ルミノール反応による化学発光

～ 暗闇を照らせ！災害時のヒーローに ～

喜多川珠吏　中川美沙　中島深名美　山崎沙和

要旨

ルミノール発光における触媒の種類や反応物の量を変えることによって対照実験を行い，最適条件を探す．結果として，反応前の pH は 11 周辺が輝度，持続性ともによい．また，触媒は 0.10 g 周辺のとき反応時間がより長い．pH が高いほど反応の初めは明るいことがわかった．

1. はじめに

ルミノール反応を用いて，災害時に電気を用いずに長時間明るく安全に光るライトを作成することを試みた．

ルミノール反応とは，ルミノールと水酸化ナトリウム(NaOH)を混合したアルカリ溶液に鉄を含む物質を触媒として過酸化水素水を反応させると過酸化中間体を経て窒素の脱離とともに励起状態のアミノフタル酸ジアニオンに変化し，これが基底状態に戻る際に青白い発光が見られる反応である．『ルミノールとルシゲニンの化学発光の機構と反応条件(大場茂　向井知大，2010 年)』

先行研究として，始めに DMSO(ジメチルスルホキシド)を加えたものとそうでないもので対照実験を行ったところ加えたものの方が明るく光ることがわかった．次に触媒の量について対照実験を行うと量が多いほうが反応時間は長いとわかった．

このことからDMSOは反応を活発にする働きがあり，触媒は反応時間を持続させる働きがあると考えられるのでそれぞれ量についてさらに対照実験を行った．

2. 材料・研究方法

2-1.　研究試料

・ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム
・ヘモグロビン(牛)
・水酸化ナトリウム
・過酸化水素水 0.3%
・ルミノール
・純水
・ジメチルスルホキシド

2-2.　研究方法

輝度計測はスマートフォンアプリ QUAPIX Lite を使用した．

実験①

(1) 水酸化ナトリウム 0.016 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 80 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 20 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った．(溶液 A)

水酸化ナトリウム 0.016 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 70 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 30 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った．(溶液 B)

水酸化ナトリウム 0.016 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 60 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 40 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った．(溶液 C)

水酸化ナトリウム 0.016 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 50 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 50 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った．(溶液 D)

(2) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.2 g を 200

mLビーカーにとり, 過酸化水素水 6 mLを加え, さらに純水 94 mL を加えて溶液を作った.（溶液 E）同じものをあと 4 個作った.

(3) 駒込ピペットで溶液 A～D を 10 mL ずつとり，それぞれ溶液 E に加えた.

実験②

(1) 水酸化ナトリウム 0.8 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 80 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 20 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 F）

水酸化ナトリウム 1.6 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 80 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 20 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 G）

水酸化ナトリウム 2.4 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 80 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 20 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 H）

水酸化ナトリウム 3.2 g を 200 mL ビーカーにとり，純水 80 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 20 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 I）

(2) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.2 g を 200 mLビーカーにとり, 過酸化水素水 6 mLを加え, さらに純水 94 mL を加えて溶液を作った.（溶液 J）同じものを計 4 個作った.

(3) 駒込ピペットで溶液 F～I を 10 mL ずつとり, それぞれ溶液 J に加えた.

実験③

(1) 水酸化ナトリウム 0.16 g を 100 mL ビーカーにとり，純水 40 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 10 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 K）

水酸化ナトリウム 0.016 g を 100 mL ビーカーにとり，純水 40 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 10 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 L）

水酸化ナトリウム 0.0016 g を 100 mL ビーカーにとり，純水 40 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 10 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 M）

水酸化ナトリウム 0.8 g を 100 mL ビーカーにとり，純水 40 mL を加え，さらにジメチルスルホキシド 10 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 N）

(2) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.1 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素水 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った.（溶液 O)同じものを計 4 個作った.

(3) 駒込ピペットで溶液 K～N を 10 mL ずつとり，それぞれ溶液 O に加えた.

実験④

(1) 水酸化ナトリウム 0.8 g を 100 mL ビーカーにとり，純水 40 mL を加え，さらにジメチルスルホキシドを 10 mL とルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った.（溶液 P)同じものを計 4 個作った.

(2) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.05 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素水 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った.（溶液 Q）

ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.10 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素水 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った.（溶液 R）

ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.15 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素水 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った.（溶液 S）

ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.20 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素水 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った.（溶液 T）

(3) 駒込ピペットで溶液 P を 10 mL ずつとり，そ

れぞれ溶液 Q～T に加えた.

実験⑤

(1) 水酸化ナトリウム 0.8 g を 100 mL ビーカーにとり ，純水 50 mL を加え，さらにルミノール 0.01 g を加えて溶液を作った．（溶液 U)同じものを計 3 個作った.

(2) ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム 0.1 g を 100 mL ビーカーにとり, 過酸化水素 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った．（溶液 V）

ヘモグロビン（牛）0.003 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った．（溶液 W）

ヘモグロビン（牛）0.006 g を 100 mL ビーカーにとり，過酸化水素 3.0 mL を加え，さらに純水 47 mL を加えて溶液を作った．（溶液 X）

(3) 駒込ピペットで溶液 U を 10 mL ずつとり，それぞれ溶液 V～X に加えた.

3. 結果

実験① DMSO の量に関わらずどの条件下でも光の強さ，反応持続時間は変わらなかった.

実験② 溶液 G（水酸化ナトリウム 1.6 g），溶液 H（水酸化ナトリウム 2.4 g），溶液 I(水酸化ナトリウム 3.2 g)は強い光を発して，一瞬で光が消えたが溶液 F (水酸化ナトリウム 0.8 g)は持続して明るく光った.

実験③ 表 1 参照．表中の pH12.8 は溶液 N, pH12.1 は溶液 K, pH11.1 は溶液 L, pH10.1 は溶液 M である.

実験④ 表 2 参照.

実験⑤ 表 3 参照.

4. 考察

実験①よりDMSOは空気中の酸素を溶かす働きをする（大場ら，2010）が空気と触れる面積が変化しないため一定以上加えても効果は得られないと考えられる.

実験②より溶液 F（pH12.8）は持続的に光ったが，溶液 G（pH13.1）溶液 H（pH13.3）溶液 I（pH13.4）は瞬間的にしか光らなかったため pH13 以上は適さないと考えられる.

実験③より溶液 N（pH12.8）は輝度が激しく低くなったため，持続性は乏しいと考えられる．溶液 L（pH11.1）は初期の輝度が溶液 K（pH12.1）溶液 M（pH10.1）より高く，緩やかに低下したため，持続性に優れていると考えられる.

実験④より計測開始より 1 分間は触媒の量が多い溶液 S 溶液 T のほうが溶液 Q 溶液 R に比べ，輝度が高かった．1 分以降は溶液 Q 溶液 R のほうが溶液 S 溶液 T に比べ，輝度が高かったため持続性があると考えられる．溶液 R は溶液 Q に比べて初期の輝度が高かったため，適量であると考えられる.

実験⑤よりヘモグロビンの量が多い溶液 X のほうが溶液 W より輝度が高く，溶液 V ヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウムより安定した光を発したため，持続性があると考えられる.

5. まとめと今後の課題

今回の実験より触媒の量は 0.10 g が最適であり，pH 値については 11.1 が輝度，持続性ともに最適だと考えられる.

今後の課題として，pH11.1 の条件下で触媒の量を変えて輝度を計測していきたい. またより微弱な光の輝度を計測できる機械を用いて実験したい．ヘモグロビンを触媒として用いた対照実験のデータが十分でないので追加実験を行いたい.

