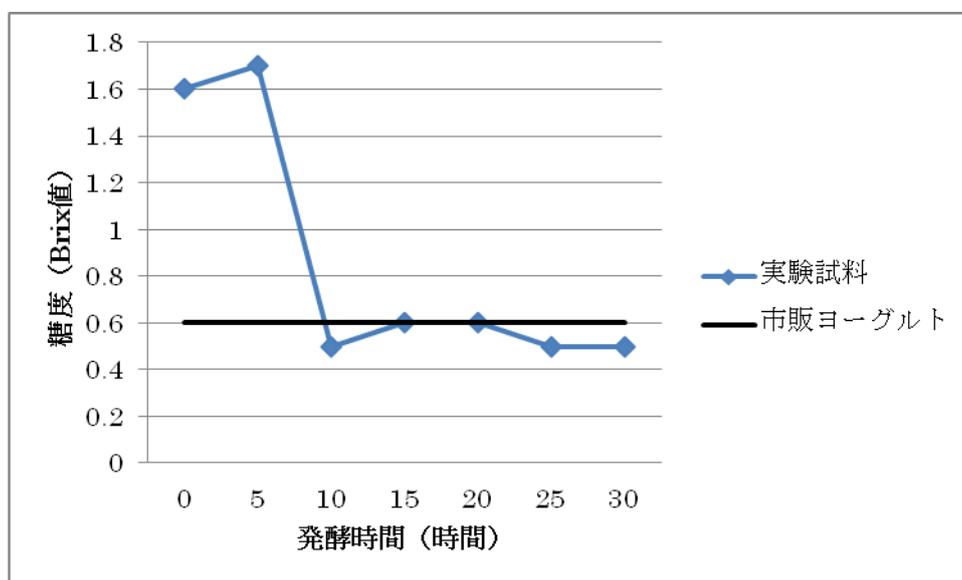
発酵実験①



グラフ 3 発酵実験①における酸量の変化

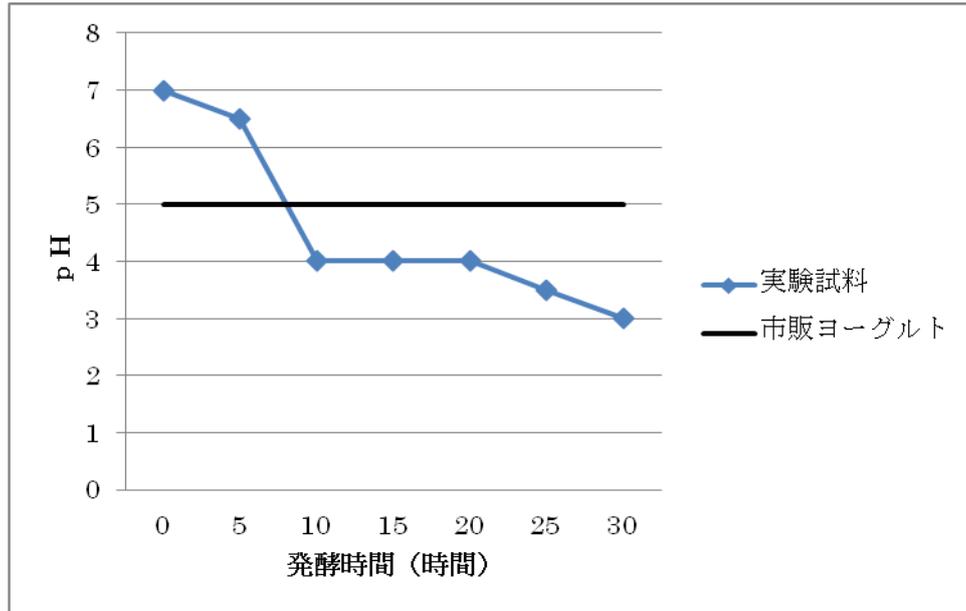
発酵の進行と共に酸量が増大し、25時間でピークを迎えている。

特に5～10時間の変化が大きい。この間に、参考として比較した市販ヨーグルト[ブルガリア]の値となる。



グラフ 4 発酵実験①における糖度の変化

5～10時間の間に急激な低下があり、それ以後は小さな増減を繰り返すだけである。



グラフ 5 発酵実験①における pH の変化

グラフ 3 の酸量の変化に対応したグラフになっている。やはり 5~10 時間の間に変化があり、市販ヨーグルトの値と等しくなる。



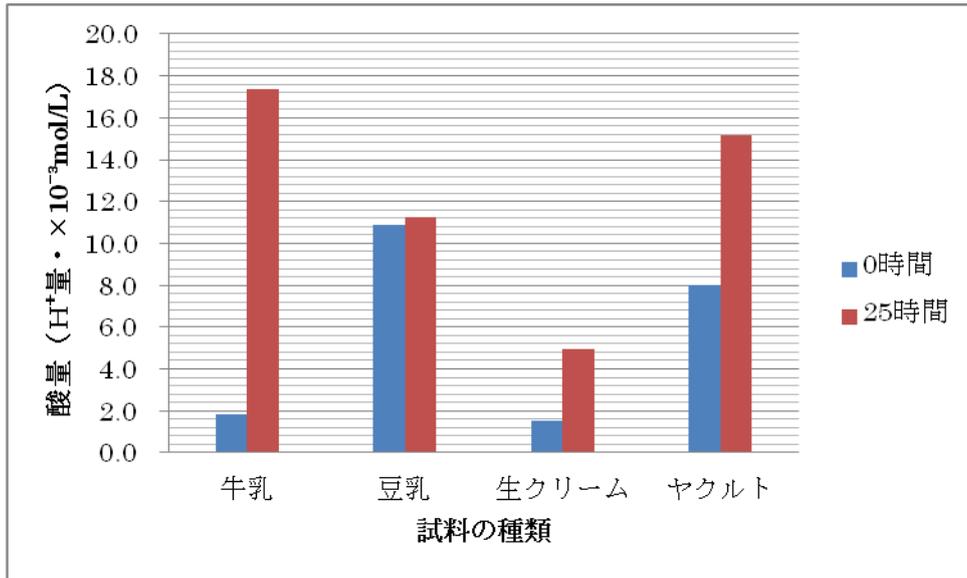
写真 1 発酵実験①における発酵時間 5 時間の試料の様子



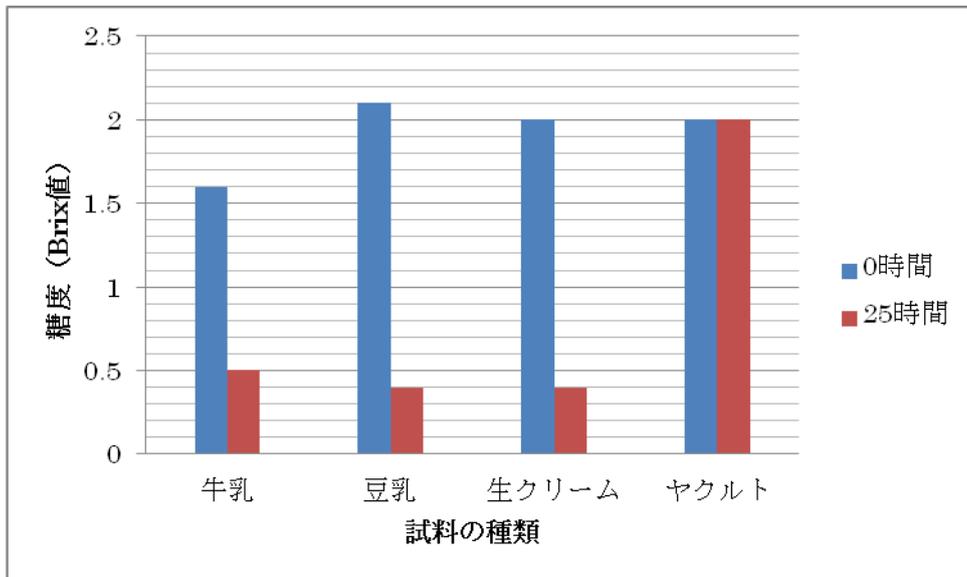
写真 2 発酵実験①における発酵時間 10 時間の試料の様子

さらに写真 1、2 から、発酵時間 5 時間の試料は固まっていないが、発酵時間 10 時間の試料は固まっていた。

発酵実験②



グラフ 6 発酵実験②における酸量の変化



グラフ 7 発酵実験②における糖度の変化

グラフ 6 より、すべての試料において、酸量は増加した。

また、グラフ 7 より、[ヤクルト]以外の試料は、糖度が減少したが、[ヤクルト]は変化しなかった。

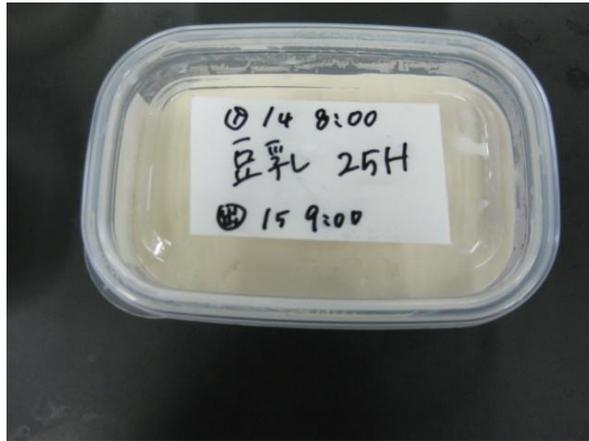


写真3 発酵実験②における豆乳を用いた試料の様子



写真4 発酵実験②における生クリームを用いた試料の様子

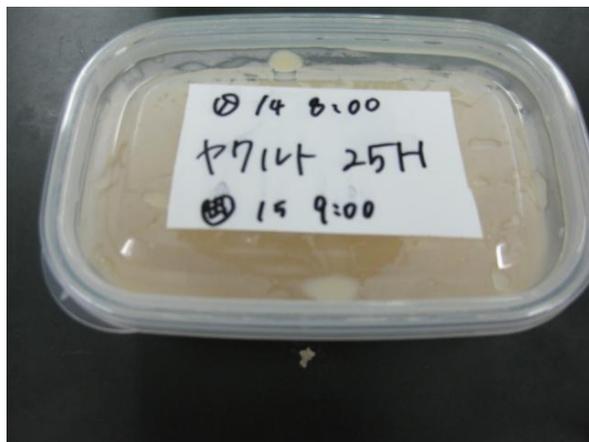
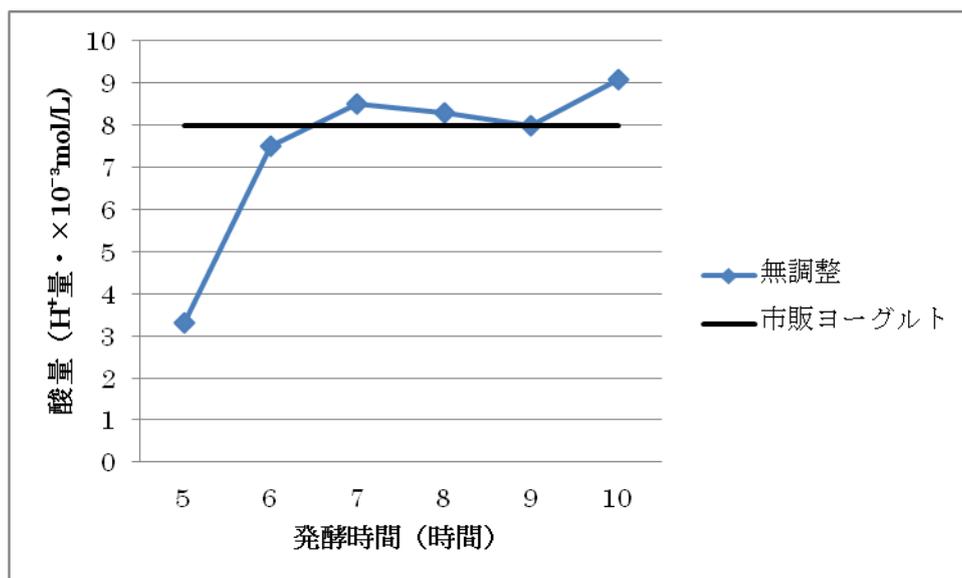


