

簡易炎色分光度計による各金属イオンの定量測定

鹿児島県立錦江湾高等学校 化学研究部 1年

研究者氏名 大田 華妃・福地 彩根・西村 和樹・岸下 藍己

指導者氏名 河野裕一郎

Abstract:

私たちは炎色反応を用いて、簡単に安価に水溶液中に含まれる金属イオンの定量測定ができる装置を開発しようと考えた。炎色反応の炎から出る発光強度を分光光度計で測定したところ、水溶液中の金属イオンの成分（アルカリ金属、アルカリ土類金属）の濃度を正確に測定できることが分かった。また、各ミネラルウォーターに含まれる金属イオンの濃度の測定も可能であるも分かった。

1 動機・背景

私たちの身の周りの海や川などにはたくさんのイオンが含まれており、これらを定量分析するためには比色法を用いるのが一般的である。しかし、ナトリウムイオンやカリウムイオンについては適当な発色試薬がなく比色法による定量測定は不可能である。これらのイオンを測定するには、ICP 発光分光分析装置（約 318 万円）を用いる必要があり、容易に購入することができない。私たちは簡易的に測定ができないかと考え、簡易炎色分光度計の開発を行った。

2 測定原理

Fig.1にあるように、各溶液を超音波式加湿器（M1-Humidifier）にいれ、パラフィルムで蓋をした 2L ペットボトルに超音波式加湿器で霧状の水溶液を充填させ、排気ポンプ（IP-550H）を用いて、ブンゼンバーナーの空気取り組み口から導入し、炎色反応時の炎から出る光強度をカラーコンパス PCF で測定する

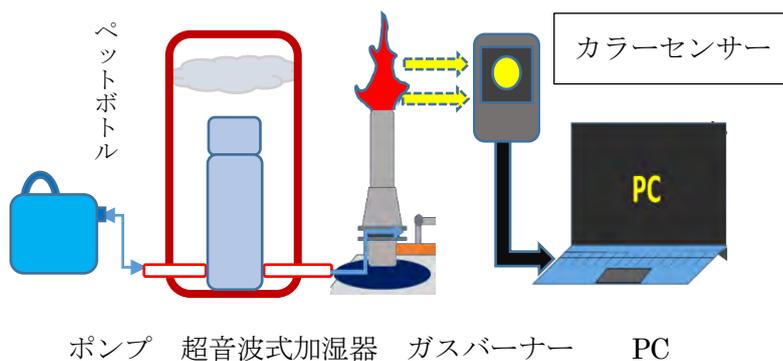


Fig.1 簡易炎色分光度計の模式図

3 手順

3-1 ナトリウムイオン濃度

私たちはアルカリ金属で炎色反応が起りやすいナトリウムイオン（黄色）の定量測定を行った。0～ 2.5×10^{-3} mol/L ナトリウム標準溶液を作成し、簡易炎色分光度計で測定した。または、測定波長は、ICP 発光分析の測定でも用いられる Na D 線 589nm を用いた。また、阿蘇の天然水に含まれるナトリウムイオンについても測定を行った。

3-2 カリウムイオン濃度の測定

ナトリウムイオンと同様に、カリウムイオンの測定も行った。測定波長は 760nm を用いる。

4 結果・考察

4-1 ナトリウムイオン濃度

Fig.2のように塩化ナトリウム溶液の濃度とカラーコンパスで検出した発光強度（測定値）をプロットすると、 $0\sim 2.5\times 10^{-3}$ mol/Lの範囲で直線となった（相関係数 $R^2=0.999$ になった）。作製した簡易炎色分光光度計は、ナトリウムイオンの測定が可能ということが分かった。

阿蘇の天然水は100mL中にナトリウムイオンが0.7~1.4mg含まれているが、簡易炎色分光光度計で測定し計算した結果は0.53mgであり、ほぼ一致した。

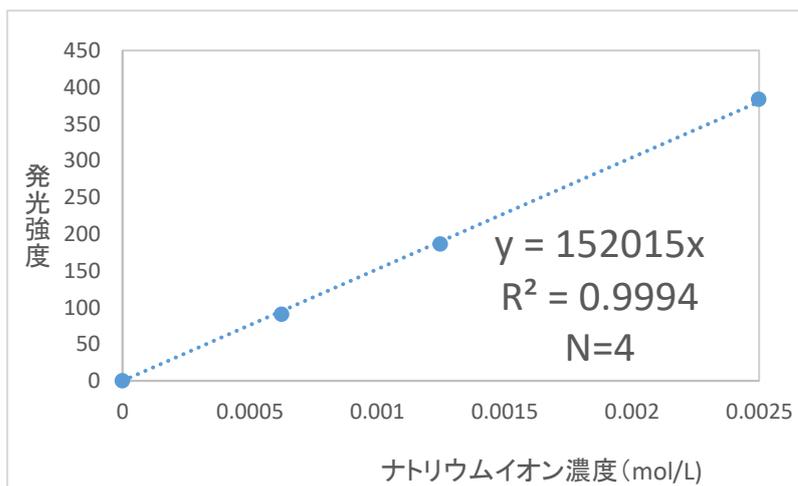


Fig.2 ナトリウムイオン標準溶液の濃度と発光強度（589nm）の関係

4-2 カリウムイオン濃度

Fig.3のように塩化カリウム溶液の濃度とカラーコンパスで検出した発光強度（測定値）をプロットすると、 $0\sim 1.0\times 10^{-2}$ mol/Lの範囲で直線となった（相関係数 $R^2=0.98$ になった）。作製した簡易炎色分光光度計は、カリウムイオンの測定が可能ということが分かった。

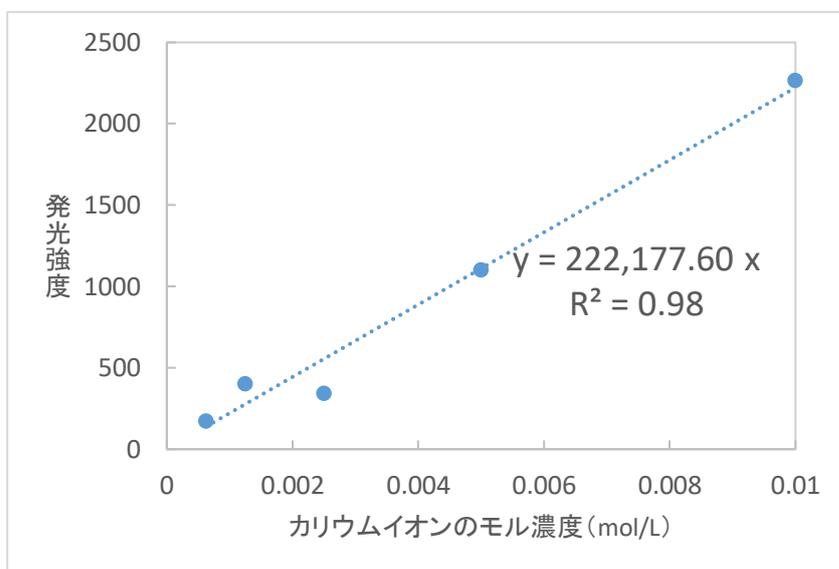


Fig.3 カリウムイオン標準溶液の濃度と発光強度（760nm）の関係

5 まとめ

作製した簡易炎色分光光度計は、ナトリウムイオン・カリウムイオンの測定が可能ということが分かった。

参考文献

- ・第20回 中国・四国・九州地区理数科高等学校 課題研究発表大会（佐賀大会）P100~P101
- ・松浦 紀之(2015) 水中のナトリウムイオンをどのようにして定量するか 化学と教育 63巻 4号

媒染による染色の違い

2年 信国駿介 池畑進之介

1年 永峯壮 徳重遼

1. 動機

私たちは、授業で化学カイロの結晶化現象によって、発熱反応を起こすことでカイロの役割を果たすという仕組みを学んだことから、酢酸ナトリウムに興味を持ち、インターネットで調べていた時に媒染に利用されているという記事を見つけ、草木染めに興味を持った。そして、「植物色素」に着目し、季節によって色が変化する葉で媒染する際に同じ植物でも違いが出るのかという色素に関する疑問が生じた。次に、ソテツが大島紬の媒染時に補助剤として使われることから「媒染剤」に着目し、鉄媒染の鉄はソテツのような植物に含まれる鉄分でも可能なのか。また、可能であった場合には植物によってどのような違いが出るのかという疑問を持ち、解明しようと考え、研究に至った。