6. 参考文献

大場茂，向井知大，2010，ルミノールとルシゲニンの化学発光の機構と反応条件．慶応義塾大学日吉紀要刊行，No48, p.31-57

7. 添付資料（表内の値の単位は cd/m^2）

表 1.　実験 3　pH と輝度・持続性の関係

時間(s) / pH	0	20	40	60	80	100	120	140
12.8	4.6	1.7	0.9	0.4	0.3	0.2	0.2	0.1
12.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
11.1	0.6	0.4	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
10.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

表 2.　実験 4　触媒の量と輝度・持続

時間(s) / 触媒(g)	0	30	60	90	120	150	180	210
0.05	1.4	0.8	0.4	0.3	0.3	0.1	0.2	0.1
0.10	2.3	0.8	0.5	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1
0.15	3.3	1.2	0.5	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1
0.20	3.5	0.9	0.5	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1

表 3. 実験 5　触媒の量・種と輝度・持続性の関係

時間(s) / 触媒(g)	0	30	120
0.10	0.7	0.1	0.1

触媒はヘキサシアニド鉄(Ⅲ)酸カリウム

時間(s) / 触媒(g)	0	30	120
0.003	0.2	0.1	0.1
0.006	0.2	0.1	0.1

触媒はヘモグロビン（牛）

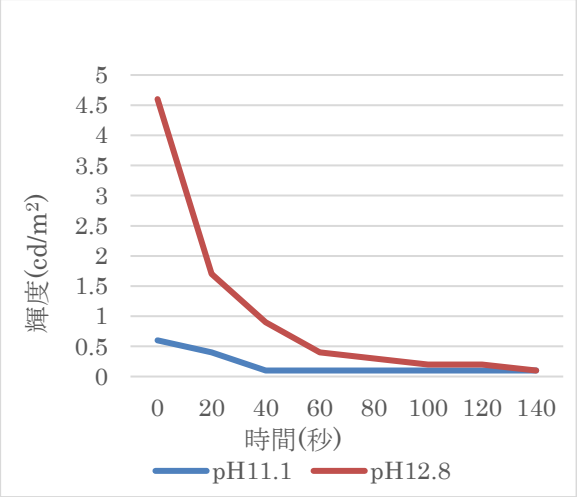


図 1　実験 3　pH と輝度・持続性の関係

実験 4　反応開始時の様子

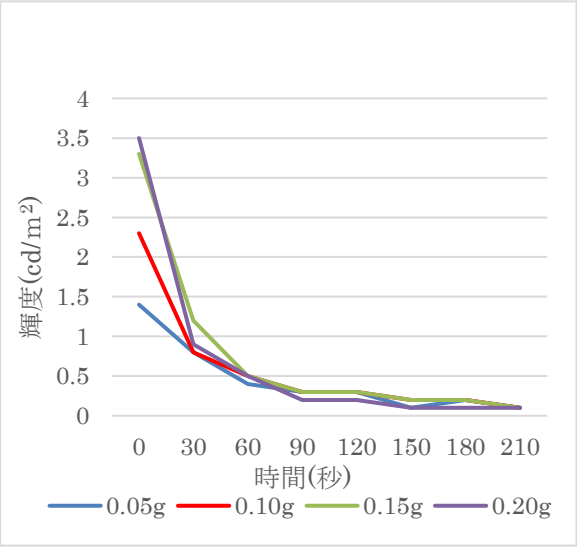
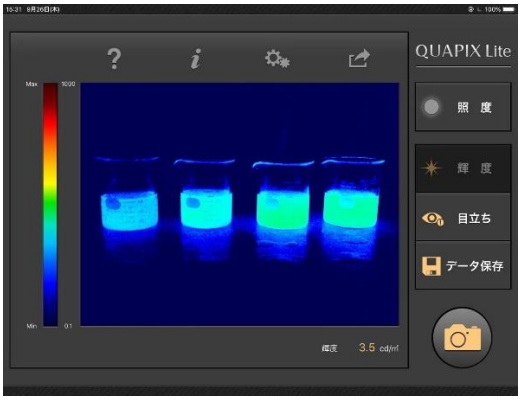


図 2　実験 4　触媒の量と輝度・持続性の関係



実験 4　反応開始時アプリによる計測の様子

ハーブや茶葉の大腸菌抑制作用

～天然抗菌スプレー作製を目指して～

辻川茜　橋場和奏　和田瑛怜奈

要旨

私たちは，植物の抗菌性を用いた抗菌スプレーを作ることを目的に本研究を行った．身近なハーブや茶葉を中心に選び，濃度，親水性成分，親油性成分に焦点を当てて大腸菌に対する抗菌性を検証した．その結果，抹茶は親水性，親油性成分どちらの場合も高い効果を示した．どの植物も親油性成分のほうが効果を示したため，実際のスプレーでも親油性成分を生かすことができる作製方法を検討する必要があると考える．

1．はじめに

植物には抗菌性，殺菌性のある成分をもつものが多くある．現在そのような成分の効果を生かし，バランや抗菌シートという商品として，シート状の食中毒予防製品がある．抗菌シートの多くはカラシやワサビに含まれるアリルカラシ油を抗菌成分として用いている．効果は実証されているが，プラスチックごみになってしまう．そこで，ゴミの出ない天然由来の抗菌スプレーを作ることで体にも環境にも良いものができると考えた．

食中毒には多種の菌が関係するが，今回は大腸菌に絞り，研究を行った．実験対象とする植物は，日常的に使うという視点から身近で入手しやすいものを選んだ．当初は，抗菌性が高いといわれているハーブ類についてのみ考えていたが，緑茶に含まれるカテキンが抗菌作用に長けるとわかり，紅茶（ダージリン）と抹茶も対象として加えた．また，抗菌シートに使われているアリルカラシ油を含む，ワサビの粉末も用いた．

大腸菌の増減をみるために，今回は液体培地を用いて増殖前後の濁度を分光吸光光度計を用いて測定・比較した．濁度差が大きいほど大腸菌が増殖したことを示し，効果が薄かったと評価した．

仮説として，実験 1 に関しては，同じ対象を用いた場合は濃度に応じて差があり，高濃度のほうが効果が高いと考えた．実験 2 に関しては，参考文献での記述から，ローズマリーの効果が最も高く，続いて抹茶，ワサビが高いと考え，ハーブ類を加えていない滅菌水は最も効果がないと考えた．実験 3 に関しては，実験 2 では抽出できていない親油性の物質の効果が期待できるため，水溶性の抗菌物質しか抽出できていなかった実験 2 とは大きく異なる結果が得られるのではないかと考えた．予備調査を行ったところ，緑茶に含まれるカテキンや抹茶のテアニンは水溶性でハーブの精油成分にさまざまな抗菌成分が含まれることが分かった（参考文献より）．よって，緑茶や抹茶では，親油性成分を抽出すると効果がより高く出てくるのではないかと考えた．

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

＜実験 1＞

・ローズマリー　2.5 g (0.5 g×5)

・滅菌水　27 mL

（以下，実験 2，3 でも使用）

・乳鉢，乳棒

・分光吸光光度計

・恒温器

＜実験 2＞（ハーブ類はすべて乾燥したもの）

・ローズマリー　1.0 g (0.5 g×2)

・タイム　1.0 g

・バジル　1.0 g

・ミント 1.0 g

・パセリ　1.0 g

・ダージリン 1.0 g

・緑茶（お～いお茶） 1.0 g

・抹茶 1.0 g

・粉末ワサビ　1.0 g

・滅菌水　160 mL

＜実験 3＞（ハーブ類は実験 2 と同様）

・サラダ油（日清ヘルシーオフ） 160 mL

・ジメチルスルホキシド（DMSO） 100 µL

・培地　5 mL×20 本

2-2. 研究方法

＜実験 1＞

1. ローズマリーを 0.5 g ずつ乳鉢に計量し，すりつぶす．同じものを 4 つ作る．
2. 滅菌水を 3，5，8，10 mL ずつ加え，乳鉢ですりつぶしながら混合し，試験管にうつす（この上澄みを以後スプレーと呼ぶ．）
3. 大腸菌 25 µmg，　スプレー1 mL，　培地 5 mL
   を太い試験管に入れ，それぞれ混合する．
4. 分光吸光光度計を用い，波長 600 nm で濁度を測定する．
5. 一晩恒温器にかけ，37℃に保ち増殖させる．
6. 再度濁度を測定する．

＜実験 2＞

1. ハーブ類を 0.5 g ずつ計量し，すりつぶす．1 種類につき 2 つ作る．
2. 滅菌水 8 mL をそれぞれに加え，実験 1 と同様にスプレーを作る．（写真 1）
3. 大腸菌 10 µmg，　スプレー1 mL，　培地 5 mL を太い試験管に入れ，それぞれ混合する．（写真 2，3）
4. 　実験 1 の手順 4．～6．と同様にする．

＜実験 3＞

1. 実験 2 の 1．と同様にハーブを計量し，すりつぶす．1 種類につき 2 つ作る．
2. サラダ油 8 mL をそれぞれに加え，乳鉢ですりつぶしながら混合．
3. 培地を 100 mL 計量し，DMSO100 µL と混合して 1000 倍希釈にする．
4. 大腸菌 10 µmg，　スプレー1 mL，　3．の操作をした培地 5 mL をそれぞれ混合する．
5. 実験 1 の手順 4．～6．と同様にする．

3. 結果

＜実験 1＞

以下の表のようになった．

滅菌水量	増殖前	増殖後	濁度差
3mL	2.559	2.965	+0.406
5mL	1.881	2.550	+0.669
8mL	1.521	2.352	+0.831
10mL	1.212	2.266	+1.054
ハーブなし	0.099	1.789	+1.690

滅菌水は同量のローズマリーに対して異なる量加えていて，実際利用したスプレー量は 1 mL で統一しているため，加えた滅菌水量が少ないほど濃度が高い．また，濁度差が少ないということは大腸菌があまり増殖しなかった，つまり効果が高いと言える．よって表から，濃度が高いほど効果が高かった．