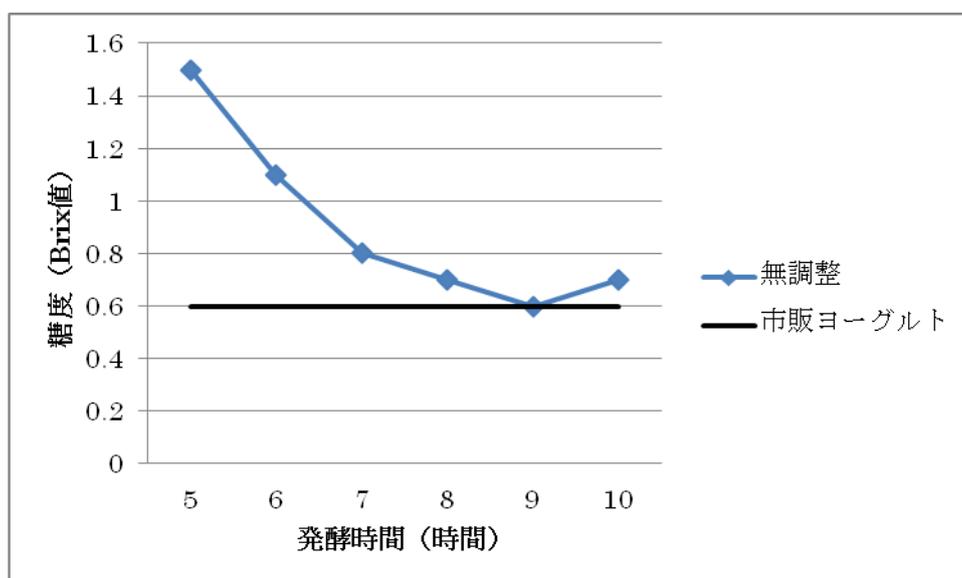
写真5 発酵実験②におけるヤクルトを用いた試料の様子

写真3, 4, 5 から、[豆乳]、[生クリーム]は固まったが、[ヤクルト]は固まらなかった。

発酵実験③



グラフ 8 発酵実験③における酸量の変化



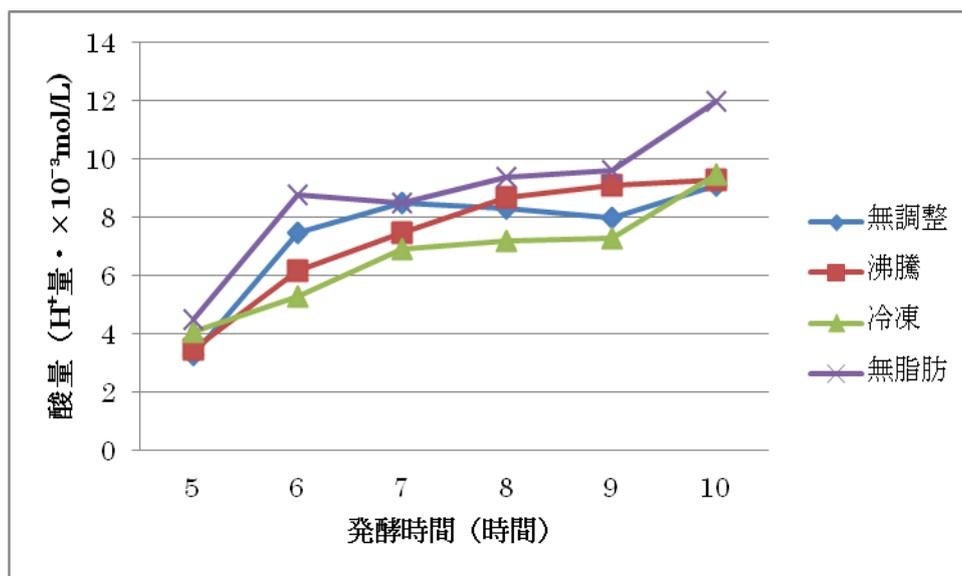
グラフ 9 発酵実験③における糖度の変化

グラフ 8 より、酸量は、5～7 時間で変化があり、7～9 時間ではほとんど変化がなかった。6～7 時間で市販ヨーグルトの値をとった。

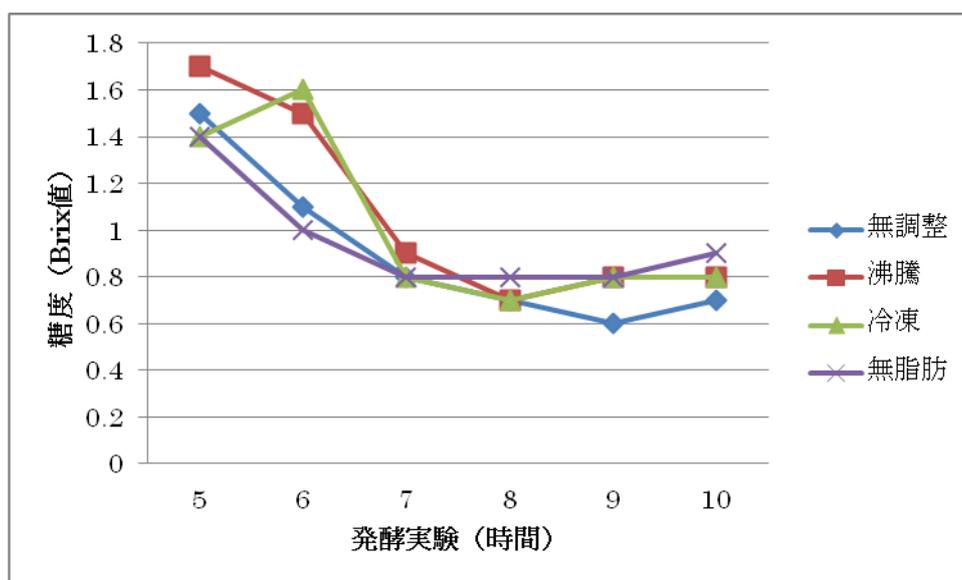
グラフ 9 より、糖度も、5～7 時間で変化があり、またその後は変化が小さく、市販ヨーグルトに近い値をとった。

この実験において、発酵時間 5 時間の試料は、まだ固まっておらずほとんど液状で、6 時間では、どろどろしていた。7 時間では完全に市販ヨーグルトの状態の固さまで固まっていた。

発酵実験④



グラフ 10 発酵実験④における酸量の変化



グラフ 11 発酵実験④における糖度の変化

グラフ 10、11 より、酸量、糖度において、[無脂肪]以外の試料は大きな違いはなかった。[無脂肪]については、糖度はほとんど変わらなかったが、酸量は全体的に大きな値をとった。

4. 考察

I. 腐敗実験

ヨーグルトの内部の腐敗進行は予想以上に遅かったので、当初表面のカビを除いて試料採取を続けたが、実験開始後3週間で「ブルガリアヨーグルト」のカビが除去できない段階に達し、さらに6週間後にはほとんどのヨーグルトでカビの繁殖が凄まじく、ここで腐敗実験を中止した。

腐敗が進行するにつれて酸量が増加すると予想したが、上記のカビの影響で考察するに十分な結果が得られなかった。

II. 発酵実験

- 発酵実験①の結果を市販のヨーグルトの値と比較してみたところ、試料が固まったこと、酸量と糖度の急激な変化、さらに市販のヨーグルトの値をとる、ということから、5時間から10時間の間に市販のヨーグルトに近い状態があると考えた。なお、酸量の値が10時間以降増え続け、市販のヨーグルトの値を大きく上回った原因は、5時間から10時間までに市販のヨーグルトの状態まで発酵したのに、余計に発酵し続けたことにあるとし、発酵実験③と発酵実験④では10時間以降の変化について考えなかった。
- 発酵実験②において、豆乳は、タンパク質量が充分であったため凝固したが、何らかの牛乳との成分の違いにより、糖度の変化において差が出たと考えられる。また、生クリームは、材料に牛乳が用いられているため、牛乳と似た酸量の増加、糖度の減少が起きたと推測できる。ヤクルトを用いた試料が固まらなかったことについては、乳製品ではあるが、タンパク質量が凝固に必要な量より少ないのではないかと考えた。
- 発酵実験③、④から、無調整乳において、沸騰、冷凍の操作は発酵に大きな影響は与えなかった。脂肪量は発酵には影響を与えるが、無脂肪乳は無調整乳以上に市販のヨーグルトの値より大きくなるので、市販のヨーグルトに近い状態を目指すという目的においては有効ではない。つまり、無調整乳を用いて、発酵時間を7時間から9時間の間に設定した時、もっとも市販のヨーグルトに近いものを作ることができる。

5. 結論

今回私たちが行った研究の範囲では、上に記したように、無調整乳を用いて7時間から9時間発酵させると市販のヨーグルトに近いものを作製することが可能であることがわかった。今後は、今回実行できなかった、発酵させる環境条件を変化させる実験を行い、さらに無調整乳よりも市販のヨーグルトに近い状態をつくりだすことのできる乳の条件を調べたい。

6. 参考文献

* 2 生化学辞典 第3版, 東京化学同人

* 3 “乳酸菌って、どんな菌？－分かりやすい基礎講座－（その2）乳酸菌の代謝,
森地 敏樹, http://www.nyusankin.or.jp/scientific/moriji_4.html

①恵ラボ <http://www.megumi-yg.com/labo/mystery01.html>

②明治ブルガリアヨーグルト倶楽部

<http://www.meijibulgariayogurt.com/knowledge/012.html>

7. 謝辞

本研究を行うにあたって、担当して下さった板口徹郎先生、ならびに時に厳しく時に優しく助言して下さった化学科の先生方、本当にありがとうございました。

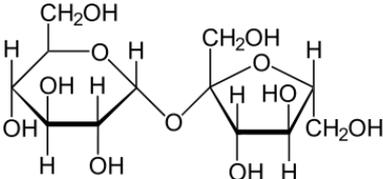
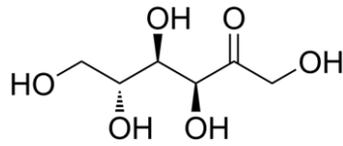
糖について

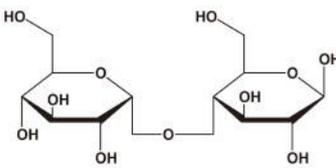
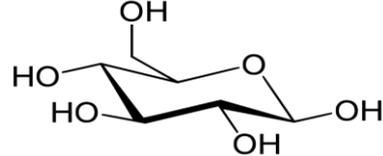
向井花織 山本桃子

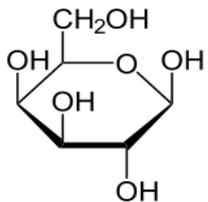
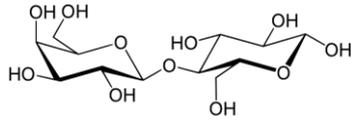
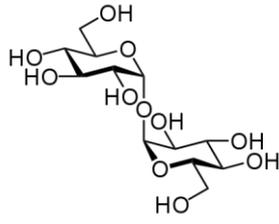
1. 緒言

私たちは味覚、特に甘さについて興味を持った。そこで、比較的手に入れやすい糖を使用して次の3つ実験を行った。行った実験は「糖の甘さの順位付け」「糖と食塩の関係」「糖の保湿性について」の3種類である。「糖の甘さの順位付け」についてはスクロース・フルクトース・マルトース・グルコース・ガラクトース・ラクトースの6種類、「糖と食塩の関係」はスクロースとNaCl、「保湿性について」はスクロースとトレハロースの2種類の糖を使用した。次に実験に使用した7種類の糖の構造式と薬品名、製造会社名を示す。

表 I 実験に使用した7種類の糖の構造式と薬品名、製造会社名

名称	スクロース	フルクトース
構造式		
薬品名	一級スクロース	特級フルクトース
製造会社	キシダ化学株式会社	キシダ化学株式会社

名称	マルトース	グルコース
構造式		
薬品名	一級マルトース	一級グルコース
製造会社	キシダ化学株式会社	キシダ化学株式会社

名称	ガラクトース	ラクトース	トレハロース
構造式			
薬品名	特級ガラクトース	一級ラクトース	お米にトレハ
製造会社	キシダ化学株式会社	キシダ化学株式会社	株式会社エイチプラスビ ィ・ライフサイエンス

2. 実験手順

実験1 糖の甘さの順位付け

- ① トレハロースを除いた 6 種類の糖について、それぞれモル濃度 0.1mol/L にそろえた水溶液を作成した。
- ② 各水溶液を口にして、甘みの強さを比較し、それを順に並べた。この際、実験者 2 人でどの水溶液がどの糖のものか分からない状態で行った。
- ③ 次に同じ種類の糖について質量%濃度 1.0%の水溶液を作成した。
- ④ これらの水溶液もモル濃度と同様にして順位を付けた。
- ⑤ 実験の際に作成した水溶液は全て糖度計(ポケット糖度計 pocket PAL-1、株式会社アタゴ)を使用して糖度を測定した。またここで糖度とは、糖含量の指標となる値である。水溶液に含まれる糖の含有量によって光の屈折率が異なる性質を利用して測定し、Brix 値であらわすとしている(単位 Bx (ブリックス))¹

実験2 糖と食塩の関係

- ① 質量%濃度を 1.0%にそろえたスクロース水溶液と食塩水を作成した。
- ② それぞれの水溶液を 1:1 の割合で混ぜ、食塩水の割合は一定のままスクロース水溶液の割合を 2, 4, 6...と 18 まで 2 ずつ割合を増加させた。
- ③ 実験者 2 人で各割合の水溶液を口にして味の変化を確かめた。

実験3 トレハロースの保湿性について I

- ① 団子粉(だんご粉、前原製粉会社) 40g と水 30g を混ぜトレハロースを 0.5g, 1.0g 含むものを 2 種類、スクロースを 0.5g, 1.0g 含むものを 2 種類、計 4 種類の白玉団子を沸騰した水で 2 分間茹でて作成した。
- ② 作成した団子の上に 2 分間針金の両端に 985g のおもりを付けた物を乗せ団子に何 mm の切れ込みが入るかを調べた

実験4 トレハロースの保湿性について II

- ① 米 1 合に水 200cc を入れ、トレハロースを 3.3g 加えたものと加えなかったものを作成し、電子レンジで 10 分間炊いた。
- ② 炊きあがったそれぞれの米を 5cm 大のおにぎりにし、翌日の 6 時、12 時、18 時の決まった時刻に乾燥具合を見た目や割った時の食感などから測定した。