2. 媒染剤とは

媒染とは可溶性の染料分子を繊維の中で金属塩などを用いて不溶性にすることである。しかし、絹や綿などの使う繊維によって、化学結合が異なるために色の付き方に違いが出る。代表的な違いとして絹と綿があげられる。絹と綿はどちらも部分的にプラス・マイナス両方の電荷を帯びているが、絹のほうが電氣的な力が強く、綿は電氣的な力が弱いために綿には色が付きにくいという問題が出る。このような場合に染色を助けるものとして「媒染剤」が使われる。媒染剤は染料分子と繊維分子の間の染着力が弱い場合に仲立ちをする役割があるのである。また、この時植物色素と金属イオンが結合して染料分子が可溶性分子から不溶性分子になる。それによって、色落ちを防ぐ役割も果たしている。

4-I. サクラの葉での実験

まず、私たちは季節によって色が変化する葉が染色する際にも出る色に違いが現れるのではないかと考え、そこでサクラの葉を用いて染色を行った。条件として、媒染液は焼きミョウバンを用いたAl媒染液、サクラの葉は、緑、黄色、茶色を用いた。その結果、緑の葉はモスグリーン、黄・茶色の葉は同じようにうす茶色に染色された。

	Al媒染液での変化	
緑		モスグリーン
黄		赤茶
茶		薄茶

4-II. 様々な鉄媒染での実験

次に媒染剤に着目し、鉄媒染の鉄はソテツのような植物に含まれる鉄分でも可能なのではないかと思ひ、鉄を含む植物を複数用いて媒染を行った。条件として、染色液は変化の分かりやすいタマネギの皮、媒染液はワカメ、ツユクサ、ソテツ、

パセリ、基準として鉄媒染で一般的に使われる鉄くぎを用いた。この4つの植物での媒染液の作り方としては、植物を燃やして灰にし、温めた酢酸を灰の入った容器に注ぎ数日放置するというものである。そして研究の結果、染まり方に違いが見られた。染色の様子は鉄くぎが一番黒っぽく、その次にワカメ、3番目にツユクサ、パセリ、4番目にソテツとなった。また、桜の緑の葉で媒染し、対照実験を行った場合には、一番鉄に近かったワカメよりもソテツのほうが今回は鉄媒染液につけたときに近い反応となった。

媒染液	タマネギの皮での染色の変化	
鉄くぎ		黄土色
ワカメ		こげ茶色
パセリ		赤っぽい茶
ソテツ		薄い赤茶
ツユクサ		薄こげ茶

5. 考察

まず、季節によって色が変わる葉で染色すると媒染する際にも違いをうむのではないかという実験についてだが、アルミ媒染の結果は緑の葉がモスグリーン、黄・茶色の葉はほぼ差がなく、茶色になった。このことから、緑の葉と黄・茶の葉に大きな違いが出たのは、枯れる前後での化学

成分が異なるからであると予想される。そして、違いが出る決定的な要因はクロロフィルaが壊れているかどうかの違いであると推測である。また、緑の葉は緑、茶色の葉は茶に染まったのに対し、黄色の葉は黄色ではなく茶色に染まった理由はカロチノイドは染色すると、色が弱いため、類似している茶色と混ざり、結果的に茶色の葉より少し明るい茶色になった可能性があると思われる。次に、4種類の鉄を多く含む植物での対照実験についてであるが、同じ鉄を含む植物でもイオンに違いがあるのではないかと考察した。ソテツは、大島紬でも利用されていたといわれていることから一番黒くなるかと思われたが、逆に一番淡い色となった。一般的に鉄媒染に使用される鉄イオンは Fe^{3+} であるのに対し、ソテツに含まれる鉄イオンは主に Fe^{2+} であることから、鉄くぎ媒染のような黒がかった色になる要素とは Fe^{3+} の含有量が多いことではないかという仮説が考察された。また、サクラの緑の葉を使って対照実験を行った場合にはワカメよりもソテツのほうが鉄くぎ媒染の黒がかった色に近くなるという結果になった。研究後の調べにより、大島紬の媒染にはバラ科の染料が使われていたことが分かった。研究結果とこのことから、染料と媒染剤の相性によっても色の付き方に差が現れるのではないかと考察した。

6. 今後の課題

- Fe^{2+} と Fe^{3+} の価数の差による染色の変化
- 染料となる植物と媒染液との関係性による染色の変化
- 桜の黄色の葉で茶色に染まる仕組みの解明

7. 参考文献

化学教科書（実教出版）

市場染色工房

<http://www2.wbs.ne.jp/~ichiba/arekore/kusakizome/03.html>

化3

なぜ紙おむつの原料が固まらない！？

鹿児島県立錦江湾高等学校 理数科 1年

研究者氏名 榎本 萌初・釜付 望生・鮫島 愛美

眞藤 彩音・松元 咲乃

1 動機・背景

私たち化学研究部は、イオンモール鹿児島での実験教室で行っている。実験の一つに「紙おむつの原料で芳香剤を作ろう」という実験がある。その実験は紙おむつの原料である高分子吸収体に、食紅や芳香剤を入れ芳香剤を作るものである。しかし、その高分子吸収剤は、食紅や芳香剤を加えると固まりにくくなることがある。そこで、固まりにくくなった要因を探るために、本研究を行う。

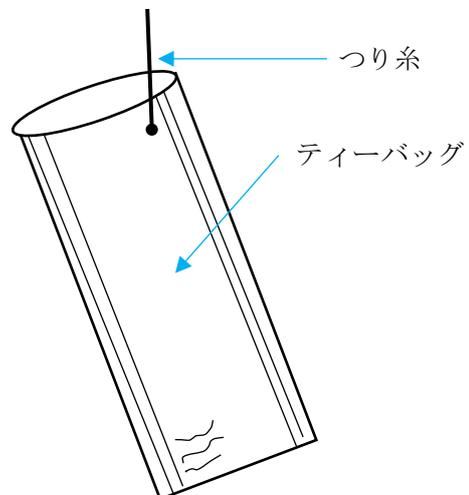
2 実験方法 (日本工業規格 JIS K 7223)

ティーバッグ法による吸収量の測定を行った。

- (1) 脱イオン水や各水溶液 1000ml が入ったビーカーを用意する。
- (2) ティーバッグに蒸留水では高吸水性樹脂 0.2g、水溶液では高吸水性樹脂 1.00g を入れたものを用意する。
- (3) (1) に (2) を規定時間 (24 時間) 浸せきさせる。
- (4) 規定時間 (24 時間) 浸せきした後、図 1 に示す通りティーバッグの底を傾斜するように 10 分間つるして水切りした後、直ちに重さを量る。

〈図 1〉 ティーバッグ のつるし方

ボルテイングクロスというナイロン製の織物で目開き 57 μ m のものを、10×40 cm の長方形に切断し、中央で折り曲げて両端をミシンで縫う。



- (5) 高吸水性樹脂を入れないティーバッグを脱イオン水 1000ml が入ったビーカーに規定時間 (24 時間) 浸せきさせ、(4) の操作を行い、ティーバッグの質量を量る。
- (6) (1) ~ (4) の操作を 5 回繰り返す。測定後にティーバッグから吸水した高吸水性

樹脂の漏れの有無を観察する。漏れが観察されたときは、その分を再試験する。
(7) 計算する。

〈吸収量の算出に用いる式〉

$$W = \frac{b-c-a}{a}$$

w:吸水量(g/g)