＜実験 2＞

対象ハーブ	濁度差
バジル	+0.546
抹茶	+0.718
粉末わさび	+0.724
タイム	+1.118
お～いお茶	+1.376
滅菌水	+1.500
ダージリン	+1.629
ミント	+1.790
ローズマリー	+1.942
パセリ	+2.178

バジル，抹茶，粉末わさびで高い効果がみられた．ダージリン，ミント，ローズマリー，パセリは滅菌水よりも効果がなかった．

＜実験 3＞

対象ハーブ	濁度差
ミント	－0.6045
抹茶	－0.3360
ダージリン	－0.3150
パセリ	－0.1415
粉末わさび	－0.0165
お～いお茶	±0
ローズマリー	+0.0160
油のみ	+0.8695
バジル	測定不能
タイム	測定不能

表において，ミントから粉末わさびまでは濁度が減少した．お～いお茶は，平均をとると±0 となった．サラダ油のみのものは最も効果を示さなかった．バジル，タイムはすりつぶした粉末が細かすぎたのか粘度が高くなり，スプレーをうまく計量することができず測定することができなかった．

4. 考察

実験 1 より，濃度が高いほうが抗菌性が高いということが確認できる．

実験 2 より，バジル，抹茶，粉末わさびがもつ成分は特に抗菌性を示す．しかし，バジルと抹茶に関しては増殖前の濁度の値が 2.0 を超えていて，これは分光吸光光度計において誤差が大きくなる値の範囲だとされているため，他の結果と同等に比較することはできないと考えられる．また，滅菌水は一番効果がないと考えて基準としたが，ダージリン，ミント，ローズマリー，パセリは滅菌水よりも効果がない．ここから，これら 4 つの植物に含まれる一部の成分が大腸菌が増殖する際の栄養素としてはたらき，増殖を助長してしまったと考える．ローズマリーは当初効果が高いと考えていたため，今結果は仮説と異なるものだった．今実験では親水性成分のみの結果となっていると考えられるため，親油性成分について同様に実験を行うと，異なる結果が得られると考える．

実験3においては，ほとんどの場合で濁度が減少してしまったため仮説とはかなり異なる結果となった．DMSO の濃度はかなり薄かったため DMSO の濃度による影響とは考えにくい．ただ，今回使用した油には大豆油が含まれていて，大豆抽出物の植物油脂には抗菌作用を有する不飽和脂肪酸や細菌に対する抗菌作用を有するアミノ酸類が大量に含まれている（参考文献より）ため，使用した油とハーブの成分の両方が作用することによって大腸菌に対し殺菌効果を示したと考えられる．しかし親油性成分がこんなにも殺菌効果を示すとは考えにくいので，DMSO の使用量を変えることで，親油性であるスプレーと親水性である培地をよりうまく混合し，成分の働きをみる必要がある．

今回の実験結果のみから考えると，親油性成分が親水性成分より抗菌性をもつと考えられるため，実際スプレーを作製する際には親油性成分が生かされるよう，溶媒を工夫する必要があると考えら

れる.

5. 今後の課題

以下が今後の課題としてあげられる.

・DMSO の濃度を高くして実験すること(実験 3 において, DMSO の濃度が低すぎたためスプレーと培地が十分に混ざりきっておらず, 親油性の成分が十分に働いていなかったと考察した)

・スプレーを作ってから使用するまでの時間をもう少し空けて実験すること(DMSO を使ったときは滅菌水を使った時より親水性のものと親油性のものが混ざり合うのに時間がかかったと考えた)

・実験 2, 実験 3 の結果を踏まえて抗菌作用を持つ成分を特定することで, 同じ成分を持つほかの植物に派生させて実験をすることで結果を広げること

・今回は大腸菌を用いて実験を行ったが, 腐敗や食中毒に関係する菌はほかにもあるので, ほかの菌についても調べ同じ実験を行い, 効果の高いスプレーを作ること

・ハーブを使ってスプレーを作ったときに色が濃かったりにおいが強かったりしたので最終的には, 脱色や消臭をする方法を調べて確立することで実際に使えるスプレーを作ること

6. 参考文献

ジル・デイヴィーズ, 2018.5.28, カラー図鑑 ハーブの秘密〈利用法・効能・歴史・伝承〉, 西村書店, p.192

岩崎賢一, 2014.4.12, 朝日新聞教育プロジェクト(2014 年 4 月 12 日付) https://www.asahi.com/shimbun/nie/tamate/20140412/, 2019.11.2

Ps&Qs, 抗菌メカニズム, http://www.peacecues.com/products/koukin.html, 2020.1.9

7. 添付資料

写真 1　成分を抽出

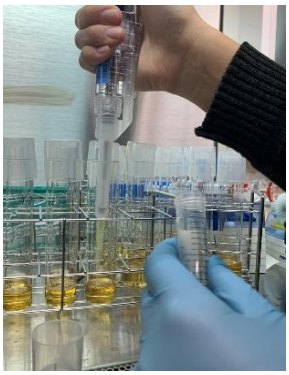


写真 2　大腸菌, 培地を混合

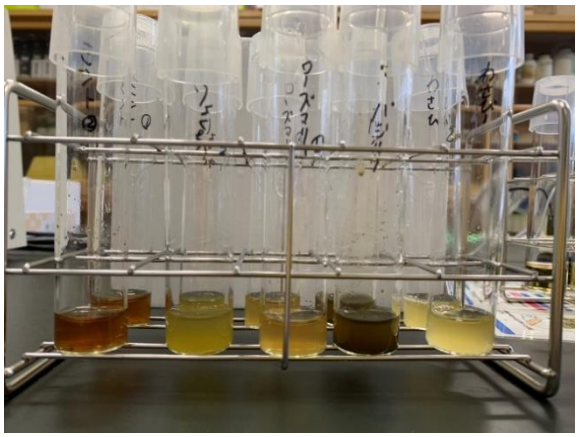


写真 3　スプレーを混合

酸化還元反応を用いた無機顔料の色の変化

～ プルシアンブルーをベルリングリーンに変える ～

神田七穂　増田琳

要旨

色が退色することや変色する様子について興味を持ち，その理由，またどのようにすれば人工的に色を変化させられるだろうかということに興味を持った．無機顔料であるならば酸化還元反応が色の変化する大きな原因と考え，プルシアンブルーに酸化剤を用いて酸化反応を起こした．その結果プルシアンブルーは酸化反応により色が変化するということが分かった．またその結果生じたベルリングリーンの状態で留めるためには，未変化のプルシアンブルーと生じたプルシアンイエローのバランスを保つ必要があると考えられた．

1. はじめに

プルシアンブルーはヘキサシアニド鉄(Ⅱ)酸カリウム $K_4[Fe(CN)_6]$と Fe^{3+}の水溶液を混合したときにできる沈殿物である.プルシアンブルーの化学式は$[Fe(CN)_6]^{4-}$と表される．（Jo Kirdy and David Saunders 2004 によると

$$[Fe^{2}(CN)_6]^{4-} \rightleftarrows \{[Fe^{3}(CN)_6]0.67[Fe^{2}(CN)_6]0.33\}^{3.33-} + 0.67e^{-}$$

でありプルシアンブルーが電子の放出によりベルリングリーンに変化することが報告されている．またベルリングリーンは

$$\{[Fe^{3}(CN)_6]0.67[Fe^{2}(CN)_6]0.33\}^{3.33} + 0.67e^{-} \rightarrow [Fe^{3}(CN)_6]^{3-} + 0.33e^{-}$$

としてプルシアンイエローに変化することが報告されている．）

このことから私たちは，プルシアンブルーから電子を強制的に移動させることでベルリングリーンに変化させることができるのではないだろうかと考えた．そこで次のような予備実験を行った．プルシアンブルーを炭素電極につなぎ電源装置を用いて電子を移動させたところ，プルシアンブルーの色が変化し緑を帯びた色に変化しているのが確認された．しかし色はすぐに青色に戻ったためベルリングリーンがプルシアンブルーよりも安定していない物質であると考えられた．そこで私たちはベルリングリーンである状態を長く保つために次のように仮説を立てた．酸化剤を用いてプルシアンブルーを酸化しベルリングリーンに変化させた後，還元剤を加えることで加えた酸化剤の反応を止める．そうすることで e^{-}の移動が起こらなくなりベルリングリーンがプルシアンブルーに変化しづらくなり，その結果ベルリングリーンの状態をより長く保つことができるのではないかと考えた．

2. 材料・研究方法

2-1. 研究試料

プルシアンブルーは 0.02 mol/Ｌの塩化鉄塩酸溶液と 0.1 mol/Ｌのフェリシアン化カリウムを過不足なく反応させたものを使用した．

酸化剤	0.1 mol/Ｌ さらし粉溶液	16 mol/Ｌ 硝酸
還元剤	0.1 mol/Ｌ チオ硫酸ナトリウム溶液	1.0 mol/Ｌ シュウ酸

酸化剤，還元剤は上記のものを使用した．

2-2. 研究方法

1 プルシアンブルーに純水を加え懸濁した.