3. 実験結果

実験1

表Ⅱ 0.1mol/L の糖水溶液の甘みの強さの比較

順位	名称	モル濃度	糖度
1	スクロース	0.1mol/L	3.6 Bx
2	フルクトース	0.1mol/L	1.7 Bx
3	ガラクトース	0.1mol/L	1.9 Bx
4	マルトース	0.1mol/L	3.4 Bx
5	グルコース	0.1mol/L	3.5 Bx
6	ラクトース	0.1mol/L	1.6 Bx

表Ⅲ 1.0%の糖水溶液の甘みの強さの比較

順位	名称	質量%濃度	糖度
1	フルクトース	1.0%	1.0 Bx
2	スクロース	1.0%	1.0 Bx
3	ガラクトース マルトース グルコース	1.0%	1.0 Bx
6	ラクトース	1.0%	1.0 Bx

実験 2

実験結果表Ⅳの通りになった

表Ⅳ 食塩のモル濃度：スクロースのモル濃度と味の変化

食塩のモル濃度：スクロースのモル濃度	味
1 : 1 1 : 2 ・ ・ 1 : 10	塩辛さのみ感じられた
1 : 12 ・ ・ 1 : 16	塩辛さの後に甘みを感じられた
1 : 18	甘みのみ感じられた

実験 3

切れ込みの深さは

トレハロース 0.5g の時 1.60mm トレハロース 1.0g の時 0.75mm

スクロース 0.5g の時 0.50mm スクロース 1.0g の時貫通となった

実験 4

3 日間の結果大きな変化は見られなかった。

4. 考察

実験 1

同じモル濃度で比較した実験では、同じ質量%濃度で比較した実験よりも、分子量が大きい糖ほど甘さの順位が上位にくる傾向がある。また、一般的にフルクトースが一番甘いと言われているが、これは質量%濃度によるものだと考えられる。

実験 2

1:12~1:16 の範囲において、甘みと塩辛さの両方が感じられたとき、塩辛さの方が甘さより先に感じられたため、塩辛さの方が味覚として強く感じられることが分かった。また、両方の味覚が感じられたこの範囲で塩辛さから甘さへの味覚に変化があると考えられる。

実験 3

トレハロースの場合は 0.5g 加えたときの方が、スクロースの場合は 1.0g 加えたときの方が深く切れ込みが入ったため、トレハロースとスクロースのどちらが保湿性があるか判定できなかった。

実験 4

変化が見られなかったのは、観察の期間が長くしてしまったため、おにぎりが乾燥しすぎてしまったことと、完全に同じ条件で炊けなかったことが理由として考えられる。

5. 結論

これらの実験より、糖の甘みはモル濃度と質量%で甘さの順位が異なることが分かった。保湿性については、本実験からは、糖を加えれば加えるだけ保湿性が上がる訳ではないと言える。

6. 謝辞

私達の実験に様々な助言を下された筒井先生、井上先生、並びに化学科の先生方、また発表会の際ご講評を下された大学の先生方、多大なるご協力心より感謝申し上げます。

じょーか〜JOKER〜浄化〜。

谷朱里 富田倫子 福田朗子

1. 緒言

現在、世界にはたくさんの汚れた水が存在する。発展途上国では私たちに考えられないような汚れた水を口にする人も少なくない。そこで私たちは学校の実験室にもある身近な化学薬品を用いて、汚れた水を浄化し、飲料水と同じレベルにしたいと考えた。

浄化の手順は①凝集・ろ過、②消毒、③検証の三段階である。

また、今回私たちは身近にある汚れた水として学校のプールの水を用いた。

なお、日本では厚生労働省が定め、2004年から施行された新しい水道水の水質基準は50項目におよぶ。

2. 実験

①凝集・ろ過

実験室にある身近な化学薬品としてミョウバン、硝酸鉄(Ⅲ)を利用することにした。

i. プールから採取した水 300 mL を 500 mL ビーカーに加え水酸化ナトリウム(キシダ化学株式会社、特級)の希薄溶液で弱塩基性(pH 8.0~9.0)に調整した後 0.1 mol/L ミョウバン(見栄化工株式会社)水溶液を 10 mL 加え試料水中の汚れが沈殿したらろ過する。これをビーカー I とする。

ii. i と同様に新たにプールから採取した水 30 mL を 500 mL ビーカーに加え水酸化ナトリウムの希薄溶液で弱塩基性に調整した後 0.01 mol/L 硝酸鉄(Ⅲ)(キシダ化学株式会社、一級)を 5 mL 加え試料水中の汚れが沈殿したら、ろ過する。これをビーカー II とする。

iii. ビーカー I、ビーカー II の中に、活性炭素(破碎炭)(キシダ化学株式会社)を加え水中に残っている微細な汚れを吸着する。

今回ミョウバンと硝酸鉄(Ⅲ)を用いた理由は、 $\text{Al}(\text{OH})_3$ または $\text{Fe}(\text{OH})_3$ のゲル状沈殿を生成させ、それらが試料中の不純物を吸着することを期待したためである。

②消毒

ビーカー I の水を 4 つの 50 mL ビーカーに 50 mL ずつ入れ、高度さらし粉(次亜塩素酸カルシウム)(キシダ化学株式会社) 1.0×10^{-2} g/L 水溶液を、0.5 mL、1.0 mL、1.5 mL、2.0 mL の 4 段階にしてそれぞれに加える。ビーカー II の水も同様にして、8 つの試料水を得る。

③検証

- i .COD(化学的酸素要求量)、Cl⁻(塩化物イオン)、NO₂⁻(亜硝酸イオン)、NO₃⁻(硝酸イオン)、pH の5種類のパックテスト(株式会社共立理化学研究所)を用いて測定し、水道水の水質基準を満たしているか検証する。
- ii .ジャガイモ寒天(potato dextrose agar)(MercK KGaA)45 g を1 Lの水にとかしたものをシャーレに流し込み、オートクレーブ(MLS-3020)(SANYO)で滅菌し、ジャガイモ寒天培地を作る。消毒後の8つの試料水を1滴ずつジャガイモ寒天培地に滴下し、クリーンベンチ(卓上型クリーンベンチ CB-850K)(株式会社科学共栄社)で保存する。対照実験のために、市販の飲料水(森の天然水ナチュラルミネラルウォーター)(BOURBON)も同様にし、2日後の菌の繁殖具合を観察する。

3. 実験結果

i .パックテストの結果

パックテストの結果を表1にまとめた。表1よりCOD、Cl⁻、NO₂⁻、pHにおいて、プールの水も試料水も飲料水の基準を満たしている。しかし、NO₃⁻においては、大幅に基準値を上回った。

表1 パックテストの結果

丸カッコの中の数値はそれぞれのビーカーに加えた高度さらし粉水溶液の体積である。基準値とは、厚生労働省が定めた水道水の水質基準である。

	COD	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	NO ₃ ⁻	pH
基準値	200(mg/L)	200(mg/L)	10(mg/L)	10(mg/L)	5.8~8.6
原液	5	0.1以下	0.05~0.1	5~10	5
水 I (0.5ml)	0	0.1	0.02以下	2	7
水 I (1.0ml)	0	0.1	0.02以下	45以上	6~7
水 I (1.5ml)	0~5	0.1以下	0.05~0.1	2~5	7~8
水 I (2.0ml)	0~5	0.1以下	0.05~0.01	0.5~1	6~7
水 II (0.5ml)	0	0.1	0.02以下	45以上	6~7
水 II (1.0ml)	0~5	0.1以下	0.1	45以上	7~8
水 II (1.5ml)	0~5	0.1以下	0.05~0.1	45	6~7
水 II (2.0ml)	0~5	0.4~1	0.02以下	45	7~8

ii. 菌の検出結果

図 1 は菌が検出されたシャーレとその様子である。ビーカー I に高度さらし粉水溶液を 1.5 mL 加えた試料水のシャーレ(A)と、ビーカー II に高度さらし粉水溶液を 0.5 mL 加えた試料水のシャーレ(C)、さらに浄化前のプールの水のシャーレ(B)の 3 つのから菌が検出された。菌の検出具合としては、シャーレ(B)から最もよく菌が検出され、シャーレ(A)、(C)から検出された菌は比較的少なかった。

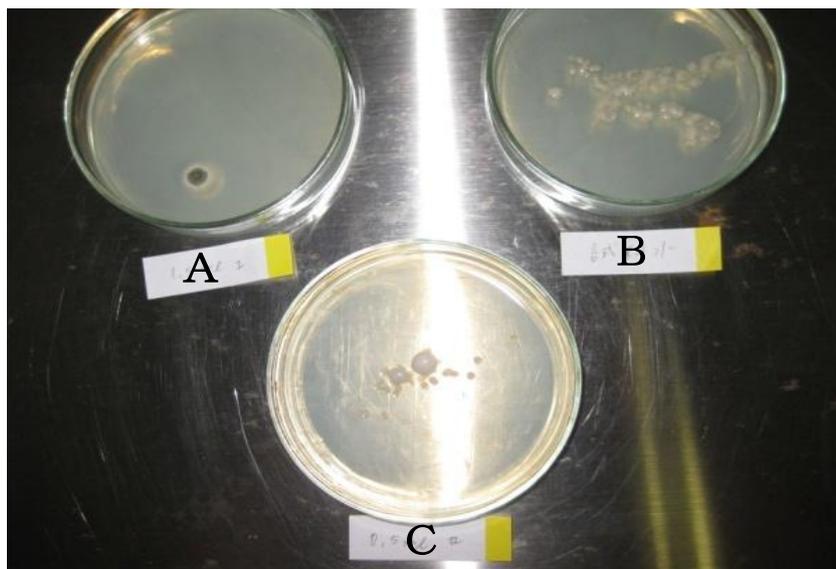


図 1 菌が検出されたシャーレ

A: ビーカー I 高度さらし粉水溶液 1.5 mL

B: 浄化前のプールの水

C: ビーカー II 高度さらし粉水溶液 0.5 mL

4. 考察

i. パックテストにおいてビーカー I の試料水は飲料水の基準を満たしていた。よって、ミョウバンによる浄化は成功したと考えられる。また、ビーカー II の試料水は硝酸鉄イオンのみ基準値を超えてしまった。これはプールの水を凝集・ろ過する際に硝酸鉄(III)を加えたため、試料水中の硝酸イオンが基準値を上回ったのだと推定される。よって硝酸鉄(III)による浄化は不適だったと考えられる。

ii. ビーカー I に高度さらし粉水溶液を 1.5 mL 加えた試料水と、ビーカー II に高度さらし粉水溶液を 0.5 mL 加えた試料水のシャーレからは、菌が検出された。この原因として、今回行った浄化では殺菌能力が不十分であったから、オートクレーブを用いて滅菌した後の実験中の無菌の精度を欠いたからなど、様々に考えられる。

5. 結論

実験室にある化学薬品を用いると、ある程度の浄化の効果は見られたが、50項目ある水質基準の全てを満たしたわけではない。よって、パックテストの種類を増やして全ての項目を調べる必要がある。また、より良い殺菌方法を考え、実験における無菌の精度を高めて検証していきたい。

6. 謝辞

私たちに携わってくださった全ての先生方、長い間私たちに的確なアドバイスをしてください、また相談に乗ってくださりありがとうございました。

7. 参考文献

大阪府立大手前高等学校 2011 年度サイエンス探究研究報告書「水の浄化」

Water purification

Kota Azuma, Yasuhiro Okura, Eri Saiga, Tatsuya Takahashi, Momoka Nakura

1. Introduction

Japan has become industrialized so rapidly that rivers and the sea in Japan has been polluted. We got interested in water purification. We tried some ways to purify water, and compared them with various averages of clean tap water in Japan, and examined which method is most effective.

2. Experimental procedure

◆ We prepared various solutions which would represent polluted water.

- Solutions made by mixing various beverages with tap water

(beverages : tap water=10ml : 90ml)

various beverages: Orange juice (KIRIN Tropicana)

Coca-cola (Coca-Cola Japan Company)

Milk (Meiji Oishiigyunyu)

- Seawater in Osaka Bay
- Muddy water
- Water in the washing machine drained from Otemae High School
- Tap water (as a control)

◆ We prepared some instruments for our experiments

- hot plate stirrers HT-15 LOT.NO.97012 (Kenisu corporation)
- PACK TEST (Kyouritsu physics and chemistry laboratory corporation)

	COD	DO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻
Model	WAT-COD	AZ-DO-30	WAT-NO ₃	WAT-NO ₂	WAT-TCIO	WAK-Ca	WAT-PO ₄ (D)
LOT.NO.	121203	021301	121207	111202	121203	11309	051301

- (pH) TEST PAPER LOT.NO.65100911 (ADVANTEC TOYO corporation)
- Activate carbon given by Niwakubo Water Purification Plant
- Poly aluminium chloride (PAC) given by Niwakubo Water Purification Plant
- NH₃ (the highest quality ammonia solution LOT.NO.GA451 Kishida chemical corporation)
- H₂SO₄ (first sulfuric acid LOT.NO.KS80498X Kishida chemical corporation)

◆ We conducted the following experiments.

(1) Filtration with activated charcoal

- ① Cut off the bottom of the plastic bottle and make holes on its cap, then put active carbon in it.(That's how we completed filter)

- ② Pour experimental solution into the filter and let it through active carbon.