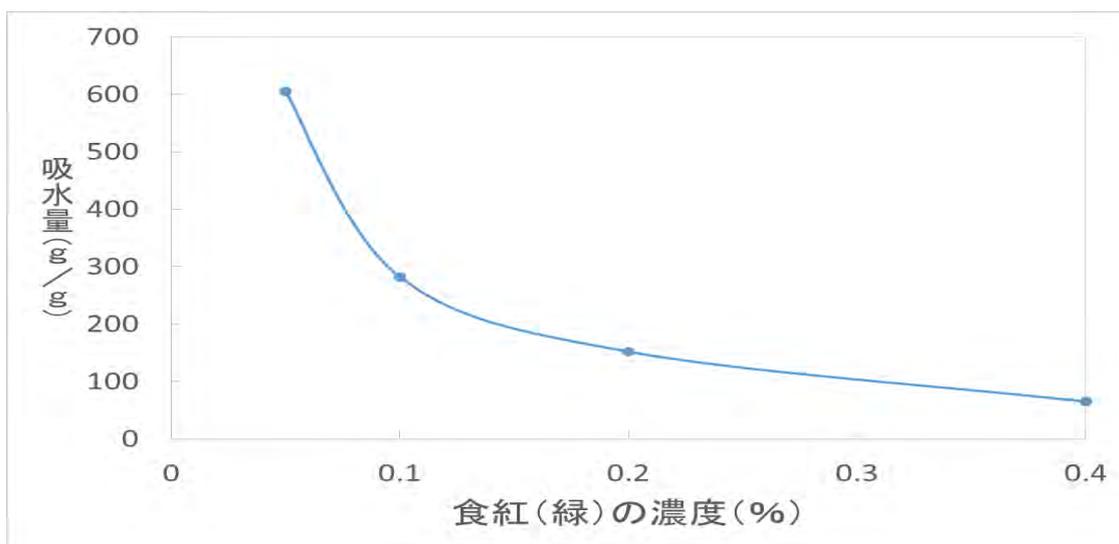
a:高吸水性樹脂の質量(g)

b:高吸水性樹脂を入れたティーバッグを規定時間(24時間)浸せきし、
水切り後の質量(g)

c:高吸水性樹脂を入れないティーバッグを規定時間(24時間)浸せきし、
水切り後の質量(g)

3 結果・考察

図2にあるように緑色食紅水溶液では、濃度が高くなるにつれて、吸収量が低くなることが分かった。これは、増田らの「高吸水性ポリマーとその利用」日本家政学会誌 Vol.40 No.8 721-724で「吸収される液体のイオン濃度が高く、ポリマー内の浸透圧が低くなるほど、吸水力が低下する」とを支持している。



4 考察

・緑色食紅水溶液では、濃度が高くなるにつれて、吸収量が低くなることが分かった

1. 研究の動機

健康ブームの一躍を担っている発酵食品のもつ健康機能性と、その生成をつかさどる微生物の活動に興味を抱き、さらに温度や成分によって乳酸菌のはたらきにどのような違いがあるかを比較し、乳酸菌の活動を探ろうと思った。

2. 研究の方法

①乳酸菌の働き(pH)を時間経過をもとに調べる

②温度や成分によって乳酸菌のはたらきにどのような違いがあるかを調べる。

※発酵:炭水化物等の有機化合物が微生物によって分解され、人間に有用な物質に変化すること。

試料:豆乳と牛乳(昨年度), 無調整豆乳と調製豆乳

種菌(スターター):シロタ株, 1073-R1菌, クレモリス FC 菌

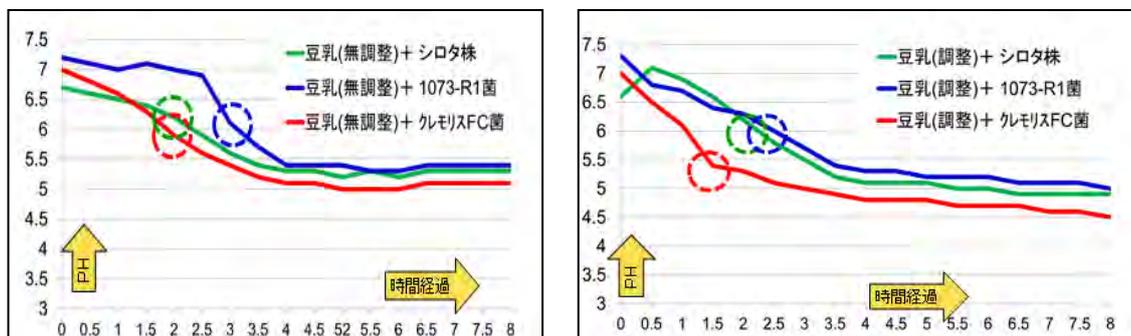
操作手順 1 試料 100mL を 90℃ に保ち, 5 分間殺菌をし, 30℃ まで水冷したあと, それぞれの試料に 3 種類の種菌を加え, 攪拌する。

操作手順 2 試料が均一になったところで pH の測定をし, 30℃ と 40℃ の下で 30 分ごとに pH の値を測定した。

3. 実験結果

①昨年度の実験結果:豆乳と牛乳を用いた発酵実験を行った結果, 豆乳の乳酸菌発酵に著しい pH 変化と早い段階(2 時間前後)でのゲル化が見られた。※ゲル化:ゼリー状に固まった状態

②今年度の実験結果



● ● ● 試料のゲル化の開始

左上のグラフは無調整豆乳を用いた乳酸菌発酵の様子を表したもので, 3 種類の乳酸菌ともに実験後 2 ~ 3 時間で pH の急激な変化を示しており, シロタ株, クレモリス FC 菌を加えたものが早くゲル化している。1073-R1 菌を加えたものにおいては pH の急激な変化時にゲル化が見られた。右上のグラフは調製豆乳を用いたもので, ゲル化が認められたのはクレモリス FC 菌を加えたものが最も早い 1.5 時間後, シロタ株, 1073 R1 菌を加えたものが 2 ~ 2.5 時間後, クレモリス FC 菌を加えたものにおいて, pH の急激な変化時にゲル化見られた。ただ, 無調整豆乳と調製豆乳にゲル化への大きな違いは見られなかった。

5. 考察

豆乳の成分比較によると, 表のように炭水化物の量に差があるもののタンパク質の量に大きな差は見られなかった。無調整豆乳と調製豆乳のゲル化に顕著な違いが見られなかったのはタンパク質の量がほぼ同じだったことによるものと思われる。

無調整豆乳と調整豆乳の違い(100mL中)

	カロリー (Kcal)	タンパク質 (g)	炭水化物 (g)	脂質 (g)	Ca (mg)	Fe (mg)
無調整	46	3.6	3.1	2.0	15	1.0
調製	64	3.2	4.8	3.6	31	0.8
牛乳	67	3.3	4.8	3.8	110	0.02

日本食品標準成分表(2015年度版)より

6. 今後の課題

① 30℃, 40℃ 以外での条件のもとで発酵がおこるかの検証。

② 牛乳に含まれる動物性のタンパク質と豆乳に含まれる植物性タンパク質のゲル化の違いについて調べたい。

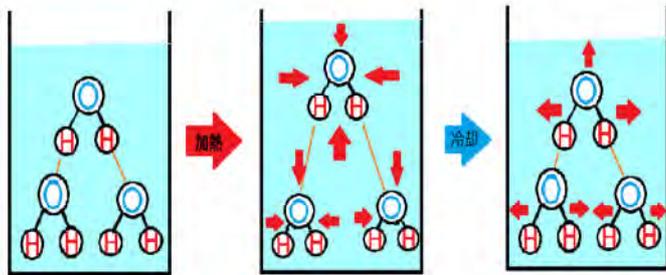
逆ムペンバ効果のメカニズムの解明

鹿児島高校 2年 徳田 隼己

1. ムペンバ効果とは

ムペンバ効果というのは、冷水よりお湯の方が早く凍るとい現象である。

そのメカニズムは、まず、水が加熱されると体積が大きくなり、水分子間の水素結合の距離が長くなり、同時に共有結合間の距離は縮んでエネルギーを蓄える。次にその状態から温度が下がると、蓄えたエネルギーを放出しながら共有結合間の距離が広がり、水素結合の距離が縮まる。このエネルギー放出のプロセスが冷却に等しいためお湯の方が早く冷却されるのでこのような現象がおこる。



ムペンバ効果のメカニズム (赤矢印はエネルギー)