2 1に酸化剤を加えて色の変化を確認した.

3 色の変化を確認後, 2 に還元剤を加えて色の変化の経過を確認した.

これを次の三通りの酸化剤と還元剤の組み合わせで行った.

	①	②	③
酸化剤	さらし粉	硝酸	硝酸
還元剤	チオ硫酸ナトリウム溶液	チオ硫酸ナトリウム溶液	シュウ酸

3. 結果

それぞれの結果は次の通りである.

実験①

酸化剤を滴下した後, プルシアンブルーはすぐにプルシアンイエロー(写真 1)に変化してしまいベルリングリーンを取り出すことはできなかった. 次に酸化剤と還元剤をほぼ同じタイミングで滴下した. すると緑色の沈殿(写真 2)を取り出すことができた. またその沈殿物は時間がたっても緑色の状態を維持し続けた. しかしその色は不鮮明であった.

実験②

酸化剤を滴下すると①とは違いゆっくりと色が変化したのち鮮明なベルリングリーン(写真 3, 写真 4)が確認された.

実験③

実験②と同じように硝酸を滴下しベルリングリーンに変化させた後, 還元剤を滴下すると, 鮮明であったベルリングリーン(写真 5)は青色に戻ってしまった(写真 6).

4. 考察

実験①について

プルシアンブルーを酸化させることでプルシアンイエローに変わることが確認できた. はじめベルリングリーンを取り出せなかった理由が, 還元剤を加えるタイミングが遅かったからだと考えた. なぜならプルシアンブルーとベルリングリーンの間は可逆反応だがベルリングリーンとプルシアンイエローの間は不可逆反応なので, 酸化させすぎるとベルリングリーンには戻らないからだ. また還元剤を入れるタイミングを早めた時に得られた緑色の顔料の色が不鮮明だったのは, さらし粉の漂白作用によるものだと思われる. したがって鮮明な色の顔料を得るために漂白作用のない酸化剤を用いる必要があると思われる. さらに, 得られた緑色がベルリングリーンであるかどうかを判断するために吸光度や測定するなどをして数値化することが必要である.

実験②について

酸化剤と還元剤の力が実験①よりも釣り合っていたと考えられる. しかし, 顔料を保存するためにろ過する際に白い泡が混じって鮮明な色が見られないという問題点もある.

実験③について

ベルリングリーンを得られなかったのはシュウ酸の還元力が硝酸の酸化力と比べ強かったからだと考えられる. また Fe^{2+}自身の還元力を考えることができておらず, 適当な酸化剤と還元剤を用いることができなかったのでないだろうか.

これらのことから, プルシアンブルーからベルリングリーンに変化させたのち酸化剤と還元剤の強さを調整することで, ベルリングリーンの状態を長時間保つことができる可能性が高まるのではないだろうか.

5. まとめと今後の課題

上記の実験①から③で生じた問題点を改善するために, 次の実験で Fe^{2+}の還元力を測ろうと考えた. 酸化剤に過マンガン酸カリウム, 還元剤に Fe^{2+}を用いて酸化還元滴定をする. また得られる緑色の顔料は, 分光光度計でベルリングリーンと同じ色かどうかを確かめる(現在までの結果を写

真 7，写真 8 に示す)． 次に自分たちで調整していたプルシアンブルーではなく，購入したプルシアンブルーを用いて実験を行い(写真 9)，分光光度計を通して，過マンガン酸カリウムを用いて作ったベルリングリーンとプルシアンブルーの色の違いをみた．その結果分光光度計で得られたグラフではプルシアンブルーとベルリングリーンの間に大きな違いは見られなかった．つまり実験で得られた緑色の顔料がプルシアンブルーかベルリングリーンなのかを，分光光度計で判断することは難しい．よって得られた顔料をベルリングリーンと判断するためには別の方法による数値化が必要であると考える．

この酸化還元滴定から推定される Fe^{2+}の還元力の強さから，プルシアンブルーと釣りあう強さを持つ酸化剤と還元剤の組み合わせに見当をつけられるかもしれない．これを用いて今後の実験では，プルシアンブルーをベルリングリーンに変えるうえでの最適な組み合わせを探していきたい．またベルリングリーンと判断するための数値化ができる方法も探していきたい．

6. 参考文献

Jo Kirby and David Saunders 2004 Fading and Color Change of Prussian Blue: Methods of Manufacture and the Influence of Extenders National Gallery Technical Bulletin Volume 25

7. 添付資料

写真 1
実験①によってできたプルシアンイエロー

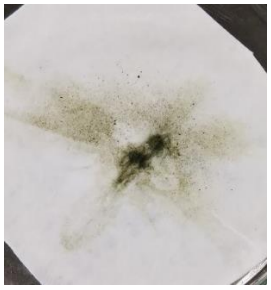


写真 2
実験①によってできた緑色の沈殿物

写真 3

写真 4
実験②でできたベルリングリーン, 写真 4 は 3 のベルリングリーンをろ過したもの

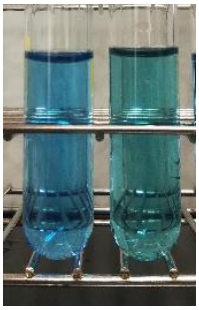
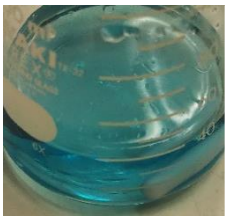


写真 5
左はプルシアンブルー，右は硝酸を入れたもの

写真 6
写真 5 の一日後



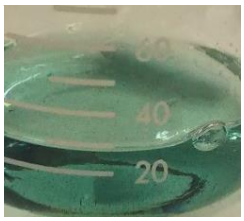


写真 7　　写真 8
写真 8 は写真 7 の後に過マンガン酸カリウムを滴下したもの

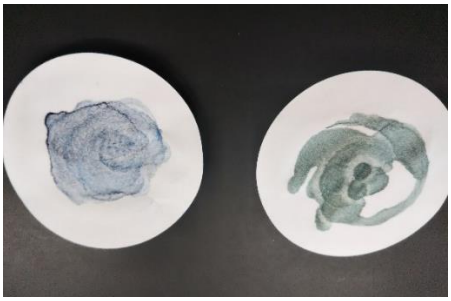


写真 9
左が過マンガン酸カリウム滴下前，右が滴下後

食品廃棄物で作製した活性炭の水質浄化作用

吾妻愛子　小西亜依　山田葵

要旨

本研究では，食品廃棄物で活性炭を作製し，それが市販されているものと同様な効果を有するかを調べた．その為に，作製した活性炭の水質浄化作用を，市販の活性炭と比較した．その結果，市販品には劣るものの同様の水質浄化作用を持つものを作製できることが分かった．しかし，試料とした廃棄物に含まれる物質や成分の量によって想定外の作用が現れたり，賦活剤の量が適切でないために保存に支障が出たりした．そのため，食品廃棄物から恒常的に同じ質の活性炭を作ることや，賦活剤の種類や量などの条件の最適な一定値を提示することは難しいと思われる．

1. はじめに

食品廃棄物の多さは社会問題となっている．トウモロコシの芯を用いて活性炭を作製することができると知り，活性炭が作製可能となる条件やその作用次第では食品廃棄物の有効な利用方法の一つとして提示することができると考えた．

食品廃棄物という多様な物質からなる混合物を活性炭として作製し利用するためには，活性炭として利用可能な条件を検討することが必要である．本実験では，安易に手に入るコーヒー殻，水分量の大きく異なる物質としてピスタチオ殻，キュウリ，ニンジンを用いた．また，ピスタチオ殻の実験結果を受けて油脂成分が活性炭の作用に影響を及ぼすと考えられたため，ゴマを試料として用いた．

2. 研究試料

食品廃棄物．今回の実験では，コーヒー殻，ピスタチオ殻，キュウリのヘタ，ニンジンのヘタと皮，ゴマを使用した．ゴマ以外は食品廃棄物として廃棄する部分を使用した．また，賦活剤として，炭酸カリウムと炭酸カルシウムを使用した．

3. 研究方法

3-1. 活性炭の性質を持つ物質の作製

①乾燥させたコーヒー殻 3 g をるつぼに入れ，そこに賦活剤として炭酸カリウム 1.5 gを加えた．

②600℃に設定した電気炉に入れ，20 分間加熱した．

③加熱後，るつぼから取り出した物質の量を計測し，1.5 g 量り取り，8 mg/Lのメチレンブルー溶液に入れ，1 週間静置した．

④静置したメチレンブルー溶液を目視で観察した．

上記と同様に，ピスタチオ殻を用いて実験を行った．この方法で作製された物質を，以下“活性炭”と呼称する．

3-2. 試料の水分量と活性炭の性質の関係

3-1 と同様に実験を行った．試料はコーヒー殻やピスタチオ殻よりも水分量の多いキュウリのヘタを用いた．また，食品廃棄物における水分量の多様性を持たせるために，ニンジンのヘタと皮を用いた．