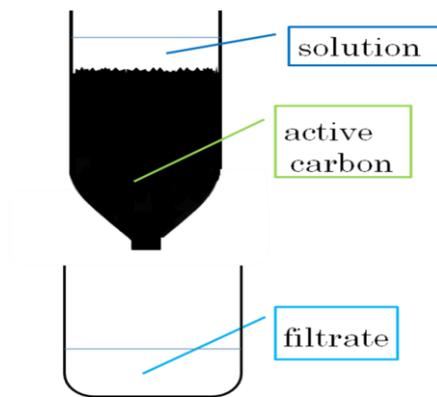


Figure 1. filtration device

(2) Distillation

- ① Distilled each solution.
② Collected each distillate.

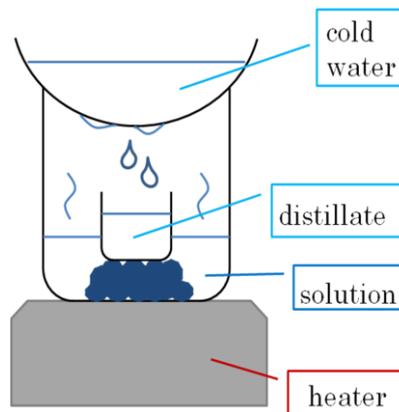


Figure 2. distillation device

(3) Filtration with PAC

- ① Prepare solutions after distillation (water in washing machine, seawater) because we want to condense more contaminant about these.

We chose these two solutions because as for drinks sold in the market (Orange juice, Coca-cola, Milk), we couldn't find noticeable differences on account of the big errors.

- ② Pour PAC into each solution and make precipitates and remove them by filtration.

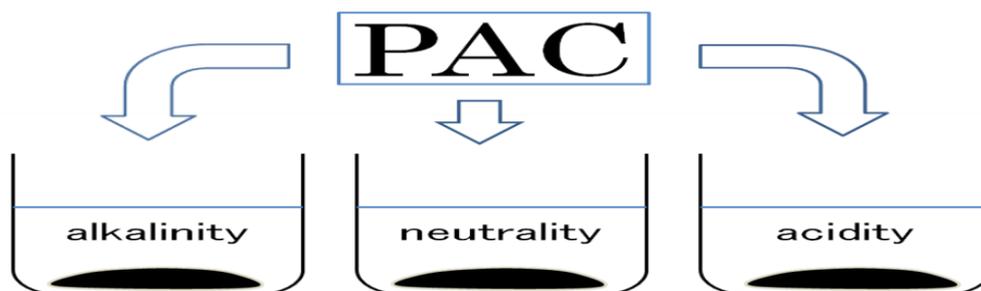


Figure 3. PAC

As for solutions gotten by each experiment, we examined with PACK TEST whether each solution was clean or not.

3. Result and Discussion

(1) The following is the data about Experiment(1)

Filtration with active carbon

	Method	COD	DO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻
Orange	before purification	100~	6.5	2	※	※	2	2~
	activated charcoal	100~	4	5	~0.02	~0.1	50	0.05
Coca-Cola	before purification	100~	6.5	5	※	※	2	2~
	activated charcoal	100~	5.5	5	0.2	※	5	2
Milk	before purification	100~	7	5	~0.02	~0.1	50~	2~
	activated charcoal	100~	5	5	~0.02	0.2	20	2~
Water in washing machine	before purification	50	6	20	1~	0.1	20	0.1
	activated charcoal	13	6	2	0.2	0.1	50~	0.05
Seawater	before purification	10	9~	2	0.1	0.1	50~	0.1
	activated charcoal	10	7	2	0.05	0.1	50~	~0.05
Muddy water	before purification	20	6.5	10	~0.02	0.4	5	1
	activated charcoal	100~	6.5	10	~0.02	0.4	5	0.5
Tap water	before purification	5	8	2	~0.02	0.2	5	0.1
	activated charcoal	100~	8	5	0.02	0.4	5	0.5

※We couldn't measure this data because the original color of the liquids was too vivid to judge.

- As for drinks sold in the market, we couldn't find noticeable differences because the errors were big.
- As for the water in washing machine, the numerical values of COD, NO₃⁻ and NO₂⁻ decreased.
- As for the seawater, the one of NO₂⁻ decreased.

(2)The next following is the data about Experiment(2)

Distillation

	Method	COD	DO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻
Orange	before purification	100~	6.5	2	※	※	2	2~
	Distillation	100~	9	20	1	~0.1	5	1
Coca-Cola	before purification	100~	6.5	5	※	※	2	2~
	Distillation	100~	8	5	~0.02	~0.1	5	1
Milk	before purification	100~	7	5	~0.02	~0.1	50~	2~
	Distillation	20	8	5	0.5	~0.1	2	0.5
Water in washing machine	before purification	50	6	20	1~	0.1	20	0.1
	Distillation	10	9~	~1	0.02	0	1	0
Seawater	before purification	10	9~	2	0.1	0.1	50~	0.1
	Distillation	10	7	~1	0.02	0	1	0
Muddy water	before purification	20	6.5	10	~0.02	0.4	5	1
	Distillation	20	8	2	0.02	~0.1	0	0.05
Tap water	before purification	5	8	2	~0.02	0.2	5	0.1
	Distillation	20	8	20	0.05	~0.1	2	0.5

※We couldn't measure this data because the original color of the liquids was too vivid to judge.

- As for drinks sold in the market, we couldn't find noticeable differences because the errors were big.
- As for the water in washing machine, the numerical values of COD, NO₃⁻ and NO₂⁻ decreased.
- As for the seawater, the one of NO₂⁻ decreased.

(3)The last following is the data about Experiment(3)

Filtration with PAC

	Method	COD	DO	NO ₃ ⁻	NO ₂ ⁻	Cl ⁻	Ca ²⁺	PO ₄ ³⁻	
Water in washing machine (after distillation)	before PAC	10	9~	~1	0.02	0	1	0	
	PAC	alkalinity	9	6.5	1	0.5	0.05	2	0.1
		neutrality	20	7	0.5	0	0	0	0.05
		Acidity	12	6	0.3	0	0	0	0.5
Seawater (after distillation)	before PAC	10	7	~1	0.02	0	1	0	
	PAC	alkalinity	8	6	2	0.08	0	5	0.1
		neutrality	10	7	1	0.02	0	2	0.05
		Acidity	10	6	0.5	0	0	0	1
Tap water	before purification	5	8	2	~0.02	0.2	5	0.1	

- The numerical values of COD decrease in sea water and water in washing machine in alkaline. We think that water purification plants make solution alkaline in order to decrease COD.

The other items didn't change so much because the solutions which were distilled had already been clean.

4. Conclusion

We performed some experiments about filtration and distillation. Considering our experiment, distillation is a better way to purify water than filtration. We suppose the reason for the increase in COD in the experiment (1) was that we used active carbon many times without sufficiently washing active carbon, and we guess that the sharp increase in NO_3^- in the experiment (2) about tap water may have been caused by experimental instruments used in regular chemical lessons, so we lacked experimental accuracy.

PAC is originally used by removing floating matters in solutions but we used PAC after distillation.

That's why we couldn't obtain good data about the experiment (3). If we had used PAC at first in water purification, we might have got good data.

5. References

1. *How to examine water quality*
Takahisa Hanya, Norio Ogura (1995) Maruzen corporation
2. *The grounding of water investigation*
Yamada Kazuhiro (2009) Ohmsha
3. *The environmental investigation with PACK TEST*
Okauchi Kanji (2002) Godou corporation

6. Thanks

We would like to show our thanks to teachers who supported us and to all staffs in Niwakubo Water Purification Plant.

鉄はさびしい®

小田 薫 八里 公也 蓑部 朋弥

1. 緒言

金属の酸化、すなわちさびの発生というのは身近な化学現象の一つである。私たちはさびについて興味を持ち、どのような条件下でさびが発生しやすいか、またどのような物質がさびの発生に関係しているかについて考え、実験を行った。そして、この実験で発生したさびについて、その化学式を決定するために考察を行った。

2. 実験方法

- ①試験管に実験で使用する溶液を 5mL 入れる。
- ②鉄板の表面をやすりで削り、電子天秤(AND 製)で質量を測る。
- ③ゴム栓にクリップを刺し、糸で鉄板と結び、試験管に栓をする。
- ④50°Cの恒温装置内(SHIMAZU 製 70215)に 24 時間放置し、その後取り出して質量を測り質量増加率を求める。
- ⑤3 日間この操作を繰り返し、24 時間ごとの実験値を測定する。

さびの発生量について、

質量増加率 = (質量増加量) ÷ (実験前の質量) × 100 と定義した。

また便宜上、今回の実験では常温での飽和食塩水を「食塩水 100」とし、それを 2 倍、4 倍、8 倍にうすめた食塩水を「食塩水 50」「食塩水 25」「食塩水 12.5」とする。

また、「食塩水 0」は H₂O(純水)である。

実験精度を向上させるために以下の点に注意した。

- ・ 実験前に鉄の表面をやすりで削る。
- ・ 実験中はゴム手袋を着用する。
- ・ さびが試験管の液面内に落ちた場合、正確な質量が測定できなくなるので、その時点で実験を中止する。

・ 予備実験

さびが発生しやすい場所は、湿度の高い場所や海岸近くであると考えられる。

よってまず予備実験として、温度、湿度、圧力、NaCl の有無の四つの要素がさびの発生にどのように影響しているのかを実験した。

I. 温度変化の影響

5°C(低温)、約 25°C(常温)、40°C(高温)の純水に鉄(ケニス製 純度：96.0%)を入れて実験を行った。低温の場合は冷蔵庫、高温の場合は恒温装置を用いた。

II. 湿度変化の影響

シリカゲル(三栄化学 NET500G)を入れた試験管(湿度低)と、蒸留水 5mL を入れた試験管(湿度高)の 2 種類を用いた。

III. 圧力変化の影響

試験管に鉄だけを入れたもの(常圧)と、容器内の圧力を下げる装置を使用して、700hPa に下げた容器内に鉄を入れたもの(低圧)の 2 種類を用いた。

IV. NaCl の有無

試験管に蒸留水を入れたものと、食塩水を入れたものの 2 種類を用いた。

予備実験の結果から、さらに細かく条件を設定して実験しよりさびが発生しやすい条件を調べるために実験を行った。

・実験 A…食塩水濃度の違い

食塩水濃度がさびの発生量に比例するのかを調べるために、食塩(塩事業センター CW03-B)を用いて、「食塩水 100」「食塩水 50」「食塩水 25」「食塩水 12.5」を作った。これらを試験管に 5mL 入れ、さらに対照実験として、「食塩水 0」を 5mL 入れた試験管の計 5 種類を用いて前述の実験方法で実験を行った。

そして実験結果から考察を加え、「食塩水 3.125」「食塩水 6.25」「食塩水 12.5」の 3 種類で再度実験を行った。

・実験 B…さびの発生に影響するイオンの判定

予備実験から NaCl の存在がさびの発生量を増加させると考えられるが、さびの発生に影響するイオンを判定するために、モル濃度をそろえた NaCl 溶液と NaOH(キシダ化学 000-71745 特級)溶液を使用し、さびの発生量を比較した。

前述の実験結果を踏まえ、さらにさびの発生に影響するイオンを詳しく調べるため、使用する溶液の陰イオンを塩化物イオンに固定し、陽イオンを変え、モル濃度を 0.500、0.250、0.125mol/L の 3 通りに揃えたものを用意し再度実験した。

尚、この実験に使用した溶液は NaCl 溶液、LiCl(キシダ化学 010-44925 一級)溶液、KCl(三栄化学株式会社 一級)溶液の 3 種類である。

・実験 C…さびの化学式の判定

さびは水酸化鉄(Ⅲ)と酸化鉄(Ⅲ)の混合物であると考えられるが、その化学式を $\text{FeO}_x(\text{OH})_y$ と予想し、さびの化学式を判定するために実験を行った。

実験方法は以下の通りである。

- ① 時計皿に質量を測った鉄粉を乗せ、まんべんなく広げる。
- ② ①の時計皿を 50mL ビーカーにのせる。
- ③ 200mL ビーカーに水を張り、その中に時計皿をのせた 50mL ビーカーを入れる。
- ④ 200mL ビーカーをラップで密閉し、ビーカーを恒温装置に入れて、ビーカー内の水蒸気を飽和状態にする。
- ⑤ 24 時間毎に鉄粉の質量を計測し、質量が増えなくなるまでこの操作を繰り返し、質量が増加しなくなってからビーカーを恒温装置内から取りだし、時計皿をビーカーから室内に出して、24 時間毎の質量変化を計測する。