2. 研究の動機

ムペンバ効果の原因を知ったとき、逆にお湯と比べて冷水の方が早く沸騰するのではないかと考えこの研究をすることにした。

また、その現象が起こる条件は何かを調べることにした。まずは、蒸留水と水道水の沸騰までの過程を比較し、液体中の物質が関係するか調べた。次に加熱方法を変えて実験した。ガスバーナーと電子レンジを使用し、熱の伝わり方による違いを調べた。

3. 研究内容・研究方法

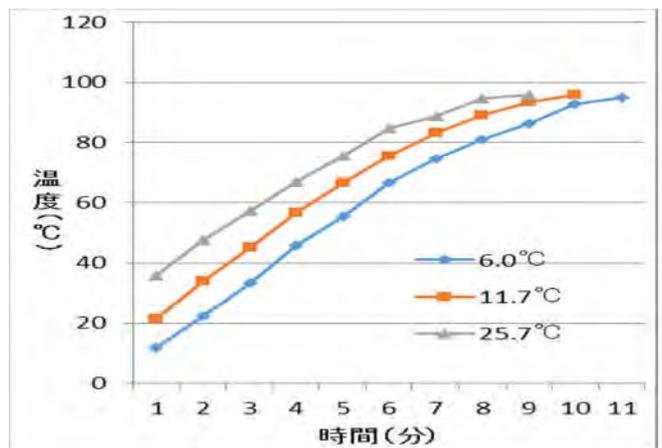
室温の水 (22~26℃) と冷蔵庫で冷やした水 (約 10℃) をガスバーナーで加熱し、1分ごとの温度を記録する。(それぞれ 50ml)

- ① 水道水を使って実験する。
- ② 蒸留水を使って実験する。
- ③ 加熱方法を電子レンジ (100W) にして水道水で実験する。

4. 実験結果

①水道水の1分置き温度変化

時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6.0℃	11.8	22.3	33.5	45.7	55.5	66.6	74.6	81.1	86.4	92.9	95
11.7℃	21.3	34	45.2	56.6	66.4	75.5	83.2	89	93.3	96	
25.7℃	36	47.8	57.2	66.8	75.6	84.6	88.8	94.6	96		

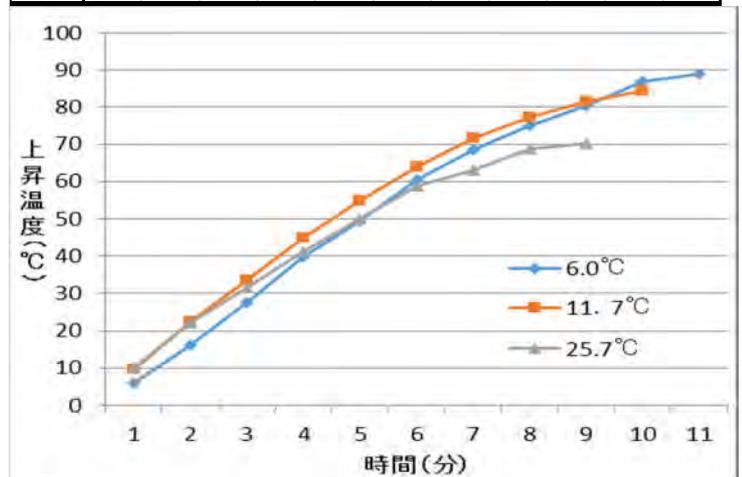


・水温が高いほど沸騰までの時間が短くなっていった。温度変化の割合はほぼ同じで温度の上がり方がどれも似ていた

①の時間ごとの上昇温度 (℃)

(そのときの温度-初期温度)

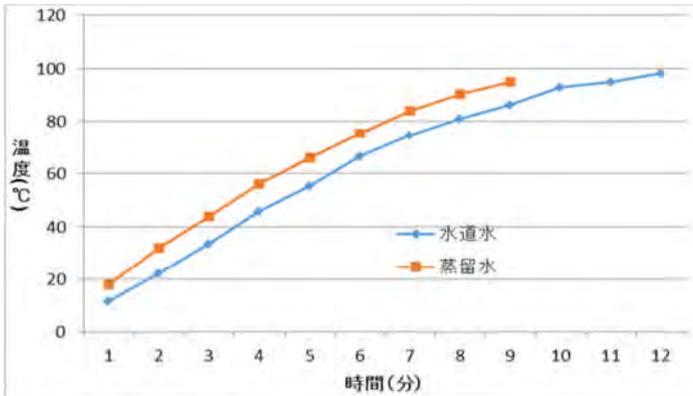
時間	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6.0℃	5.8	16.3	27.5	39.7	49.5	60.6	68.6	75.1	80.4	86.9	89
11.7℃	9.6	22.3	33.5	44.9	54.7	63.8	71.5	77.3	81.6	84.3	
25.7℃	10.3	22.1	31.5	41.1	49.9	58.9	63.1	68.9	70.3		



・水温を 70 度上げるのに 6.0℃水は 7.5 分、25.7℃水は 9 分かかっていて、温度が低いほど速く温度が上がった。

②蒸留水と水道水の比較

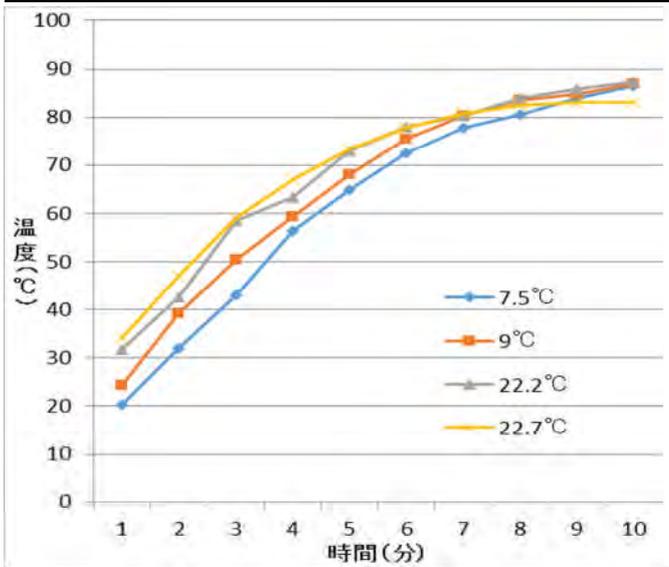
時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
水道水	11.8	22.3	33.5	45.7	55.5	66.6	74.6	81.1	86.4	92.9	95	98.3
蒸留水	18	32	44	56	66.1	75.3	83.8	90.4	95			



- ・水道水よりも蒸留水の方が二分ほど早く沸騰した。
- ・蒸留水の方が温度変化の割合が大きかった。
- ・温度の高い蒸留水の方が温度の低い蒸留水より早く沸騰していた。

③電子レンジで加熱したとき

時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.5°C	20.3	32	43	56.4	64.9	72.6	77.7	80.5	84	86.5
9°C	24.4	39.1	50.5	59.4	68	75.5	80.3	83.6	84.7	86.9
22.2°C	31.7	42.6	58.4	63.4	73	78	80.3	83.9	85.9	87.4
22.7°C	34	47	59.1	66.9	73.4	77.7	80.7	82.5	83	83

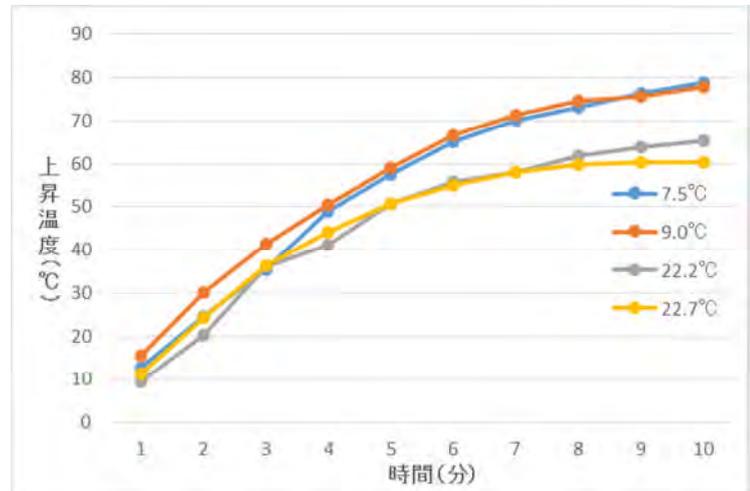


- ・ガスバーナーで加熱した時と異なり、どの水道水もほぼ同時に沸騰した。8.0°Cの水は温度変化の割合が大きかった。

③の時間ごとの上昇温度

(その時の温度－初期温度)