3-3. 作製した活性炭と市販品との透明度での比較

作製したコーヒー殻，ピスタチオ，キュウリのヘタの活性炭や市販の活性炭で吸着されたメチレンブルー溶液の 663 nm における吸光度を測定した．

3-4. 吸着速度の観察

漏斗に 1 番の濾紙をひき，0.5 g のコーヒー殻活性炭を漏斗の下部に詰め，そこに 8 mg/L のメチレンブルー溶液を滴下した．同様の実験を賦活剤に炭酸カリウムと炭酸カルシウムをそれぞれ使用したニンジンのヘタの活性炭でも行った．また，対照実験として1番の濾紙のみを漏斗にひき，8 mg/L のメチレンブルー溶液を滴下した．

3-5. 油脂を含む活性炭がメチレンブルー溶液に及ぼす影響

3-1 と同様の実験を，油脂を多く含むゴマを用いて行った．賦活剤として炭酸カリウムを使用したもの，賦活剤を使用しなかったものの二種類を用意した．また，上記の実験の結果より，コーヒー殻にサラダ油と，賦活剤として炭酸カリウムを使用したもの，ピスタチオ殻に賦活剤を使用しなかったものを用いて 3-4 と同様の実験を行った．

4. 結果

3-1 コーヒー殻から作製した活性炭(図 1)はメチレンブルー溶液(図 2)の濃度を低くし(図 3)，ピスタチオ殻から作製した活性炭は溶液を褐色に変えた(図 4)．

3-2 水分量の多いキュウリのヘタから作製した活性炭は，メチレンブルー溶液の濃度を低くした(図 5)．しかし，今回作製したキュウリのヘタの活性炭も，外気に触れた状態で放置しておくと，活性炭が水分を保有した状態となった(図 6)．また，ニンジンのヘタと皮から作製した活性炭は特に甚だしく水分を保有した状態となったために，実験には使用できなかった．

3-3 663 nm における吸光度を分光光度計で計測した値の表は以下(表 1)の通りである．測定値が低いほど，より透明度が高い．

分光光度計での測定結果(表 1)

投入した活性炭の原材料	測定値
メチレンブルー溶液 (5 倍希釈)	0.444～0.456
コーヒー殻	0.030
ピスタチオ殻	0.148
キュウリのヘタ	0.053～0.054
市販の活性炭	0.002

3-4 コーヒー殻活性炭でも，ニンジンのヘタの活性炭の 2 種すべての実験において，滴下した直後から，目視では透明な液体が出てきた(図 7)．その後，滴下を続けると，活性炭も同時に落下してきた．また，滴下終了後(図 8)の濾紙を観察すると，青色に少し染まっていた(図 9)．また，濾紙のみを漏斗にひいてメチレンブルー溶液を滴下した場合にも濾紙は青く染まっていた．

3-5 賦活剤を使用しなかったゴマ活性炭はメチレンブルーの濃度を低くした．しかし，賦活剤に炭酸カリウムを用いたゴマ活性炭は，賦活剤を使用しなかったゴマ活性炭よりもメチレンブルー溶液の濃度を低くしなかった．また，コーヒー殻とサラダ油を用いた活性炭は，メチレンブルー溶液の濃度を低くしたが，透明ではなかった．ピスタチオ殻を用いた活性炭は，無色透明になったが黒い粒子が浮いていた．

分光光度計での測定結果(表 2)

投入した活性炭の原材料	賦活剤の有無	測定値	色
ゴマ	有	0.218	薄青
ゴマ	無	0.008	無色
コーヒー殻.油	有	0.104	薄青
ピスタチオ	無	0.206	無色

3-6 走査型電子顕微鏡による観察結果

それぞれの活性炭の孔の様子を走査型電子顕微鏡で観察した．以下の図 10～図 14 にその画像を示す．

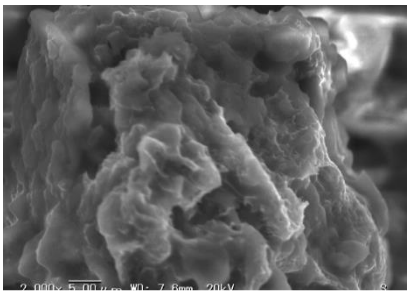


図 10 コーヒー殻活性炭(5/16 作製)

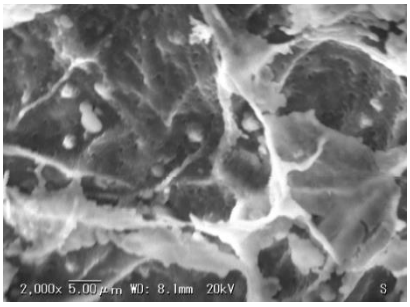


図 11 ピスタチオ殻活性炭

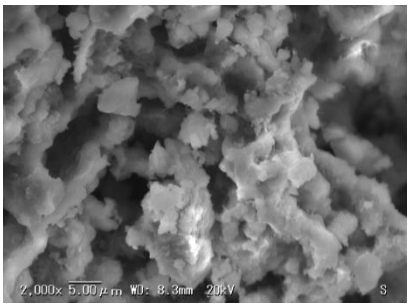


図 12 ニンジンのヘタ活性炭
(賦活剤:炭酸カリウム)

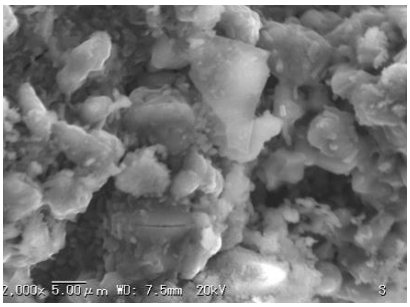


図 13 ニンジンのヘタ活性炭
(賦活剤:なし)

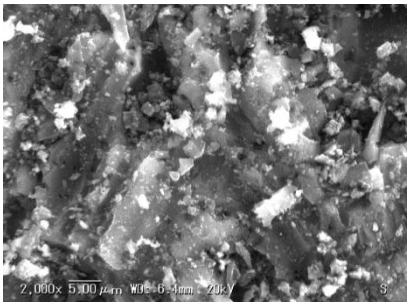


図 14 市販の活性炭

5. 考察

3-1 作製したコーヒー殻活性炭は目視では十分にメチレンブルーを吸着したため，従来の活性炭と同様の効果を持つといえる.一方ピスタチオ殻はメチレンブルー溶液を褐色に変化させたことから，浄化作用以外の作用が働いたことがわかる.コーヒー殻には含まれず，ピスタチオ殻に含まれる成分として油脂が挙げられるため油脂が活性炭の働きとは異なる作用を働かせた要因であると考えられる. 3-4 で油脂との関係を調べる.

3-2 作製したキュウリのヘタ活性炭も同様に目視では十分にメチレンブルーを吸着したため，3-1 で作製したコーヒー殻活性炭と同様の効果を持つといえる．これにより，水分含有量の多い物質を試料に用いても，活性炭と同様の働きを持つことがわかる．また，水分を保有していたピスタチオ殻活性炭に白い粉末が付着していた．これを炎色反応や pH で調べたところ炭酸カリウムであると判明した. 粉末状態を保っているコーヒー殻活性炭には白い粉末は付着していなかったため，活性炭が水分を保有した状態になる原因は賦活剤として使用した炭酸カリウムの余分が潮解性を示したためと考えられる.

3-3 分光光度計によって得られた数値から，今回作製した活性炭はメチレンブルーを吸着したということがわかる. しかし，市販のヤシ殻活性炭のほうがより数値が低かったことから，市販のヤシ殻活性炭は今回作製した活性炭よりメチレンブルーを吸着する能力は高いといえる.

3-4 活性炭が物質を吸着する速度は時間がかかると思われていたが，実際にはメチレンブルーが濾紙を通る間に，活性炭がメチレンブルーを吸着したと考えられる. また，活性炭が落下した原因は，活性炭とメチレンブルー溶液の重みによって濾紙が破れてしまったことだと考えられる. また，濾紙が青色に染まった原因は，濾紙がメチレンブルーの色素を通さなかったことだと考えられる. 3-

4 のコーヒー殻活性炭を用いた実験で濾紙がメチレンブルーを吸着したことから，透明な液体が出てきたのは濾紙のみの作用によるものであるという仮説が立てられた. しかし，濾紙のみを漏斗にひいてメチレンブルー溶液を滴下した時，活性炭を通して滴下した時よりも濃い液体が出てきたことから, 濾紙だけではなく活性炭もメチレンブルーを吸着したとわかる.