3. 結果

・予備実験

I. 温度変化の影響

40℃で保管したものが最もさびの発生量が多く、5℃で保管したものが最もさびの発生量が少なかった。

II. 湿度変化の影響

蒸留水を使用したものはさびが発生したが、シリカゲルを加えたものはほとんどさびが発生しなかった。

III. 圧力変化の影響

2つの質量を測ったが、その差はほとんどなく、誤差の範囲内であると考えた。

IV. NaCl の有無

食塩水を使用したものの方が、蒸留水を使用したものよりさびが発生した。

・実験 A…食塩水濃度の違い

「食塩水 0」「食塩水 12.5」「食塩水 25」「食塩水 50」「食塩水 100」を用いた場合の結果のデータをグラフ化したものが図 I である。

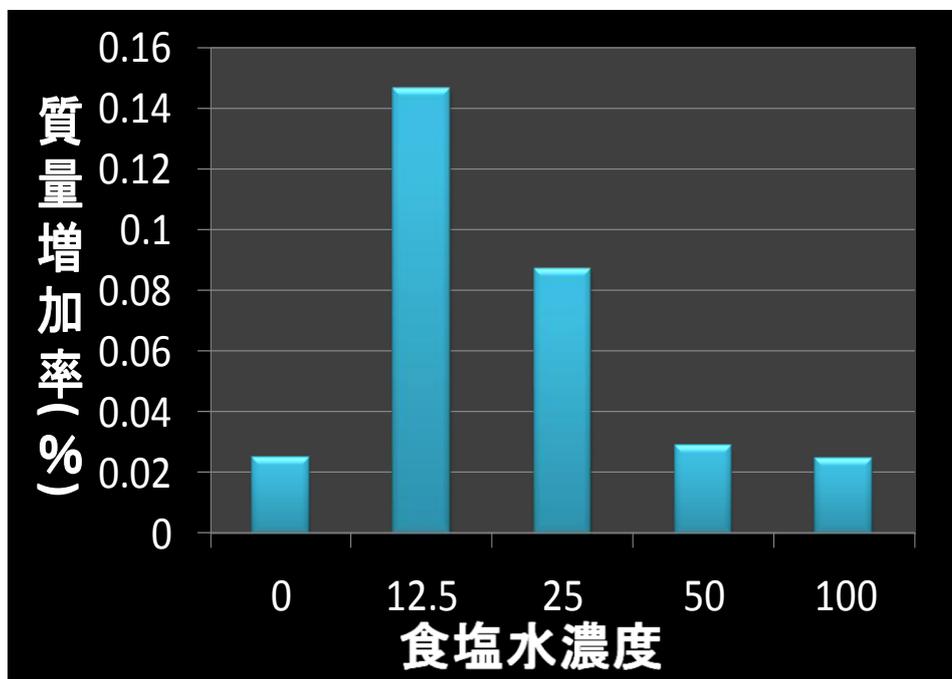


図 I 食塩水濃度の違いと質量増加率①

「食塩水 3.125」、「食塩水 6.25」、「食塩水 12.5」を用いて再実験した場合の結果のデータをグラフ化したものが図 II である。

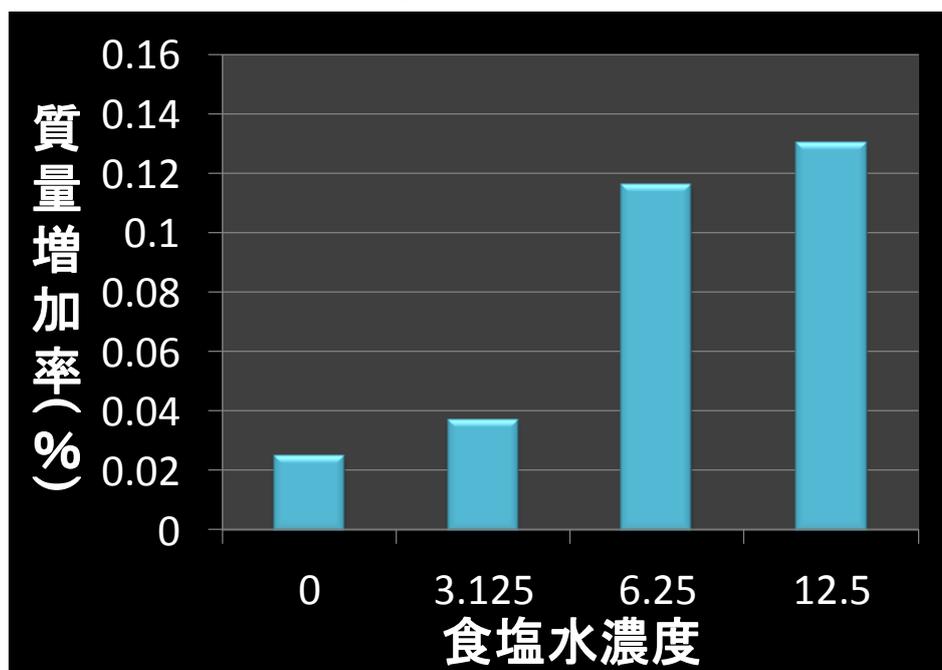
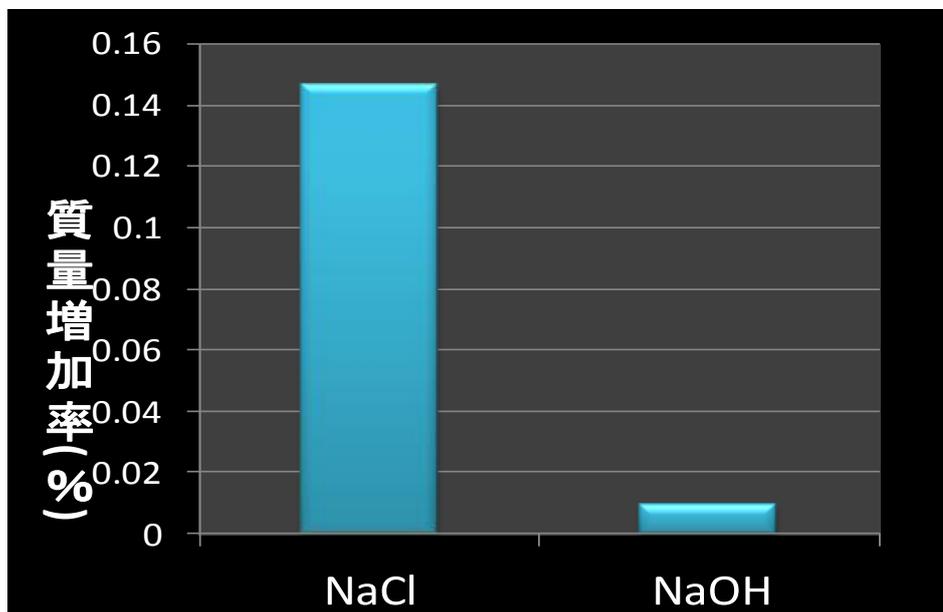


図 II 食塩水濃度の違いと質量増加率②

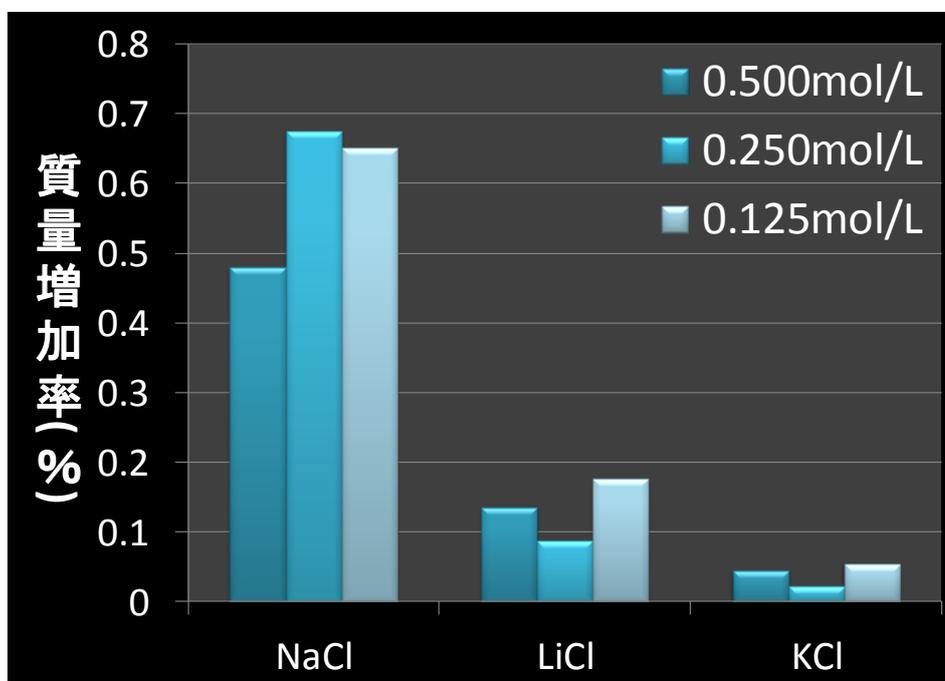
・実験 B…さびの発生に影響するイオンの判定

NaCl 溶液と NaOH 溶液を用いた場合の結果のデータをグラフ化したのが図Ⅲである。



図Ⅲ さびの発生に影響する陰イオンの判定

NaCl 溶液、LiCl 溶液、KCl 溶液を用いて再度実験した結果のデータをグラフ化したものが図Ⅳである。

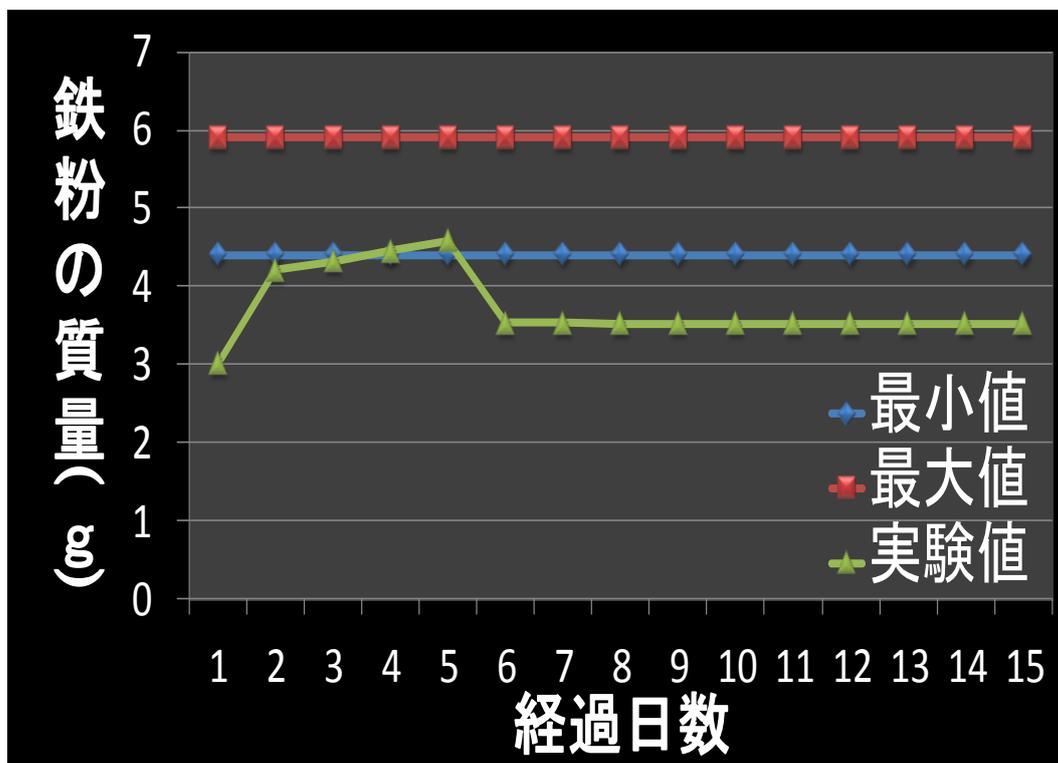


図Ⅳ さびの発生に影響する陽イオンの判定

・実験 C…さびの化学式の判定

結果のデータをグラフ化したものが図Vである。

尚、実験 5 日目で時計皿を恒温装置から室内に出した。



図V 鉄粉の質量と経過時間の関係

4. 考察

・実験 A…食塩水濃度の違い

実験結果より、食塩水濃度と、さびの発生の間には単純な比例関係は存在せず、食塩水濃度が、12.5 のときさびの発生量が最大になり、それ以下の濃度でも、それ以上の濃度でも、さびの発生量は少なくなった。

さびの発生量が食塩水濃度に比例しなかったのは蒸気圧降下などの影響によるものと考えられるが、詳しい原因を特定することはできなかった。

しかし、本実験では、最初の実験結果から、0～12.5 の間にさびの発生量が最大になると予測し、次の実験を行ったため 12.5～25 の間を調べることができなかったため、食塩水濃度が 12.5 の時に、さびの発生量が最大になると特定することはできなかった。

・実験 B…さびの発生に影響するイオンの判定

水酸化ナトリウムと塩化ナトリウムのさびの発生量の比較から少なくとも塩化物イオンがさびの発生に影響すると考えられる。また、塩化ナトリウム、塩化リチウム、塩化カリウムのさびの発生量の比較から、ナトリウムイオンもさびの発生量に影響を与えると考えられる。

・実験 C…さびの化学式の判定

結果として、さびの化学式を特定することはできなかった。

これは

- ・鉄粉をさびさせるとき、表面のみしかさびさせることができず、全体をさびさせることができなかった。
- ・使用した鉄粉が一部、実験前からさびていたため、正しい測定値を得ることができなかった。