時間(分)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
7.5°C	12.8	24.5	35.5	48.9	57.4	65.1	70.2	73	76.5	79
9.0°C	15.4	30.1	41.5	50.4	59	66.5	71.3	74.6	75.7	77.9
22.2°C	9.5	20.4	36.2	41.2	50.8	55.8	58.1	61.7	63.7	65.2
22.7°C	11.3	24.3	36.4	44.2	50.7	55	58	59.8	60.3	60.3



- ・約 10°Cの水道水と約 20°Cの水道水で温度上昇の速さに大きな差が見られた。
- ・20°Cの水は途中から温度が上がりにくくなっていた。

5. 考察

- ・温度が低いほど早く沸騰する現象は見られなかったが、温度が低いほど温度の上昇が速かった。
- ・水道水と蒸留水の比較では水道水の沸点上昇が見られ、蒸留水の方が早く沸騰した。
- ・電子レンジで加熱した時は、どの温度の水もほぼ同時に沸騰した。

6. 今後の展望

初期温度と温度上昇の速さの関係を調べ、その原因を解明したい。また、実験の精度を高めたい。

化6

コロイド形成の研究

鹿児島県立鶴丸高等学校

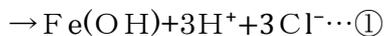
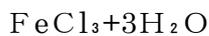
2年 四角目尚生 村田和隆

有川実利

1年 久木崎琉輝 森永蘭加

1. 要旨(動機と目的)

沸騰水に塩化鉄(Ⅲ)の飽和水溶液を加えると以下①のように反応して水酸化鉄(Ⅲ)コロイドを形成する。



また、塩化鉄(Ⅲ)ではなく塩化アルミニウムや塩化コバルト(Ⅱ)でも①と同様の反応が起こりコロイドを形成すると予想した私達は、同様の実験を行ったがコロイド形成は確認できなかった。そこで、水酸化鉄(Ⅲ)コロイドの形成についての研究からコロイド形成条件を探り、塩化アルミニウムや塩化コバルト(Ⅱ)に応用することを目的とした。

2. 研究内容

私たちは沸騰水中の $[\text{OH}^-]$ と常温(25℃)の水の $[\text{OH}^-]$ の差に着目し、塩化鉄(Ⅲ)水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えることを考えた。

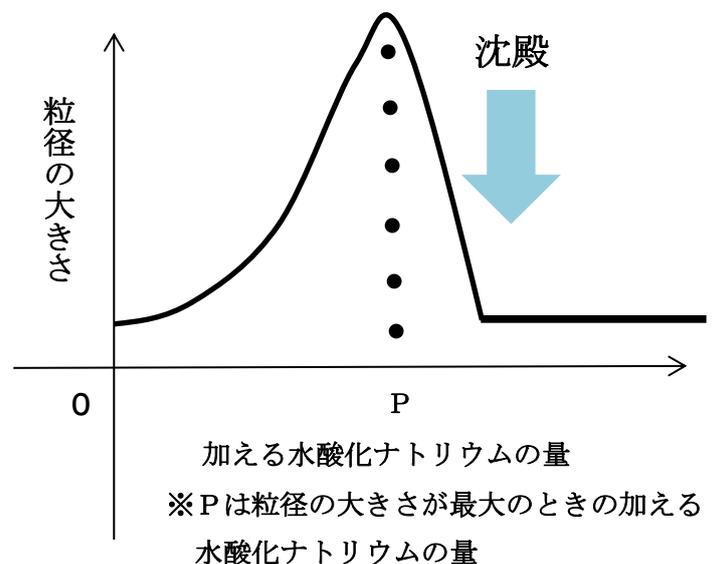
【実験1】

$10^{-1} \sim 10^{-6} \text{mol/L}$ (指数はすべて整数)の6種類の濃度の異なる水酸化ナトリウム水溶液を作成し、その後それぞれ10mLずつ量りとり別々の試験管に入れた。そして、6種類の水酸化ナトリウム水溶液が入った試験管それぞれに $1.0 \times 10^{-1} \text{mol/L}$ の塩化鉄(Ⅲ)水溶液約1.0mLを加えた。

【結果1】

NaOH 水溶液の濃度(mol/L)	FeCl ₃ 水溶液滴下後の様子
10^{-1}	赤褐色の沈殿を生じ、上澄みは淡黄色になった。上澄みの液体はチンダル現象を示した。
10^{-2}	黄褐色の水溶液となった。沈殿は見られなかった。チンダル現象を示した。
10^{-3}	無色透明の水溶液であった。
10^{-4}	無色透明の水溶液であった。
10^{-5}	無色透明の水溶液であった。
10^{-6}	無色透明の水溶液であった。

上の表のような実験結果となった。実験結果から、水酸化ナトリウム水溶液を滴下してもコロイドは形成され、水酸化鉄(Ⅲ)の粒径に着目すると下のグラフのように変化すると推測できる。



私たちは上のグラフにおいて、Pのときの粒径が最大となる水酸化鉄(III)を取り出せれば、塩化アルミニウムや水酸化コバルト(II)の場合においてもコロイドを形成させることができると考えた。そこで、私たちは、塩化鉄(III)水溶液を用いて次のような実験2を行うことにした。

【実験2】

10^{-1} mol/Lの塩化鉄(III)水溶液 10mLに、 10^{-1} mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液を加えていき、沈殿させた後、 10^{-1} mol/Lの塩酸を加えて沈殿を再び溶解させる。この実験を行っている間、溶液の上澄みにレーザー光を当て、チンダル現象の程度の変化を観察する。

3. 展望

現段階で実験2は実施できていないが、実施後は沸騰水を用いて作った水酸化鉄(III)コロイド水溶液と粒径を比較して実験の成果を確かめた後、塩化アルミニウムや塩化コバルト(II)でも同様の実験を行いたい。また、実験2や塩化アルミニウム、塩化コバルト(II)への応用が上手くいかなかった場合、文献に水酸化鉄(III)コロイド形成の要因として、①の反応があまりにも早く行われたために、液中に大量にできた水酸化鉄(III)の結晶核は、まわりにある水酸化鉄(III)をとり込んで大きな沈殿粒子になることができずに、コロイド粒子の段階で成長がストップしてしまったという記述があったため、反応速度の面からコロイド形成について考えていきたい。また、難溶性塩に着目し

て溶解度積の面から研究を進めたり、水酸化鉄(III) 1個の体積を算出し、コロイド粒子の直径の定義と組み合わせ、浸透圧の面から研究を進めたりしていきたい。

4. 参考文献

- ・化学の新研究 ト部 吉庸著
- ・サイエンスビュー化学総合資料 三訂版 実教出版

化7 もみ殻を最大限に活用したバイオエタノールの生成

～酸加水分解による効率の良い糖の作り方～

鹿児島県立国分高等学校理数科 サイエンス部化学班

平田啓晃・平実奈・田村優里・竹下鈴那・平峰嘉乃・岩下直矢・近藤来美・田村咲良・神守思宇

1 はじめに

バイオエタノールは、燃焼しても大気中の CO_2 を増加させない性質(カーボンニュートラル)をもつため、地球温暖化防止に役立つ燃料として注目されている。しかし、原料となるトウモロコシやサトウキビ生産拡大のための森林伐採、過剰な農薬散布による環境汚染が問題点として指摘されている。そこで、廃棄されるもみ殻からバイオエタノールを生成できないか実験を始めた。

2 研究目的

廃棄されるもみ殻を最大限に活用し、バイオエタノールを生成することを最終目的とする。バイオエタノールは、原料(セルロース)を糖化し、生成した糖を発酵させて蒸留することで製造される。