3-5 賦活剤の有無によって吸着能力に差が出たことから，賦活剤である炭酸カリウムにその原因があると考えられる. また，低い吸着能力を示した活性炭は, 3-1 の結果からも鑑みて炭酸カリウムを賦活剤として用いた油脂を原料に含む活性炭である. ここから考えられることとして，油脂と炭酸カリウムにより鹸化反応が起こったと考えられる. 鹸化により，活性炭のメチレンブルー溶液の吸着能力を低下させたと考えられる. 黒い粒子は濾紙を通り抜けた活性炭であり，それによって分光光度計での計測値は高くなったと考えられる.

3-6 コーヒー以外の活性炭の画像では，チャージアップしていることが分かる. チャージアップとは顕微鏡の観察時に伝導性を持たない部分が白く光る現象であるため，白い部分は活性炭の表面に残留した炭酸カリウムであると考えられる.

6. まとめと今後の課題

研究から，市販品に比べ性能は劣るが，食品廃棄物から活性炭を作ることができるといえる. しかし, 物質により必要とする賦活剤の量が違うために，多種の物質の混合物である食品廃棄物に適する賦活剤の量を一概に同定することはできない. また，食品廃棄物自体に含まれる油脂によって鹸化が起こる可能性もあり，すべての食品廃棄物で水質浄化作用をもつ活性炭を作れるとは限らず，食品廃棄物で常に一定の質の活性炭を作る場合には塩基の賦活剤は適さないと考えられる.

また, 食品廃棄物で作製した活性炭で河川の水の浄化を行い，COD，BOD の値を下げることができれば，食品廃棄物の新たな利用法として提示できると考える.

7. 謝辞

本研究を進めるにあたり, 京都府立大学生命環境科学研究科の細矢憲教授，及び TA の皆様にご協力を賜りました. 感謝申し上げます.

8. 参考文献

安部郁夫，2006，活性炭の製造方法，Volume 2006 Issue 225 p373

東京理科大学 I 部化学研究部，2017，おからの薬品賦活法による活性炭の作製，2017 年度春輪講書

長崎大学工学部 ，2018.3.30，トウモロコシの芯から炭を作り，水の浄化に役立つ吸着作用を調べよう, https://www.mirai-kougaku.jp/laboratory/pages/180323.php，2019.1017

8. 添付資料

図１　コーヒー粕活性炭

図２
メチレンブルー溶液 8mg/L

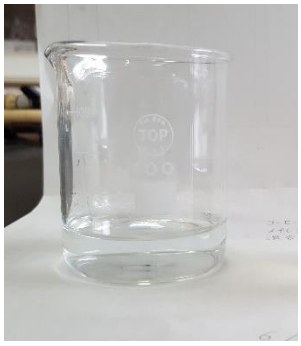


図３　コーヒー粕活性炭　吸着・濾過後

図４　ピスタチオ殻活性炭吸着・濾過後

図５　キュウリのヘタ活性炭　吸着・濾過後

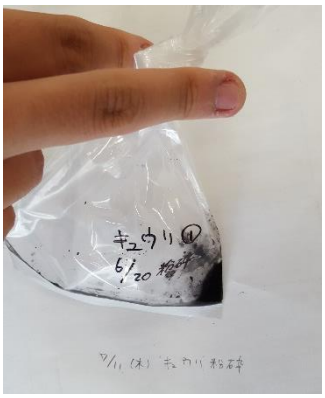


図６　キュウリのヘタ活性炭が水分を保有した状態

図７　吸着速度の測定中

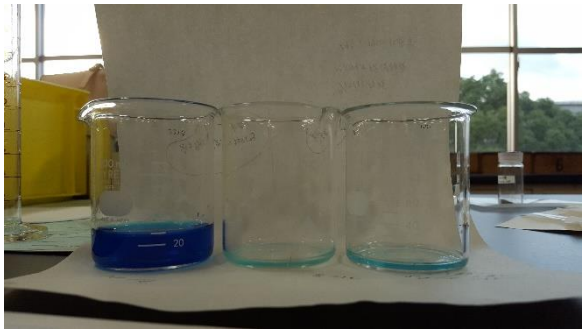


図８左　メチレンブルー溶液 8 mg/L
中央　ニンジンのヘタ活性炭
(賦活剤：炭酸カルシウム)吸着速度の測定後
右　メチレンブルー溶液を濾過後

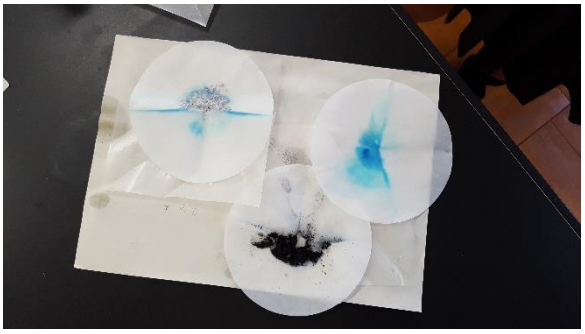


図９　濾紙の様子
左　ニンジンのヘタ活性炭
(賦活剤：炭酸カルシウム)
中央　コーヒー粕活性炭
右　メチレンブルー溶液

乾燥率から見る水と紙の凹凸の関係

～ 雨で濡れた教科書を生き返らせよう ～

井邊凜　河部美央　竹村向日葵

要旨

私たちは雨で教科書が濡れてしまってしわになって使いにくくなってしまったという経験から紙が水に濡れても乾いたとき，なるべく皺が少なく使用できる方法を探るために紙の上におもりをのせて乾かすという実験を行った．同時に異なる圧力を加えたときの紙の乾燥率などにも注目した．結果，どの圧力下でも乾燥率は大きく変わらず，150 g のおもりをのせて乾かした紙が最も書きづらく 70 g をのせた紙が最も皺が少ないという結果を得た．

1. はじめに

予備実験として中質紙，上質紙，コート紙の三種類の紙を 5 秒間水に浸した後，一週間人工気象装置の中に静置した．その後 1，2，3，7 日目に重さと厚さを測ると，日が経つにつれて乾燥率が高くなることが分かった．7 日目にシャープペンシルとボールペンでその紙に書くと中質紙は，皺はできていなかったが書きづらく，上質紙とコート紙は，皺はできているが通常通り書けた．書きづらかった理由としては紙の含水量が多いためだと考えられる．以上のことを踏まえて，私たちは濡れた紙が乾燥した際に皺ができない方法を探すため，紙にかけるおもりの重さを変えて乾燥率の変化や皺の数，書きやすさを調べる実験を行った．

おもりが軽いと乾燥率は高いが，紙にかかる圧力が低く，皺ができる．一方，おもりが重いと紙にかかる圧力が高く，皺はできないが乾燥率は低い．よって，通常通り書けるくらい乾燥率が高く，皺ができない重さがある，という仮説を立てた．

2. 材料・研究方法

2-1.　研究試料

上質紙を 5 cm 角に切ったもの 30 枚を 6 セット，純水，12 枚のアクリル板，マイクロメーター，おもり 20 g，50 g，100 g，電子天秤を用意した．

2-2.　研究方法

(1) 5 cm 角に切った上質紙 30 枚を二枚のアクリル板に挟んだものを 3 セット用意する(図 1).

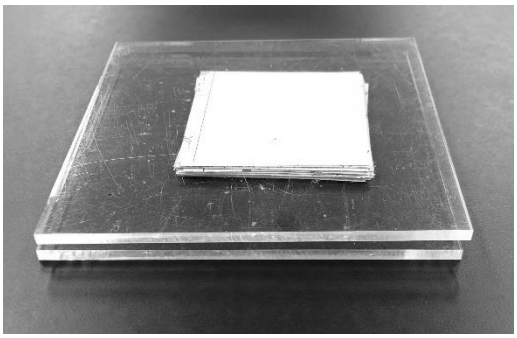


図 1. 操作(1)

(2)それぞれを電子天秤に乗せ，質量を測定し，それぞれに 50 g，70 g，100 g のおもりを載せてマイクロメーターでアクリル板の上面と下面の厚さを量った(図 2，3).