などの原因が考えられる。

5. 結論

- ・さびの発生量は食塩水濃度に比例せず、「食塩水 12.5」の場合が最もさびの発生量が多くなる。
- ・少なくとも塩化物イオンがさびの発生量を増加させることが分かったが、比較対象が少なかったため、さびの発生に影響するイオンの判定はできなかった。
- ・さびの化学式の判定はできなかった。

6. 参考文献

日本化学会・身近な現象の化学 1978、p107～p124

7. 謝辞

筒井先生をはじめとする、様々な助言を下された大手前高校の先生方にこの場を借りて感謝を申し上げます。

クロマトグラフィー

中嶋悠翔

1. 緒言

私は、物質に含まれる成分の特定を可能とする、クロマトグラフィーというものに興味を持った。そこで、水性ペンのインクや食用着色料の成分を調べ、それらの物質に同じ成分が含まれていないか比較した。また、最終的な目標は、市販されている食品の成分を調べることにした。

2. 方法

・使用した薬品、器具

酢酸(キシダ化学株式会社 1級)
1-ブタノール(キシダ化学株式会社 1級)
食用色素赤色 102 号、青色 1 号(紅不仁化学工業株式会社)
食用メロン色(株式会社 大黒色系)
ラッシュオンペン(水性)(寺西化学工業株式会社)
WATER COLOR PEN(大創産業)
しそ梅(株式会社シーウィングス)
大型試験管
ろ紙(ADOVANTEC TOYO 51B 400 × 400mm)

・実験手順

実験①(水性ペンについて)

① 大型試験管に深さ 10mm 程度の展開溶媒(体積比 4-ブタノール : 酢酸 : 水 = 4 : 1 : 2) を入れ、栓をしてしばらく放置する。ろ紙を用意し、下端から 15mm 付近に鉛筆で小さく印を付けた後、そこにラッシュオンペン赤をできるだけ小さくスポットし、すばやく乾燥させる。このろ紙を展開溶媒の入った試験管に入れてゴム栓をする。

※このときに試料の印が展開溶媒に浸からないようにする。

② 放置して試料を展開させ、溶媒がろ紙上端の少し前に達したら、ろ紙を取り出し手早く溶媒の先端に線を引く。乾燥後、各色素と展開溶媒の移動距離を①の鉛筆の印(原点)から測る。

③ ①、②で計測した、原点から各色素までの距離を、原点から溶媒前線までの距離で割り、*Rf 値を求める(図 1)。

*Rf 値とは、同じ溶媒下ではそれぞれの物質が異なった値を持つ、混合物中におけるその物質の特定を可能とするものである。

④ 同じ条件下において、①、②、③と同様に他の 7 種類の試料の色素の分離を行い、Rf 値を求める。



$$\text{Rf値} = \frac{\text{原点から色素までの距離}}{\text{原点から溶媒前線までの距離}} = \frac{a}{b}$$

図 1. Rf 値の求め方

実験②(食用色素)

食用色素の成分と水性ペンの成分は同じものではないだろうかと推測し、食用色素の Rf 値を調べることにした。

食用色素について実験①と同様の操作を行う。

実験③(しそ梅)

しそ梅の色素の成分には食用着色料が含まれているのではないかと推測し、しそ梅の Rf 値を調べることにした。

しそ梅について実験①と同様の操作を行う。

実験④(展開溶媒の変更)

実験①②③の結果より、ラッシュオンペン赤、赤色 102 号、しそ梅の Rf 値が特に似ていたため、それらに、本当に同じ成分が含まれているのかを確かめるため展開溶媒を変更することにした。

上記の試料において、展開溶媒の成分の体積比を、1-ブタノール：酢酸：水=1：1：1 に変更し、実験①と同様の操作を行う。

3. 結果

実験①～④の結果を表1～4に示す。

表1 実験①(水性ペンについて)の結果

名称	Rf 値
ラッシュオンペン赤	ピンク 0.805
ラッシュオンペン黄	黄 0.123
ラッシュオンペン緑	黄 0.0385 青 0.275
ラッシュオンペン黒	ピンク 0.902 灰 0.117 黒 0.0167
WATER COLOR PEN 赤	ピンク 0.853 赤 0.0577
WATER COLOR PEN 黄	黄 0.0698
WATER COLOR PEN 緑	黄 0.0930 青 0.419 水色 0.698
WATER COLOR PEN 黒	黄 0.0444 赤 0.111 青 0.311

表2 実験②(食用色素)の結果

名称	Rf 値
赤色 102 号(食用着色料)	ピンク 0.768
青色 1 号(食用着色料)	青 0.262
食用着色料メロン	黄 0.0366 青 0.268

表3 実験③(しそ梅)の結果

名称	Rf 値
しそ梅(市販の梅干の梅)	ピンク 0.782

表4 実験④(展開溶媒の変更)の結果

名称	Rf 値
ラッシュオンペン赤	ピンク 0.418
赤色 102 号(食用着色料)	ピンク 0.424
しそ梅(市販の梅干の梅)	ピンク 0.457

4. 考察

- 実験結果①②③④より、展開溶媒の成分比を変更しても、Rf 値が似ているため、ラッシュオンペン赤色と市販の梅干の梅には、赤色 102 号が含まれているといえる。
- 実験結果①②より、ラッシュオンペン緑色には、青色 1 号が含まれているといえる。
- ラッシュオンペン赤色などの色素とラッシュオンペン緑色の色素ではかなり離れた Rf 値が出ているため、それぞれに含まれている成分は異なったものだといえる。
- ラッシュオンペン緑色の成分に、青色の色素と黄色の色素が含まれていたことから、緑色は黄色と青色からできているといえる。

5. 結論

この研究によって吸着クロマトグラフィーを用いて、ある特定の物質に含まれる成分の特定、及び他の物質との成分の比較が可能であることがわかった。

今後の課題としては、

展開溶媒の成分の体積比と Rf 値の大きさとの関係性を数式を用いて表したい。

どのような展開溶媒がもっとも物質を展開するのに適しているかを調べたい。

2 種類の試料を同じ場所にスポットさせ、展開の仕方をより詳しく調べる。

6. 謝辞

本研究を進めるにあたって協力していただいた長谷川先生ありがとうございました。

炎色反応で白い炎を作る

喜田将司 前岡歩 翠弘志朗 望月皓貴 柳尊士

1. 緒言

私たちは炎色反応に興味を持ち、その色の発現について調べた。炎色反応とは、アルカリ金属やアルカリ土類金属、銅などの塩を炎の中に入れると各金属元素特有の色を示す反応のことである。炎色反応では様々な色が現れるが白色を示す金属元素はない。

光の三原色（赤、青、緑）を混合すると白色になる。私たちは炎色反応についてもこの原理を利用できるのではないかと考え、白い炎を作ることを目標に実験を行った。さらに、炎色反応の光のスペクトルを測ることのできるスペクトロメーターを用いて、作成した白い炎が数値的にも白いかどうかを検討した。

この実験については、鷹野ほか（2008）がアルコールランプを用いて実験を行っている。それによると、白い炎らしきものはできたが、確認できる確率は極めて低かった。また、青色のスペクトルをもつ物質を使用できなかったが、青色発光ダイオードで代表されるガリウムを用いれば白い炎の作成に一步近づけたのではないかと報告している。

私たちの研究では、白い炎を作り出すための「原色」として、ストロンチウム（赤）、銅（緑）、カリウム（紫）の塩を用いた。さらに、青色の炎色反応を示すとされるガリウム、セシウムの塩も用いて実験を行った。また、炎色反応の実験方法も工夫した。

2. 研究方法

a) 使用した薬品・器具

- ・本研究で使用した薬品を表1に、使用した器具を表2に示す。

表1. 炎色反応の実験で使用した薬品

薬品名	等級	会社名
メタノール	1級	キシダ化学株式会社
塩化ストロンチウム (SrCl ₂ aq)	1級	米山薬品工業株式会社
塩化カリウム (KClaq)	1級	片山化学工業株式会社
塩化第二銅 (CuCl ₂ aq)	1級	キシダ化学株式会社
塩化セシウム (CsClaq)	注	三津和化学薬品株式会社
三塩化ガリウム (GaCl ₃ aq)	注	三津和化学薬品株式会社

注. 塩化セシウム、三塩化ガリウムはそれぞれ99.9%、99.999%

表2. 実験に使用した器具

器具名	規格等
試験管	TEST 18 NP
電子てんびん	SHIMADZU, BL-620S) TEST 18 NP
スペクトロメーター SM	株式会社ナリカ, F35-2420
ガスバーナー	ケニス株式会社, K-NBK-B
スチールウール	大創産業株式会社
針金	大創産業株式会社
フレキシブルスタンド	ケニス株式会社, FS

b) 実験手順

(1) 炎色反応の方法の検討 (予備実験)

・安定した炎色反応を観察するため以下の3つの方法で実験を行い、炎色が観察できる時間を測定した。

(i) 白金線を用いる方法

①各塩化物の水溶液を作り、白金線につけて炎にかざす。

②実験毎に濃塩酸で白金線を洗う。

(ii) 霧吹きを用いる方法

①各塩化物の水溶液をスプレーでバーナーにふきつける。

(iii) スチールウールを用いる方法

①小豆大のスチールウールを取り出し、炎色反応をより観察しやすくするためにスチールウールを酸化させる

②酸化させたスチールウールを水溶液に浸す。

③暗室の中でガスバーナーを使ってスチールウールに浸透した水溶液をを燃やし、炎色反応を観察する。

④水溶液同士が混ざって正しい結果が得られないことを防ぐために、実験ごとに針金とスチールウールは取り換える。

・予備実験の結果を表3に示す。

表3. 予備実験の結果

	実験方法	観察時間	実験方法の長所、短所
(i)	白金線を用いる方法	15秒	正確に炎色反応を観察できるが、実験毎の洗浄が大変
(ii)	霧吹きを用いる方法	一瞬	一瞬しか炎色が観察できない
(iii)	スチールウールを用いる方法	2分	観察時間が最も長く、実験毎の洗浄も必要ない

表3の結果より、本研究のすべての実験は(iii)のスチールウールを用いる方法で行うこととした。

(2) 金属塩を含む水溶液の濃度と炎の色の濃さの関係

①1 mol/LのKCl_{aq}を作成し、メタノールを表4の(i)～(iv)の割合で混合した。

表4. KCl_{aq}とメタノールの混合割合

実験 No.	KCl _{aq} :メタノール (mL)	KClのモル濃度 (mol/L)
(i)	1 : 1	0.50
(ii)	2 : 1	0.67
(iii)	3 : 1	0.75
(iv)	4 : 1	0.80

②それぞれの水溶液の炎色反応を観察し、水溶液の濃度と炎の色の濃さがどのような関係になっているのかを調べる。なお、それぞれの混合溶液中のKClのモル濃度も、表4に示す。

③SrCl₂_{aq}とCuCl₂_{aq}についても同様に実験を行う。

(3) 白い炎の作成実験

① 1 mol/L の KCl aq , $\text{CuCl}_2 \text{ aq}$, CsCl aq , 0.5 mol/L の $\text{SrCl}_2 \text{ aq}$, 0.1 mol/L の $\text{GaCl}_3 \text{ aq}$ を用意し、それらを表 5 に示す割合で混合した。

②①で作成した混合水溶液に、メタノールを 1 mL 加え、それぞれの炎色反応を観察した。

- ・最初は、 GaCl_3 (青), CsCl (青紫) を使わず、白い炎を作ることを目指す。

(実験 No. 0 1 ~ 0 5)

- ・のちに、 GaCl_3 , CsCl も用いて、白い炎を作ることを試みた。

(実験 No. 0 6 ~ 1 6)

②この白い炎は、誰が見ても白色と判断できるものとする。

表 5. 各水溶液の混合割合 (表中の数値の単位は、すべて mL)

実験 No.	KCl aq (1 mol/L)	$\text{CuCl}_2 \text{ aq}$ (1 mol/L)	$\text{SrCl}_2 \text{ aq}$ (0.5 mol/L)	CsCl aq (1 mol/L)	$\text{GaCl}_3 \text{ aq}$ (0.1 mol/L)
0 1	2. 0	1. 0			
0 2	3. 0	1. 0			
0 3	4. 0	1. 0			
0 4	2. 0	1. 0	1. 0		
0 5	5. 0	0. 5			
0 6		1. 0	1. 0	1. 0	
0 7		1. 0	0. 5	1. 5	
0 8	4. 0	1. 0	2. 0		
0 9	4. 0	1. 0	1. 5		
1 0	4. 0	1. 0	1. 0		
1 1	4. 0	1. 0	0. 5		
1 2	4. 0	1. 0		0. 5	
1 3		1. 0		0. 5	3. 0
1 4	3. 0	1. 0			1. 0
1 5		1. 0	0. 5		3. 0
1 6	4. 0	1. 0		1. 0	2. 0

(4) スペクトルの測定

①表5の実験 No. 03, 08~16の混合水溶液の炎色反応のスペクトルをスペクトロメーターを用いて記録した。図6に、その装置を示す。

- ・図6のようにセンサー部分を炎の方に向けて固定し、スペクトロメーター付属のソフトウェアでスペクトルを記録する。
- ・比較のため室内花火（白色）や白色LEDのスペクトルも記録した。室内花火（白色）の成分を表6に、白色LEDの規格を表7に示す。