セルロースを糖化するには酸加水分解する方法がある。本研究では、硫酸を用いて酸加水分解を行い、最も効率よく糖化できる濃度を調べる。また、最終的にバイオエタノールを生成する。

3 実験内容

【実験Ⅰ】ベネジクト液による糖の確認

【実験Ⅱ】フェノール硫酸法による糖の定量

【実験Ⅲ】バイオエタノールの生成と確認

(1) 試料作成

i 0.5 mol/L, 1.0 mol/L, 1.5 mol/L, 2.0 mol/L, 2.5 mol/L, 3.0 mol/L の各濃度の硫酸 100 mL の試料を用意し、もみ殻 10

g を加える。

ii ビーカーを、 50°C に設定した電気低温恒温機に静置する。

iii 1 日目, 2 日目, 3 日目と、各試料を 3.0 mL ずつ試験管に取る。

iv 水酸化ナトリウムを加え、よく振り中和させる。

(2) 実験方法

【実験Ⅰ】ベネジクト液による糖の確認

①各試料に 3.0 mL のベネジクト液を加え、ガスバーナーで加熱する。

②ベネジクト液の色の変化を観察する。

【実験Ⅱ】フェノール硫酸法

①200 倍に希釈した試料水溶液 1.0 mL に 5% フェノール水溶液を 1.0 mL 加え混ぜる。次に濃硫酸 5.0 mL を加え混合する。10 分放置後、黄色から褐色に呈色するので、常温の水浴中で 10 分冷却した後、490 nm での吸光度を測定する。

②各試料をフェノール硫酸法で呈色させた後、吸光度を測定する。

③グルコース標準溶液を作成し、②と同様に吸光度を測定し、検量線を作成する。

【実験Ⅲ】バイオエタノールの生成と確認

①3 日間静置した 2.5 mol/L の硫酸 100 mL を合計して 300 mL になるように中和し、もみ殻を取り除いた後に市販のドライイーストを試料の 15 g 加える。

- ②3日間静置し発酵させ、試料を布でこす。
- ③こした試料を蒸留し、ヨードホルム反応を用いてバイオエタノールが生成されたか確認する。

(3) 結果

【実験Ⅰ】

1日目、2日目、3日目のすべての濃度で赤～赤褐色に呈色したため、糖が生成されていると考えられる。

【実験Ⅱ】

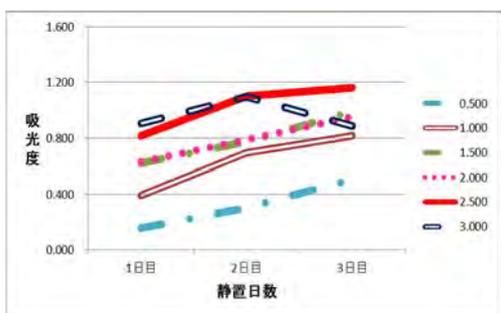


図1 各試料の日数による吸光度の変化

2.5 mol/Lの試料が2日目でピークに達しており最も高い吸光度が測定されている。

次に、グルコース標準溶液を作り、吸光度を測定し、検量線を作成した。

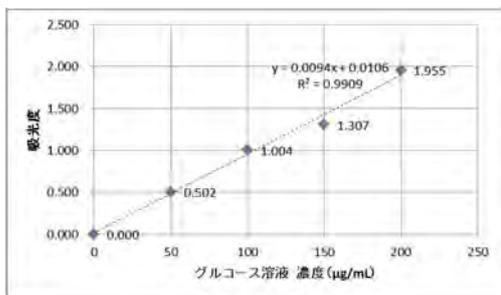


図2 グルコース溶液の吸光度

今回試料中の糖をグルコースと仮定し、この検量線の式($y=0.0094x+0.0106$)から2日目の2.5 mol/Lの試料100 mL中に含まれるグルコースの質量を算出したところ、2.68 gとなった。

また、セルロース類をどれくらい分解できたのか調べてみた。ある品種のもみ殻の

成分中にはもみ殻10 gあたりにセルロース類が約5.13 g含まれている。今回の実験では最大で約2.68 gの糖が生成されたので、もみ殻の中に含まれているセルロースを約52.2%分解できていることが分かった。

【実験Ⅲ】

試料を蒸留したところ、発生した気体の温度が78 °Cから84 °C付近で停滞した。また、22分経過後に79 °C付近でアルコール特有のにおいが発生した。

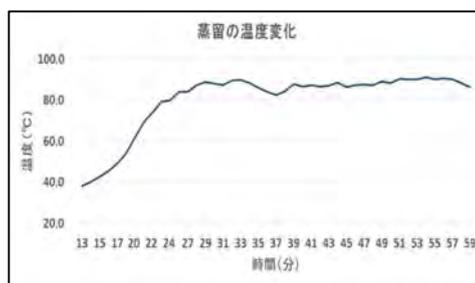


図3 蒸留時の経過時間と温度変化

さらに、蒸留で得られた液体でヨードホルム反応を行ったところ、沈殿が発生した。このことから、エタノールが生成されたと考えられる。

5 今後の課題

- ・各試料の測定回数を増やし、データの精度を高める。
- ・静置する時間を日数ではなく時間に区切り、酸加水分解が限界に達する時間を求める。
- ・試料の分量比率を変えることで、糖がどのように変化するか調べる。

6 参考文献

釜谷 実則, 吸光度法, ぶんせき, 2008年 / 北村 進一・中屋 慎, 糖の定量法, 生物学第90巻, 2012年 / 農林水産省 食料産業局バイオマス循環資源課, バイオ燃料生産拠点確立事業について, 2014年 / バイオエタノールの問題点, 生物図表ウェブ / Makasaka's Homepage, 高校せいぶつ実験, アルコール発酵 (ドライイースト)

化8

浮遊粒子状物質 (SPM) 測定器の開発

鹿児島県立錦江湾高等学校 化学研究部 2年 平望多瑠 久松佳奈 安留千加

1. はじめに

「浮遊粒子状物質」(以下: SPM = Suspended Particulate Matter) とは、大気中に浮遊する粒子状物質であって、その粒径がおおむね $10 \mu\text{m}$ 以下と定義されている¹⁾。小さいため気管に入りやすく、特に粒径が $1 \mu\text{m}$ 以下の粒子は、気道や肺胞に沈着しやすく、呼吸器疾患の原因になっている²⁾。SPM は、代表的な大気汚染物質の一つとして、大気汚染防止法で規制・監視の対象で、環境基準として「1時間値の1日平均値が 0.100 mg/m^3 以下であり、かつ、1時間値が 0.20 mg/m^3 以下であること」と定められている³⁾。

SPM の発生源は2種類あり、工場などから排出されるばいじんや粉塵、ディーゼル車の排出ガス中に含まれる黒煙など人為的発生源によるものと、飛散した土壌など自然発生源によるものがある⁴⁾。

2. 目的

大気中の SPM の測定には光散乱法・圧電天秤法・ベータ線吸収法などを用いた高価な機器が必要で、環境省が設置した大気汚染広域監視システム(そらまめ君)は鹿児島市でも9局(鹿児島市役所・谷山支所・有村・黒神・環境保健センター・鴨池・桜島支所・赤水・喜入)しか設置されていない⁵⁾。

そこで、安価で簡便な方法として、SPM をフィルター付きの吸引ポンプで捕集し、そのフィルターを測定できる簡易反射型吸光度計(以下: SPM 君)の製作を目的とした。

3. SPM 測定器 (SPM 君) の作成

3-1 捕集装置の作成

ガスメーターにフィルター(ろ紙)と吸引ポンプをつけ、電圧を一定にするため、車用のバッテリーをつなげた。作成図を Fig. 1 に示す。

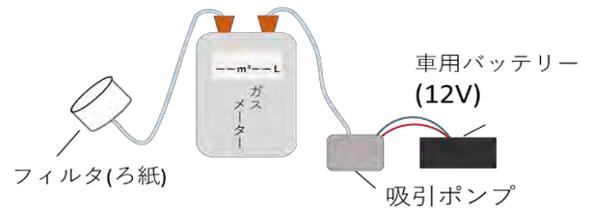
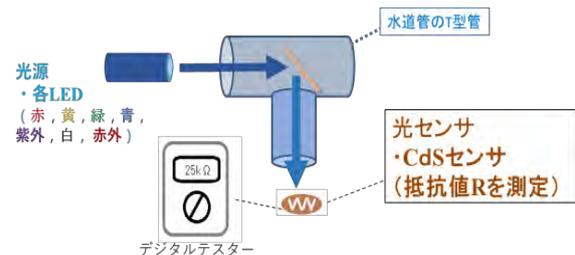