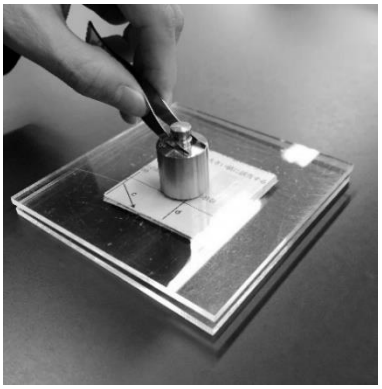


図 2. 操作(2)

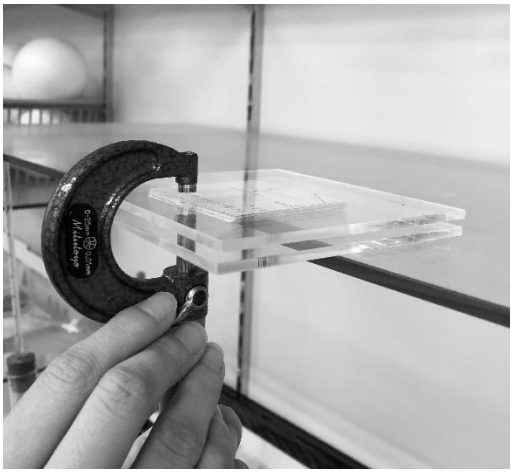


図 3. 操作(2)

(3)挟んでいた紙を取り出し純水に 3 間浸しよく水を切って(図 4)再び二枚のアクリル板に挟み，同様に重さと厚さを量って記録した.

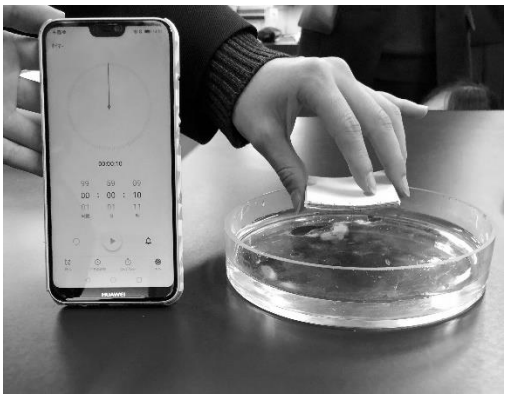


図 4. 操作(3)

(4)比較的直射日光の当たらない湿度が安定した場所にそれぞれに 50 g，70 g，100 g のおもりを載せて 8 日間置いておいた.

その 8 日間のうちの 1，2，3，4，7，8 日目にそれぞれを電子天秤に乗せ，質量を測定し， それぞれにもう一度 50 g，70 g，100 g，のおもりを載せてマイクロメーターでアクリル板の上面と下面の厚さを測った. これらの記録から，下記の式のようにして乾燥率を求めた.

$$\text{紙の乾燥率} = \frac{\text{濡らした後の紙の質量}-\text{その日の紙の質量}}{\text{濡らした後の紙の質量}-\text{濡らす前の紙の質量}} \times 100$$

(5)追加実験として，上記と同様におもりの重さだけを，0 g，20 g，150 g に変えて 1，2，3，4，8 日目に重さと厚さを量った.

3. 結果

結果で得られたデータから，0 g，20 g，50 g，70 g，100 g，150 g の重りをのせる場合の日数と乾燥率の関係を表すグラフを一つにまとめた. そのグラフからどんな重さを加えた時も，乾燥率は同じ割合で増えることが分かった(図 5). また同様に日数と吸水後とその日の厚さの差の変化を表すグラフから 2，3 日目に厚さは増え，さらに日が経つにつれて厚さは減っていった(図 6). 実験後二週間ほど重りをのせず，アクリル板にも挟まず放置していたそれぞれの紙を肉眼で観察したところ 70 g，150 g の重りをのせた紙が，他のおもりをのせた紙よりもうねりが少なく厚さが薄いと思われた(写真 1～6 参照). またその紙にシャープペンシルとボールペンで実際に書いてみたところ 150 g の重りをのせた紙だけが書きにくくそれ以外は通常通り書けた. 以上から，70 g のおもりをのせた時が最も皺が少なく，書きやすかった.

追記として，実験中の温度と湿度はそれぞれおよそ 15℃，89 %であった. また，実験で紙の上に乗せたアクリル板の質量は平均で 35.84 g であった.

4. 考察

私たちは実験を始める前，載せるおもりが重ければ重いほど厚さが薄くなり，水が出ていく表面積が減るので，乾燥率も低くなるという仮説を立てていたが，実際はおもりの質量に関係なく乾燥率の変化は一定であった.

厚さが 2，3 日目にかけて増えるのは，濡らした紙の中の水や，切りきれていなかった水の表面張力が，紙が乾いたことによって弱くなっていったか

らか，または皺ができたからではないかと考えられる．また，その後厚さが減ったのは水が蒸発し，紙の含水量が減ったためだと考えられる．またおもりの質量と厚さには関係が見られなかった．

乾燥率とおもりの質量，紙の厚さとおもりの質量に相関関係が見られなかったのは，おもりの質量が少なかったためだと考えられる．そのため，70 g のおもりのときがなぜ最も皺が少なく書きやすかったのか分からなかった．

5. まとめと今後の課題

実験と考察から 70 g のおもりを加えたとき最も皺が少なく書きやすかった．今回の実験で使用したおもりよりさらに重く均等に重さがかかる物体(図鑑など)をのせて乾燥させたら皺の数や乾燥率はどう変化するのかを調べる．また皺を一切作らずに乾燥させる方法を探し出すこと． ドライヤーや冷凍庫を使用して紙を乾かし皺のでき方を調べる．

6. 参考文献

静岡県立科学技術高等学校 自然科学部 2 年 佐藤良亮 法月秀斗 曽根拓巳 青藤郁哉，2020.1.16，水が紙に及ぼす影響，https://gakusyu.shizuoka-c.ed.jp/science/ronnbunshu/h27/153161.pdf

8. 添付資料

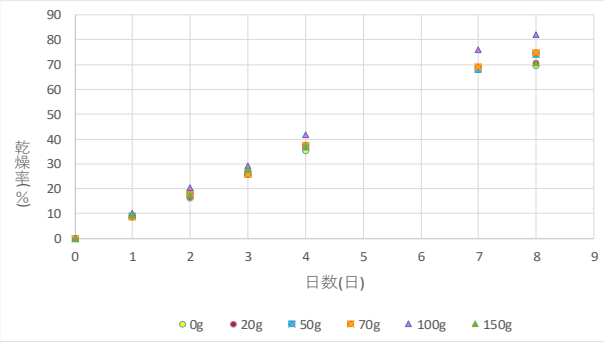


図 5.　日数と乾燥率の関係

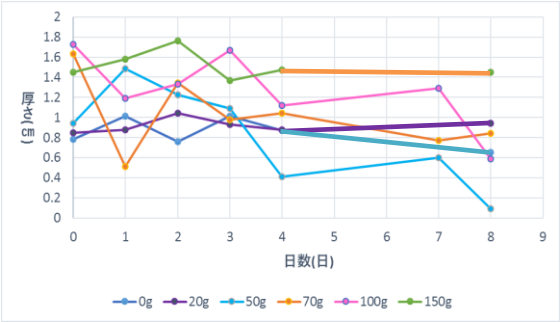


図 6.　日数と紙の厚さの関係

写真 1. 0 g のおもりを載せて乾かしたもの

写真 2. 20 g のおもりを載せて乾かしていたもの

写真 3. 50 g のおもりを載せて乾かしたもの

写真 4. 70 g のおもりを載せて乾かしたもの

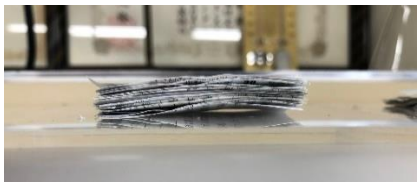


写真 5. 100 g のおもりを載せて乾かしたもの

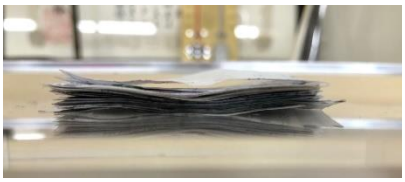


写真 6. 150 g のおもりを載せて乾かしたもの

野菜から抽出したサポニンの定量

石本絢音、後愛唯、江川真由香、水谷季花子

要旨

本研究では，野菜から抽出したサポニンの定量を目的として実験を行った．野菜からサポニンを抽出して水と油と混合し，水を蒸発させることでサポニンと親和した油を定量し，野菜から抽出したサポニンにおける結果とサポニン試薬における結果を比較することにより，野菜から抽出したサポニンを定量しようと試みた．結果，サポニンの界面活性剤の働きは確認できたが，定量方法については検討の余地が残った．

1. はじめに

サポニン（図 1）とは，親水性と親油性を持ち，水に混ぜると溶解し，振り混ぜると石鹸のように泡が立つなどの界面活性剤の働きを示す物質である．サポニンの洗浄能力についての研究（岩井，2018）において，サポニンを多く含む，ニンジンとダイズを組み合わせた抽出液の界面活性剤の働きが強いと示されている．