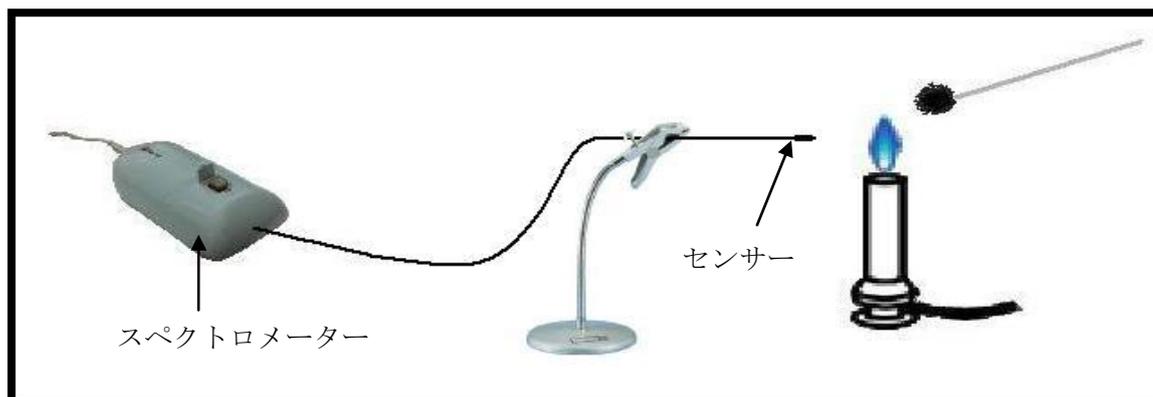


図1. スペクトルの測定装置（暗室内）

表6. 室内花火（白色，大創産業株式会社）の成分

炎色反応を示す成分	含有量
メタルアルデヒド	約0.88g
ホウ酸	約0.03g
2-2合金（チタン）	約0.03g
よう素酸カリウム	約0.04g
硝酸バリウム	約0.02g

表7. 白色LEDの規格

器具名	規格等
クリップ式LEDライト	USB-TOY66、サンワサプライ株式会社

3. 結果と考察

(2) 金属塩の水溶液の濃度と炎の色の濃さの関係

- KCl の濃度が大きくなるほど、炎の色も濃くなった。
- SrCl₂, CuCl₂についても KCl と同じ結果であった。

このことから、金属塩の濃度を変えることによって、炎の色を調節できることがわかった。

(3) 白い炎の作成実験

- SrCl₂を加えたものの炎色は、すべて赤色が強く出て、他の色が確認できなかったので白い炎の作成に不適であった。
- GaCl₃, CsCl を用いない実験で、最も白い炎に近づいたのは、KCl aq : CuCl₂ aq を 4 : 1 の体積比で混合させた水溶液（実験 No. 03）であった。
- GaCl₃, CsCl も用いた実験で、最も白い炎に近づいたのは、KCl aq : CuCl₂ aq : CsCl aq : GaCl₃ aq を 4 : 1 : 1 : 2 の体積比で混合させた水溶液（実験 No. 16）であった。
- 実験中に火花が飛び散り、炎の色が安定しない実験がいくつかあった。

(4) スペクトルの測定

本研究で測定したスペクトル図をのうち、特徴的なものを図2～図5に示す。なお、全ての図は、横軸に波長、縦軸に強度を示している。図2～図4の結果は、縦軸の強度の値が横軸の値に比べて非常に小さいので、縦軸を数倍以上に拡大して示した。（そのため、強度の数値は記載していない。）

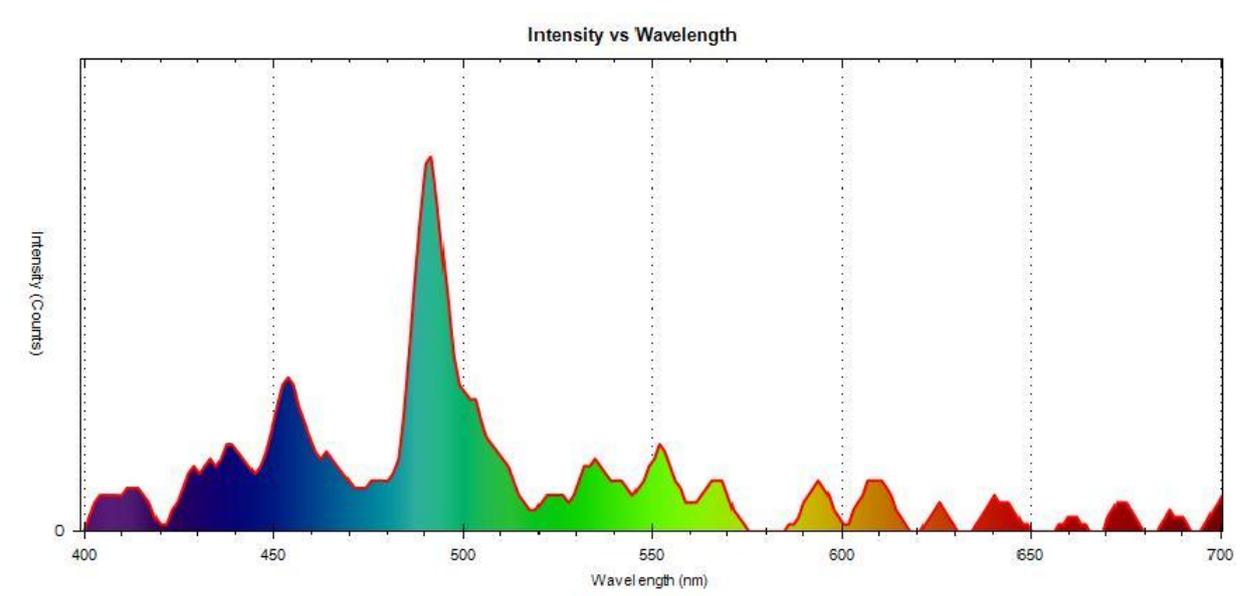


図2 KCl aq : CuCl₂ aq を 4 : 1 の体積比で混合した水溶液（実験 No. 03）のスペクトル ※CsCl, GaCl₃を用いず、最も白い炎が得られたもの

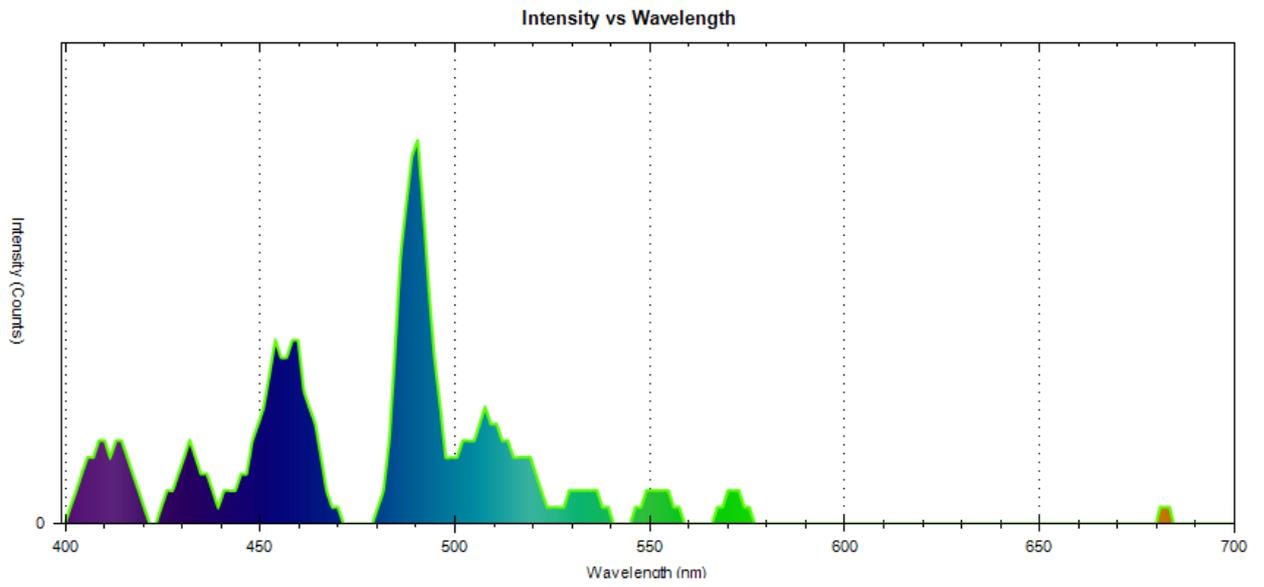


図3 KCl_{aq}, CuCl₂_{aq}, CsCl_{aq}, GaCl₃_{aq} を 4 : 1 : 1 : 2 の体積比で混合した水溶液 (実験 No. 16) のスペクトル

※すべての実験の中で最も白い炎が得られたもの

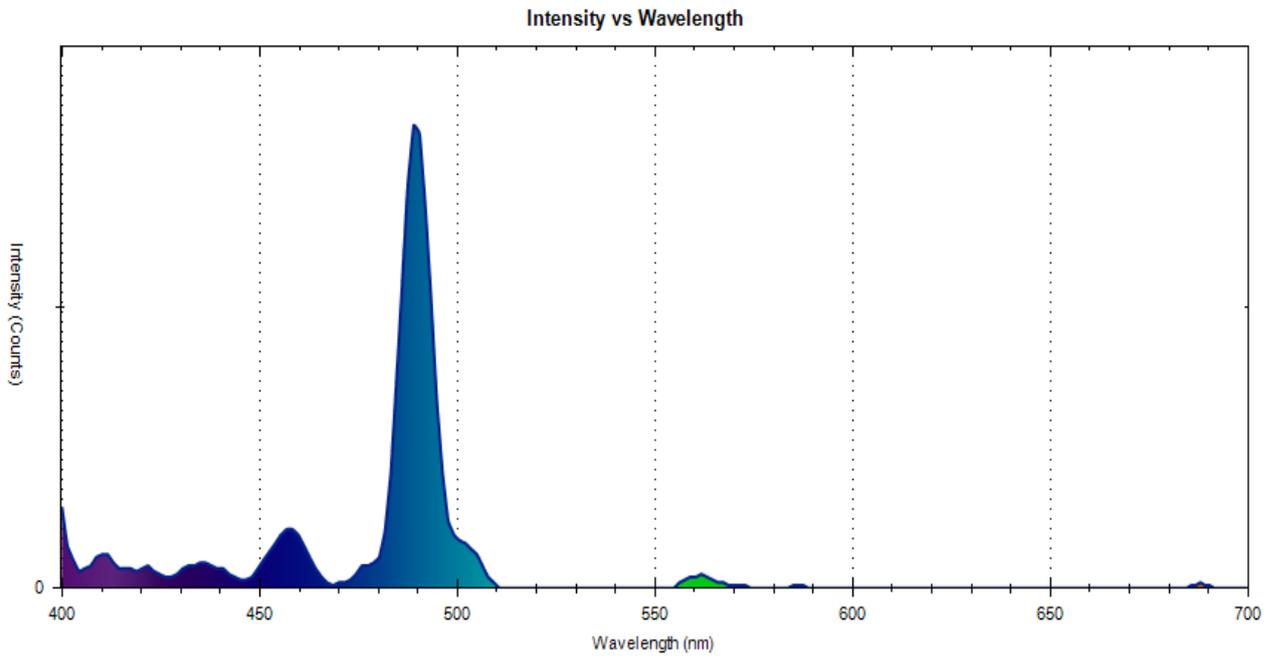


図4 室内花火(白色)のスペクトル

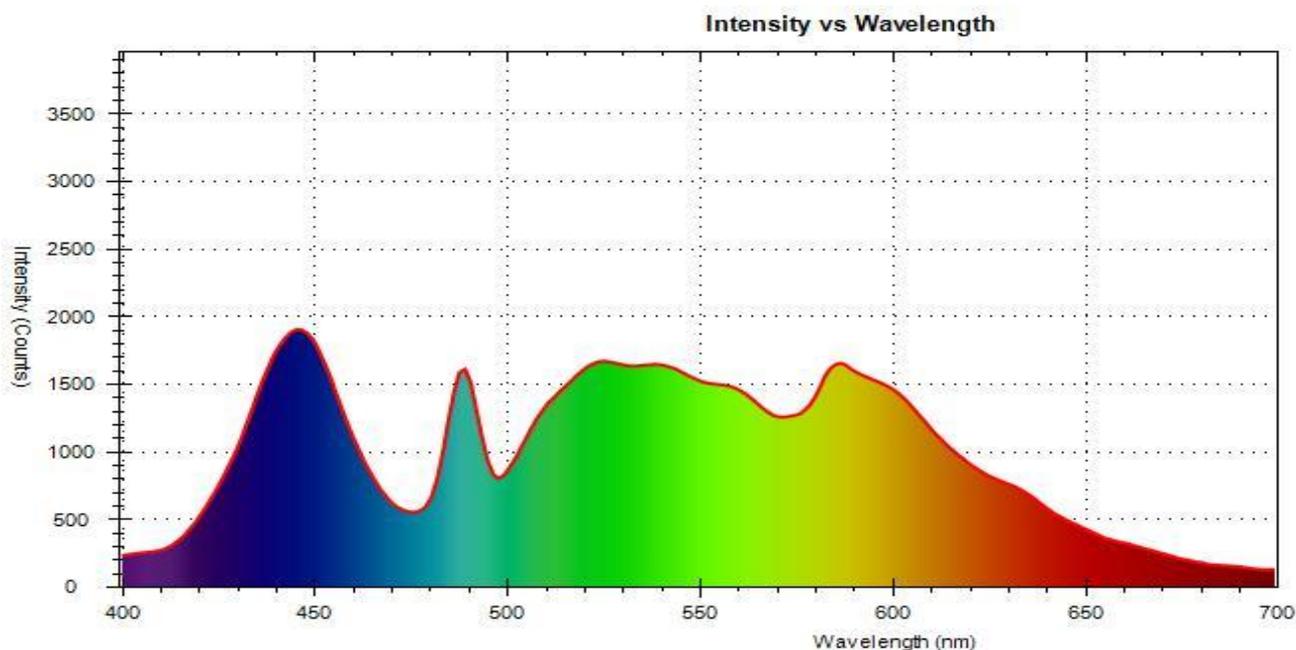


図5 白色LEDのスペクトル

図3と図5より、最も白い炎のスペクトル（実験No. 16）は、ピークの位置が白色LEDのものによく似ている。このことから、この白い炎は、視覚的、数値的にも白い炎と言ってよいだろう。