Fig. 1 SPM 捕集装置

3-2 簡易反射型吸光度計の作成

SPM 濃度測定器 (SPM 君) の模式図を Fig. 2 に示した。加工がしやすい PVC 製水道管および T 型管で本体を作った。光源として LED (赤、黄、緑、青、紫外、赤外、白色など)・半導体レーザー (赤・緑色)、光センサーとして硫化カドミウム (CdS)、フォトトランジスターを、フィルムケースに取り付けて使用する。

Fig. 2 SPM 濃度測定器 (SPM 君) の模式図



4. SPM 測定器 (SPM 君) の校正

4-1 レーザープリンターを用いた校正

モノクロレーザープリンターで RGB=(0, 0, 0,) から (250, 250, 250) まで 50 間隔で印刷し、RGB する、抵抗値の比の対数 $\log(R/R_0)$ をプロットした。(Fig. 3)。

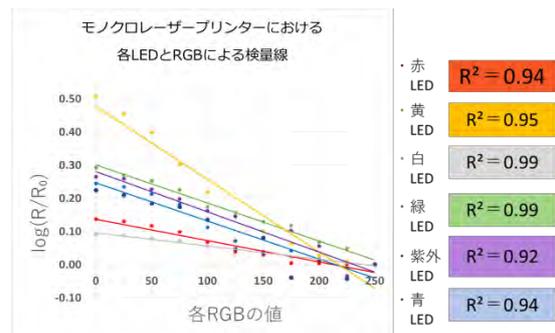


Fig. 3 各 RGB 値と $\log(R_0/R)$

4-2 そらまめ君での SPM 濃度測定

SPM 濃度のデータは、環境省が設置した大気汚染物質広域監視システム（そらまめ君）のホームページからダウンロードした。SPM 君で測定した CdS センサの抵抗値 R のろ紙のみの場合の測定値 R_0 との比の対数 $\log(R/R_0)$ をそらまめ君に対してプロットした (Fig. 3)。青色 LED の直線性が良かった ($R^2 = 0.80$)。よって、測定が可能だということが分かった。

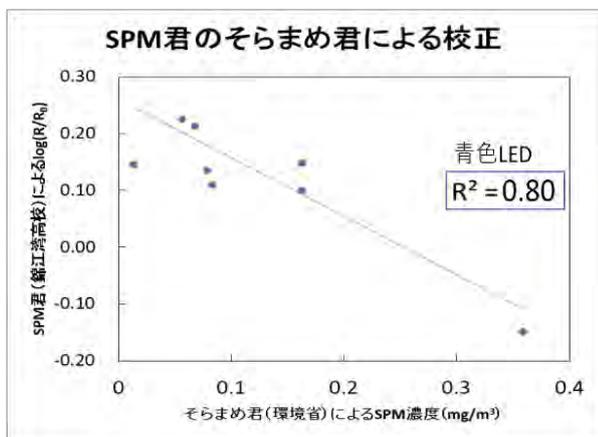


Fig. 3 そらまめ君による SPM 君の校正

4-3 ImageJ での校正

参考文献^{6,7)}にろ紙の色の変化(明度)により SPM を測定している研究があったので、SPM 捕集装置が吸引したフィルター(ろ紙)と大気汚染物質広域監視システム(そらまめ君)の校正のために、スキャナーでフィルターの画像を JPEG 方式でスキャンし、アメリカ国立衛生研究所が開発した ImageJ を使って、明度 V の平均値を求めた。その結果を Fig. 4 に示す。

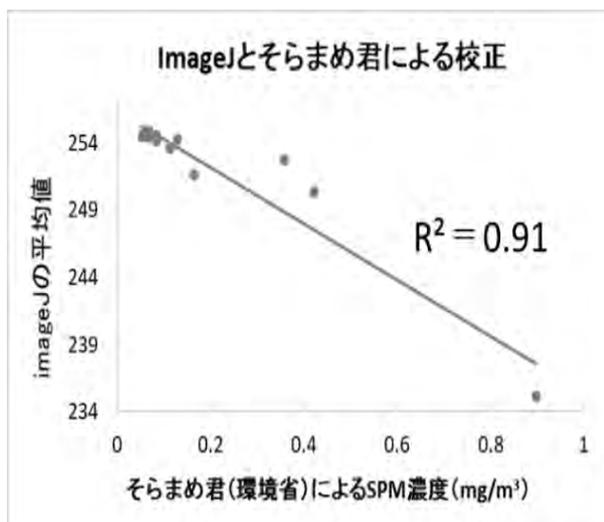


Fig. 4 ImageJ とそらまめ君による校正

5. まとめ

- ・環境省と同じ精度で青色 LED で正確にかつ安価に測定できる SPM 濃度測定器 (SPM 君) が完成できた。
- ・また、ImageJ を用いた方法では SPM 濃度を正確に測れることがわかった。

6. 参考文献

- 1) 大気汚染防止法施行規則 第 18 条の 2
- 2) 横浜市環境創造局 「用語解説 : 浮遊粒子状物質 (SPM)」
<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kanshi/worda/spm.html>
- 3) 環境庁 昭和 48 年 5 月 8 日告示第 25 号
- 4) 独立行政法人 環境再生保全機構 「ばいじん、粉塵、浮遊粒子状物質 (SPM) とは？」
https://www.erca.go.jp/yobou/taiki/taisaku/01_02.html
- 5) 環境省大気汚染物質広域監視システム
<http://soramame.taiki.go.jp/>
- 6) 齋藤由倫 「視覚による官能試験を利用した PM2.5 簡易測定法の検討」
全国環境研究会誌 Vol. 41 No. 1 (2016)
- 7) 齋藤由倫 「科学的な環境教育を目指した大気環境に関する体験学習の試み」 環境教育 Vol. 24-3 (2015)

薬品から薬品をつくる

樟南高等学校 理科同好会

中尾 亮太, 明石 幸太郎, 中村 友哉, 永吉 爽馬, 圓山 純莉, 澤村 春菜, 平田 祥大

1 はじめに

私たちは、けがをしたり病気にかかったりしたときに薬を使う。その薬のうち、解熱剤や湿布薬を薬局でよくみかける。解熱剤は商品名「アスピリン」(図1)が、湿布薬は商品名「サロンパス」が有名であり、とりわけサロンパスの匂いは強烈なものがある。そこで、私たちが病気やけがのときによく使用する薬にはどんな成分が含まれているか、そしてそれらを自分たちで作ることのできるのか、について知り調べたいと思った。

アスピリンの成分にはアセチルサリチル酸が、サロンパスの成分にはサリチル酸メチルがそれぞれ含まれている。またアセチルサリチル酸とサリチル酸メチルはともに高校化学で学習する内容である。私たちに身近である薬品の合成を通じて、薬品と私たちとの関わりについて研究を行った。

なお、今回の実験では「アスピリン」(図1)を使用した。



図1 アスピリン (アセチルサリチル酸)