予備実験として，サポニンを含む様々な野菜を一日水に浸して取り出した抽出液で，オレイン酸とエタノールから作製した皮脂汚れを用いて汚染した布を洗浄した．抽出液のほうが汚れを落とすと予想していたが，水洗いとの差があまり見られなかった．これは，抽出液に含まれるサポニンの質量がごくわずかであったためだと考えた．

このことと予備実験の結果を受けて，本研究では簡易的な方法でサポニンの定量を行うことを目的とした．サポニン試薬と界面活性作用を比較することで，定量が可能であり，より多くの野菜から抽出したほうが含まれるサポニンの質量も多くなり，それに伴い，界面活性剤の働きも高くなると仮説を立てた．

サポニンの質量とサポニンが親和する油の質量が比例関係にあると考えたため，本実験ではサポニンが親和する油の質量を調べることでサポニンを定量することを試みた．

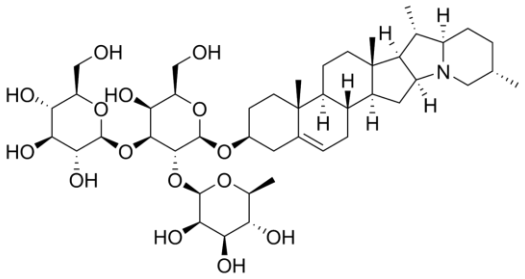


図 1. サポニンの構造式（※1）

2. 研究試料

サポニンを多く含む野菜であり（※2），サポニンの界面活性剤の働きが強い（岩井，2018）組み合わせである，ニンジンと乾燥ダイズ，そして，対照実験のため，サポニン試薬（ナカライテスク）を使用した．野菜からのサポニンの溶媒抽出時には，サポニン類は極性溶媒に溶けやすいため（※3），エタノールを使用した．

3. 実験 1

3-1. 研究方法

「①ニンジン 100 g＋ダイズ 100 g」，「②ニンジン 50 g＋ダイズ 50 g」，「③サポニン試薬 1.000 g」について扱った．

まず①，②について，1 cm 角に切ったニンジンと砕いたダイズをエタノール 200 mL に一日つけ

た後，野菜を取り除き，ウォーターバスを用いて得られた抽出液を 80 ℃で湯煎し，エタノールを蒸発させ質量を量った．（ここで残ったものを「抽出物」とする．）

次に①，②の抽出物と③について，油 25 mLと水 50 mLを分液ろうとに入れて振り，しばらく静置し二層に分離した後，油を取り出し，水を蒸発させ，質量を量り，比較した．（ここで残ったものを「抽出物＋油」とする．）

3-2. 結果

表 1. 研究方法 1 の結果

	① 100 g	② 50 g	③ 試薬
抽出物+油	5.126 g	2.131 g	1.320 g
抽出物	6.755 g	2.805 g	1.000 g
サポニンと親和した油	−1.624 g	−0.624 g	0.320 g

表 1 より，100 g と 50 g において，「サポニンと親和した油」の数値が負の値になった．

写真①，②，③，④と目視より，水と油が混合されていることが確認された．

3-3. 考察

油が蒸発して「抽出物＋油」の数値が減ったため，また，サポニンにエタノールが乳化されていて「抽出物」の数値が増したため，100 g と 50 g で「サポニンと親和した油」の数値が負の値になったと考えられる．

サポニン試薬はもちろん，野菜から抽出したサポニンも界面活性剤の働きがあることは分かったが，予想と反してサポニンと親和した油の質量が負の値になってしまったため，サポニンの定量ができなかった．

4. 実験 2

4-1. 実験方法

実験 1 同様，「①ニンジン 100 g＋ダイズ 100g」，「②ニンジン 50 g＋ダイズ 50 g」，「③サポニン試薬 1.0 g」について扱った．

まず①，②について，ニンジンとダイズをミキサーで砕き，エタノール 200 mL に一日つけた後，野菜を取り除き，エタノールをエバポレーターで 50~60℃の温度で湯煎し蒸発させ（写真⑤），減圧化で乾燥させ（写真⑥），残った抽出物の質量を量った．（ここで残ったものを「抽出物」とする．）

次に①，②，③について，油 4.0 mL と水 50 mL を分液ろうとに入れて振り，しばらく静置し二層に分離した（写真⑦，⑧）後，油を取り出し（❶），水を蒸発させ，質量を量り，比較した．（ここで残ったものを「抽出物＋油」とする．）

また，「含まれるサポニン」の数値は「サポニンと親和した油」の数値を，サポニン試薬に含まれるサポニン量 1.000 g を基準として比例計算したものである．

4-2. 結果

表 2. 研究方法 2 の結果

	① 100 g	② 50 g	③ 試薬
抽出物＋油	5.772 g	2.365 g	1.393 g
抽出物	7.575 g	2.261 g	1.000 g
サポニンと親和した油	−1.803 g	0.104 g	0.393 g
含まれるサポニン		0.265 g（計算値）	1.000 g

表 2 より，100 g において，「サポニンと親和した油」の数値が負の値になった．

表 2 より，50 g<サポニン試薬の順に油の質量が多いことがわかる．

4-3. 考察

❶で取り出した油の中にサポニンが含まれており,「抽出物＋油」の数値が減ったと考えられる.

50 g<サポニン試薬の順に含まれるサポニンの質量が多いとわかる.

ここで, 最初に分液ろうとに入れた油の質量から❶で取り出した油の質量を引くことでもサポニンと親和した油の質量が求めることができるのではないかと考えた.

表 3. ❶で取り出した油の質量から求めた結果

	① 100 g	② 50 g	③ 試薬
油 4 mL の質量	3.507 g	3.507 g	3.507 g
❶で取り出した油	2.508 g	2.851 g	2.494 g
サポニンと親和した油	0.999 g	0.656 g	1.013 g
含まれるサポニン	0.986 g (計算値)	0.648 g (計算値)	1.000 g

表 3 より, 50 g<100 g<サポニン試薬の順にサポニンと親和した油の質量, 含まれるサポニンの質量が多いことがわかる.

5. まとめと今後の課題

実験より, 50 g<100 g<サポニン試薬の順に含まれるサポニンの質量が多いことがわかる.

だが, 正確なサポニンの定量はできなかった. サポニンを含む野菜を多く使うほど親和する油の量が増える. 抽出方法について, 油を除去する際, 手動のため完全に油を取り出しきれなかった. 私たちが行った方法ではサポニンの質量を定量することは難しいと考える.

サポニンの定量について, 善後策としては, サポニンは糖と結合している配糖体なので, エタノールとの抽出液と希硫酸を混ぜて煮ると糖が切れて水層に逃げる. その後再び抽出することで, より純粋なサポニンを得ることができると考える.

野菜に含まれるサポニンを定量し, そのサポニンの皮脂汚れに対する洗浄力を評価することができれば, 洗剤の作製につながると考える.

6. 謝辞

本研究を進めるにあたり, 試料のエバポレーターによる蒸発と, 減圧下での乾燥をする際に, 京都工芸繊維大学の足立馨先生をはじめとする多くの方々に大変お世話になりました. 心より感謝いたします.

7. 参考文献

日下部信幸, 鷲津かの子, 2016, 天然サポニンの起泡性と人口汚染布の洗浄効果

石けん百貨株式会社, 2014, 石鹸百科 https://www.live-science.com/honkan/soap/soaphistory/soaphistory04.html, 2019.4.25.

(※1) 2018, サポニン 「ウィキペディア (Wikipedia) : フリー百科事典」 https://ja.wikipedia.org, 2020.1.23

(※2) Corollia[カローリア], 2017, サポニンを多く含む食品とおすすめサプリ https://corollia.com/saponin-supplement-food/, 2020.1.23.

(※3) 一般社団法人 日本植物生理学会, 2006, 植物 Q&A https://jspp.org/hiroba/q_and_a/detail.html?id=451, 2020.1.23.

8. 添付資料

写真①
抽出液（混ぜる前）

写真②
抽出液（混ぜた後）

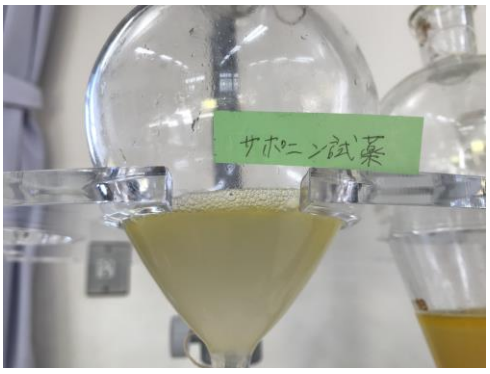
写真⑥　減圧下での乾燥

写真③
サポニン試薬
（混ぜる前）

写真④
サポニン試薬
（混ぜた後）

写真⑦　分液ろうとで分離した結果
（抽出液）

写真⑤　エバポレーターによる蒸発



写真⑧　分液ろうとで分離した結果