はじめに作成した白い炎で用いた水溶液（実験No. 03）と室内花火（白色）の金属塩の構成（表6）は、白色を発現するための金属塩の構成が似ている。（K（紫）と、緑を示すCuまたはBaを含む。）どちらの炎も視覚的に白色に見え、かつ、スペクトルのピークの位置もよく似ている（図2と図4）。このことから、Srの赤が強く現れすぎたため、赤の代わりに紫（赤と青の混合したものと考えた）を用い、紫・緑の2色で白い炎を作ろうとした本研究の実験の方針は正しかったと考えられる。

5. 結論

炎色反応において光の三原色の考え方を応用して白い炎を作ることは可能であり、実際に私たちは作成することができた。

しかし、実験中に火花が飛び散ったり色の発現にむらがあったため、より白い炎の完成度を上げるためには、さらに実験方法を工夫する必要があると考えている。

6. 参考文献

- ・アルコールランプを用いた炎色反応による白炎の作成（2008）
鷹野千暁・藤原沙弥香・前野明子・山田祥加 岡山県立倉敷天城高等学校
<http://www.koyo-h.open.ed.jp/risuukadai/data/poster/okayama-kurashikiamagi.pdf>

- ・平成19年度高等学校実習助手スキルアップ講座発表・協議「炎色反応」(2007)
藤原久美(兵庫県立三木高等学校)・小林まみ(兵庫県立社高等学校)
http://www.hyogo-c.ed.jp/~rikagaku/jjmanual/network/kyogi_07.pdf

7. 謝辞

井上純子先生はじめ、化学科の先生方には本研究に協力していただき、ありがとうございました。

天然色素による染色

岩間健人 澤田直人

1. 緒言

私たちは、天然色素に興味を持った。天然色素とは人工的に合成されておらず、野菜や果実などから抽出した色素のことである。

身の回りの野菜や果実、植物に含まれる天然色素を食品に用いることを目標にし、野菜や果実から抽出した天然色素と、布に弱く結合している色素と錯体となり色素を布と強く結合させる定着剤を用いて綿の布の染色やあられの着色を行い、なぜ天然色素ではなく人工色素が食品に多用されるのか、という原因を追及した。使用する定着剤によって染まる色の違いを調査するため様々な定着剤を用いて染色・着色を行った。

2. 方法

布の染色

- 1、市販の野菜・果実などを乳鉢ですりつぶし、ビーカーに加えて蒸留水を加えたもの、また人工色素に蒸留水を加えたものを色素抽出液とする。

表1 使用した野菜・果実・人工色素

ほうれんそう	青じそ	かぼちゃ	赤パプリカ	人工色素 紅
キャベツ	カレー	なす	黄パプリカ	人工色素 黄
紅茶(ダージリン)	コーヒー	イチゴ	ヒイロタケ	人工色素 緑
ブルーベリー	からし	オレンジ	紫キャベツ	

※人工色素は小倉食品化工 紅茶は Lipton コーヒーは Netsle のものを用いた

- 2、色素抽出液に市販の綿 100%の布を浸し、10 分放置する。
- 3、定着剤を飽和水溶液にし、定着液とする。

表2 使用した定着剤

炭酸銅(II)・五水和物	三栄化工株式会社 1級	塩化ナトリウム	キシダ化学 1級
硫酸ナトリウム	三栄化工株式会社 1級	硫酸鉄(II)・七水和物	キシダ化学 1級
硫酸アルミニウムカリウム・十二水和物	キシダ化学 1級	塩化カルシウム	キシダ化学 1級
炭酸水素ナトリウム	キシダ化学 1級	塩化亜鉛	キシダ化学 1級

- 4、定着液に布を 10 分浸す
- 5、布を取り出し、蒸留水で軽く水洗いし、色が定着したか調べる。

あられの着色

- 1、市販の切りもちを約8mm角の立方体に切り分け、150℃に熱したオーブンで20分間焼く。
- 2、ビーカーでグラニュー糖(大さじ3)に対し水(大さじ1)を混ぜ、1で作った色素抽出液20mlと布の染色で色素がよく定着した定着剤(小さじ1)を加えて加熱する。
- 3、加熱したものにとろみが出てきたら、あられを加えよくからめる。

3. 結果

染色実験の結果を表3～表6にまとめた。表中の記号の意味は次の通り。

◎…濃い、○…濃くないが十分、△…薄い、×…脱色した。

表3 布の染色結果1

	塩化ナトリウム	硫酸アルミニウムカリウム	炭酸水素ナトリウム
ブルーベリー	×	◎・茜色	×
青じそ	◎・薄緑	◎・薄緑	◎・薄緑
なす	○・黒	○・黒	×
ほうれんそう	◎・緑	◎・灰色	◎・緑
かぼちゃ	×	×	×
赤パプリカ	×	×	×
黄パプリカ	×	×	×
ヒイロタケ	◎・褐色	◎・褐色	○・褐色
紫キャベツ	◎・紫	◎・茜色	◎・青
人工色素(緑)	◎・青	◎・青	◎・青
人工色素(黄)	◎・黄	◎・黄	◎・黄
人工色素(赤)	◎・ピンク	◎・ピンク	◎・ピンク

- ・表3では、定着剤に塩化ナトリウム・硫酸カリウムアルミニウムのみを用いた。
- ・人工色素は天然色素よりも濃く染まった。
- ・紫キャベツの色素は使用する定着剤により染まる色が変わった。
- ・青じそ・ほうれんそう・ヒイロタケ・紫キャベツの色素では布は鮮やかに染まった。

表4 布の染色結果2

	蒸留水	硫酸鉄(II)	硫酸ナトリウム	硫酸銅(II)	硫酸アルミニウムカリウム	塩化カルシウム	塩化亜鉛
ほうれんそう	○・薄緑	○・肌色	○・薄緑	○・緑色	○・緑色	△・薄緑	なし
キャベツ	×	△・肌色	×	△・青色	×	×	なし
紅茶	◎・黒	◎・橙色	◎・黒色	◎・黒色	◎・茜色	○・茶色	○・黄色
ブルーベリー	×	○・橙色	○・灰色	○・灰色	◎・茜色	◎・青	○・水色
青じそ	◎・緑	○・橙色	◎・緑	○・灰色	○・緑	◎・灰色	◎・灰色
カレー	◎・黄色	○・橙色	○・黄色	○・緑	◎・黄色	◎・黄色	◎・藍色
コーヒー	◎・茶色	◎・赤褐色	◎・茜色	◎・赤褐色	◎・茶色	◎・赤褐色	なし
からし	×	×	×	×	×	×	×
オレンジ	×	×	×	×	×	×	×
イチゴ	◎・茜色	◎・橙色	△・茜色	○・灰色	◎・ピンク	◎・ピンク	○・茜色

- ・表4では、定着剤に 塩化ナトリウム・炭酸水素ナトリウムを用いなかった。
- ・ブルーベリー・青じそ・イチゴを用いたものは布は鮮やかに染まった。

表5 あられの着色結果1

色素	実験結果
カレー	◎・こげ茶色
コーヒー	◎・茶色
紅茶	◎・黄色
イチゴ	◎・ピンク色
青じそ	◎・緑色
ほうれんそう	◎・抹茶色

- ・定着剤にはすべて布が よく染まった定着剤
- である硫酸カリウムアルミニウムを用いた。
- ・あられはすべての色素で鮮やかに着色した。

表6 あられの着色結果2

色素	定着剤		
	塩化ナトリウム	硫酸カリウムアルミニウム	炭酸水素ナトリウム
ブルーベリー	○・薄紫色	◎・紫色	△・薄紫色
ほうれんそう	◎・緑色	◎・緑色	△・薄緑色
紫キャベツ	◎・薄紫色	◎・紅色	◎・青色
人工色素(緑)	◎・黒色	◎・黒色	◎・黒色
人工色素(黄)	◎・黄色	◎・黄色	◎・黄色
人工色素(赤)	◎・ピンク色	◎・ピンク色	◎・ピンク色

・ あられは人工色素では天然色素よりも濃く着色した。

4. 考察

・ 綿の布の主成分であるセルロースと、もち米の主成分であるデンプン(アミロースおよびアミロペクチン)の構造がよく似ている(図1)ことが、綿の布とあられの染まり方がほとんど同じであること的主要因であると考えられる。

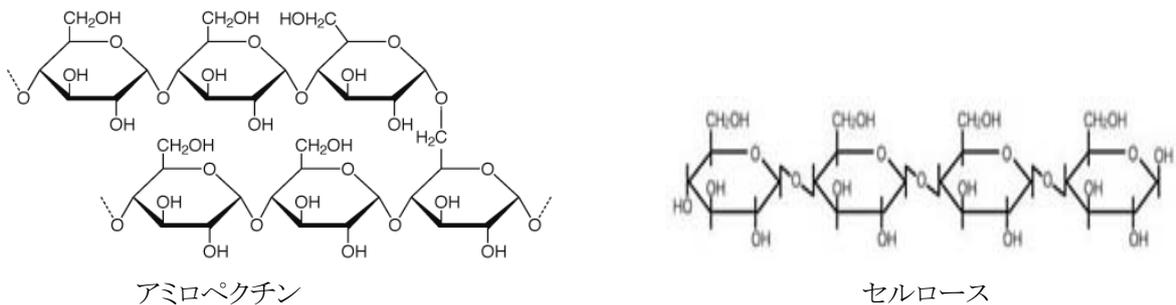


図1 アミロペクチンとセルロースの化学構造

- 紫キャベツで染まった色が、使用する定着剤によって大きく異なったのは、水溶液のpHによって紫キャベツの色素の構造が変わることが原因であると考えられる。食塩水は中性、ミョウバン水溶液は酸性、重曹水溶液は塩基性であることから 紫キャベツに含まれる色素は、酸性で赤色、中性で紫色、塩基性で水色になることが分かった。

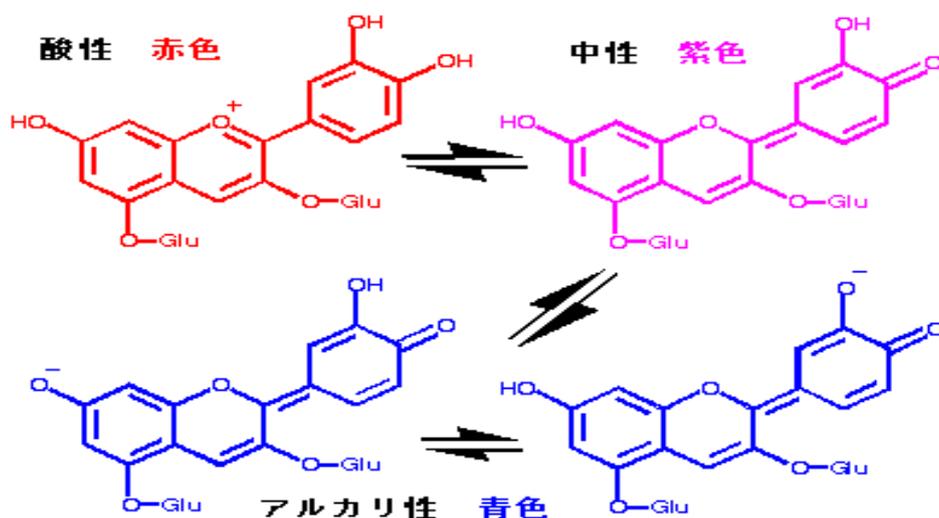


図2 紫キャベツのアントシアニンの化学構造

5. 結論

初めに目標とした、食品に天然色素を用いることは達成された。

また、私たちは実験結果からなぜ天然色素ではなく人工色素が多用されるのかという原因について

- ①□色素の材料費が高い
- ②□色素の抽出に多くの手間と時間を要する
- ③□染まる色が薄いときがある

と考えた。

6. 謝辞

板口先生にはアントシアニンなどの構造式を調べていただいたり、発表のときには1字1句注意することの大切さなどを教えていただき、とても感謝しています。また他にも化学班担当の先生には大変お世話になりました。ご指導いただきありがとうございました。

7. 参考文献

「キリヤ化学 Q&A Q07

赤シソや赤キャベツの煮汁にお酢を加えると色が変わるのはなぜですか？」

<http://www.kiriya-chem.co.jp/q&a/q07.html>