2 先行研究

アセチルサリチル酸は、無色固体の有機物で、サリチル酸と無水酢酸に濃硫酸を加えて反応させて生成することが知られている(図2)。解熱鎮痛剤として用いられている。

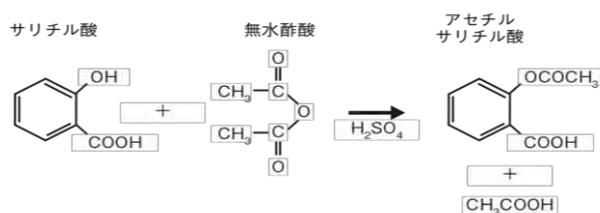


図2 アセチルサリチル酸の合成方法

サリチル酸メチルは、サリチル酸とメタノールに濃硫酸を加えて加熱(エステル化)して生成したものである(図3)。湿布薬として用いられる。

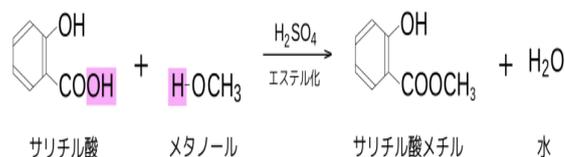


図3 サリチル酸メチルの合成方法

なお、サリチル酸とは、無色固体の有機物で、ベンゼン環にカルボキシ基 -COOH とヒドロキシ基 -OH が *o*-位の位置で結合した化合物である。サリチル酸やサリチル酸メチルはベンゼン環にヒドロキシ基 -OH が直接ついているフェノール類である。フェノール類は、塩化鉄(III)水溶液を加えると、青紫色から赤紫色の範囲で変化することで確認ができる。食品の防腐剤、皮膚病治療剤としての性質もあるが、副作用がひどいため薬としてはあまり用いられていない。

3 目的

アスピリンに含まれるアセチルサリチル酸から、サロンパス成分の一つであるサリチル酸メチルを合成し、解熱剤から鎮痛剤ができる過程を観察する。

4 実験準備

・薬品類

アスピリン（主成分アセチルサリチル酸）、水酸化ナトリウム、塩酸、メタノール、濃硫酸、炭酸水素ナトリウム、精製水

・器具

乳棒、乳鉢、駒込ピペット、試験管、試験管ばさみ、ガスバーナー、ろ紙、ろうと、ビーカー

5 実験方法

- (1) 市販のアスピリン 4 錠（アセチルサリチル酸）を粉末にする。
- (2) 粉末にしたアスピリンを試験管に移し、1mol/L 水酸化ナトリウム水溶液 5mL を加え、20 分水浴する。
- (3) (2) に塩酸を加え、沈殿を作る。
- (4) (3) をろ過し乾燥させる。
- (5) (4) で得られた物質にメタノール 3mL と濃硫酸を数滴加え、5 分加熱する。
- (6) (5) を炭酸水素ナトリウム水溶液の中に注ぐ。(図 4)

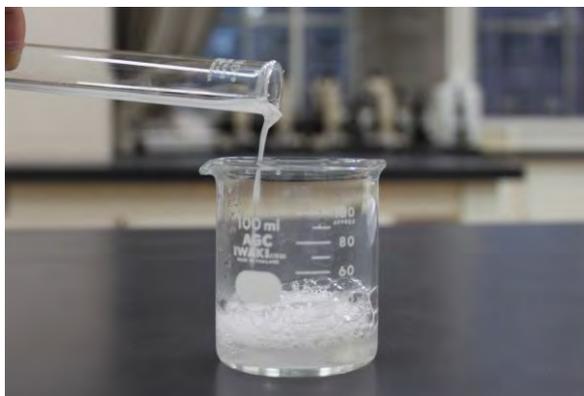


図 5 実験 (6)

6 結果

最終的に得られた物質の匂いをかぐと、激しく、はっきりと湿布葉の匂いがした。

最終的に得られた物質に塩化鉄 (III) 水溶液を加えると、赤紫色に変化した。(図 5)

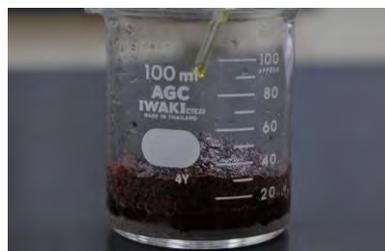


図 5 塩化鉄(III)の反応

よって、主成分がアセチルサリチル酸である「アスピリン」から湿布のもとであるサリチル酸メチルができたことになる。

7 考察

実験 (2) において、直接加熱していたが、水浴に方法に変えたことで、全体的に均一に、安定した温度で加熱でき、加熱時間の調整もスムーズにできた。これらのこともあり、直接加熱した時よりもいい反応を示すことが出来た。最終的に得られた物質の匂いは湿布葉そのものであり、湿布葉の“もと”はできたのではないと思われる。

8 今後について

今後はどのようにすれば正確に量的関係を求めることが出来るのかが検討課題である。また、私たちはアセチルサリチル酸から湿布葉の主であるサリチル酸メチルへ変える実験をしたが、ほかの薬でも今回の実験と同様に「薬品から薬品をつくる」ことが可能なのか考え、可能であれば実験を行いたい。

9 引用・参考文献等

- ・教科書 数研出版 改訂版化学 p.342,358
- ・久光製薬「サロンパス」ホームページ

雪のような結晶の再現

鹿児島中央高等学校科学部

鞆脇夕奈 野口千花

常温でも溶けない雪のような美しい結晶を作るために、様々な物質で再結晶の実験を行い、どのような物質であれば雪のような結晶ができるのか調べた。

1. 動機と目的

私たちは科学部に加え、美術部としての活動も行っている。その活動の中で、雪の結晶の美しさに気付いた。そこで、水以外の物質で雪の結晶のような形をしており、常温でも溶けない結晶を作ること为目标に研究を開始した。

2. 仮説

- ・溶解度が温度によって変化するものほど、多くの結晶を得られる。
- ・水素結合の物質が再結晶すると、雪の結晶のような結晶ができる。

3. 実験方法

- ① お湯の入ったビーカーに対象の溶質を溶かし、飽和水溶液を作る。
- ② 上澄みだけを別のビーカーに移す。
- ③ 氷の入った大きなビーカーに②のビーカーを入れ、再結晶させ、結晶の様子をルーペなどで観察する。

【対象】

*食塩 *砂糖 *ミョウバン *硝化カリウム *塩化アンモニウム

4. 実験結果

- ・食塩は、溶解度が温度によってあまり変化しないためか、あまり結晶が見られなかった。
- ・砂糖は、溶解度が温度によって変化するにも関わらず、食塩より結晶が見られなかった。
- ・ミョウバンは、立方体に近い結晶が見られた。一番はっきりした形。
- ・硝化カリウムは、斜方系の結晶が見られた。
- ・塩化アンモニウムは、小さな塵のような細かい結晶が見られた。よく観察してみると、最も雪の結晶に近い形だった。

5. これからの展望

- ・水溶液中で浮遊している結晶を観察する方法を探して、結晶ができる過程を観察する。
- ・水素結合による物質で再結晶を試みる。

1. 研究の目的

学校の敷地には、木々が生えている場所や、雑草しか生えていない場所、植物が生えていない場所が見られる。これらの植物の生え方の違いは、土壌に存在する微生物が関係をしているのではないかと考えた。校内の様々な場所の土壌について微生物の有無を調べ、微生物が及ぼす影響について調べることにした。

2. 実験の方法

実験の手順

- ① 校内8カ所の土を採取する。
- ② 採取した土を2つに分け、1つは何も行わず、もう1つは20分間加熱した。
- ③ 16種類の土を、ヨウ素液を垂らした培地に載せ、経過を観察した。

3. 実験の結果

採取場所と観察の結果（6日目）を下の表に示す。ヨウ素デンプン反応は、3日目にはすべてなくなった。

採取場所	状態	微生物の繁殖	
		加熱なし	加熱あり
雑木林の中	日当たりが悪い。 落ち葉が多い。	あり	なし
雑草が茂った空き地	日当たりが良い。 雑草は一様に生えている。	あり	なし
雑草の生えた土手	日当たりが良い。 雑草の生え方にむらがある。	なし	なし
校庭の中心	日当たりが良い。 植物なし。	なし	なし
校庭の端	日当たりが悪い。 木の根元に雑草が生えている。	あり	なし
桜が生えた花壇	日当たりが良い。 低木・雑草も生えている。	あり	なし
雑草が生えた花壇	日当たりが悪い。	あり	なし
低木が生えた花壇	日当たりが良い。 雑草も生えている。	あり	なし

4. 考察

微生物の繁殖があった土壌は、生えている植物の種類が多い場所から採取した土壌であった。また、繁殖がなかった土壌は、植物の生えにくい土壌であった。このことから、植物が生えにくい土壌は、微生物も繁殖しにくいと考えられる。