夢・化学-21

化学への招待 in 愛媛

2018愛媛大学オープンキャンパス体験実験

主催：日本化学会中国四国支部・愛媛大学理学部・工学部

日時・会場・スケジュール

理学部会場（第1日目） 平成30年8月7日（火）9:50～16:00

愛媛大学理学部化学科・沿岸環境科学研究センター・学術支援センター

9:50～12:30	愛媛大学理学部オープンキャンパス、夢・化学-21参加受付（理学部講義棟1階入口）
10:10～11:30	在学生企画「教えて、センパイ！」
12:30～13:00	理学部紹介、化学分野紹介（理学部講義棟3F S31講義室）
13:15～14:15	特別講義
13:15～14:15	実験①、実験②＆見学（各実験、見学指定の施設）
14:35～15:35	実験①、実験②（各実験指定の実験室）
～16:00	アンケート回収、解散

（10:10～16:00　随時　理学部講義棟1階：理学部ツアー，学部紹介展示ほか）

工学部会場（第2日目） 平成30年8月8日（水）12:00～16:00

愛媛大学工学部応用化学科

12:00～12:20	愛媛大学工学部オープンキャンパス、夢・化学-21参加受付（共通教育講義棟C　EL43講義室前）
12:20～13:30	愛媛大学工学部オープンキャンパスプログラムに参加
13:30～15:30	体験実験または研究室見学
～16:00	アンケート回収、解散

注1） 実験＆見学の対象は高校生以上です。中学生（相当の年齢）以下の方および保護者・高校教員は，特別講義・見学のみの参加となります。中学生以下の方は保護者が同伴してください。

注2） 自分の参加プログラム・時間帯は，別紙のスケジュール表で確認してください。

注3） 実験＆見学では，化学薬品や測定機器を使用します。安全のため，体調が悪いときは無理をせず参加を見合わせ，気分が悪くなった場合はすぐに申し出てください。

8月7日(火) 理学部会場 特別講義、実験、見学の解説

(集合場所 理学部講義棟S31講義室)

1. 特別講義:愛媛大学で化学を学ぶと見えてくるもの
～活性酸素の発生と消滅の研究 －不老長寿を目指して－～

構造化学研究室(担当 長岡 伸一)
理学部講義棟 3階 S31講義室

2. 実験①:金属原子をひとつも使わずに金属を作ってみよう －現代の錬金術体験－

固体物理化学研究室(担当 山本 貴)
理学部本館 3階 324実験室

3. 実験②:眼で見る果物酵素のパワー －生命の巧みさを体験しよう－

分析化学研究室(担当 島﨑先生)
理学部本館 3階 321実験室

4. 見学:生物環境試料バンクの見学

環境化学研究室(担当 野見山 桂)
生物環境試料バンク(es-BANK)

平成30年度　愛媛大学オープンキャンパス理学部会場「講義」について

（2018年8月7日（火）理学部講義棟3階　S31講義室）

愛媛大学で化学を学ぶと見えてくるもの

～活性酸素の発生と消滅の研究－不老長寿を目指して－～

愛媛大学　理工学研究科　教授　長岡伸一

愛媛大学理学部化学科の特徴は、非常に多彩な研究テーマです。基礎的なテーマから実学的なテーマまで、生物、物理、数学、化学、地学に関係する種々の研究テーマがあり、きっと好きなテーマが見つかります。そうした化学科の雰囲気が少しでも伝わるよう、なるべく具体的な例を通して、私自身の研究室である、「構造化学研究室」で扱っている化学反応の研究の面白みを解説します。具体的には、国内外を問わず半数近い消費者が老化防止に貢献している抗酸化力の情報を食品表示に取り入れてほしいと期待しており、我々が行っている種々の食品や含まれる物質の抗酸化活性を評価する実用的で汎用的な方法の開発について解説します。

南海放送ラジオ「研究室からこんにちは！」収録風景

実験①
金属原子をひとつも使わずに金属を作ってみよう －現代の錬金術体験－

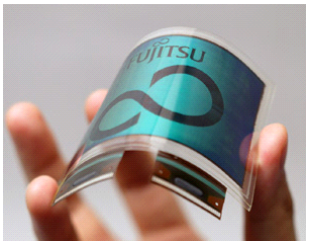
固体物理化学研究室（担当　山本　貴）
理学部本館　3階　324実験室

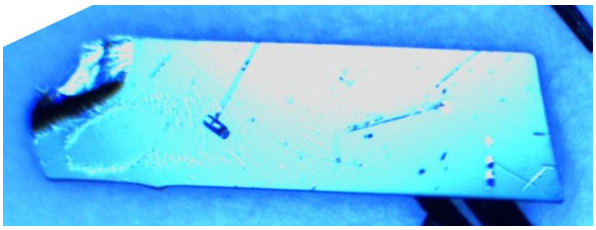
• はじめに

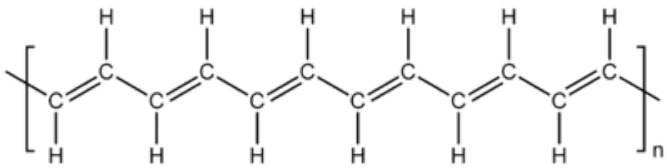
皆さんは“金属の性質”というと、何を思い浮かべるでしょうか？電気を流す、光を反射する、良く熱を伝える、展性や延性・・・など、金属には独特の共通点があります。これらの特徴は、金属以外の物質（非金属）ではなかなか真似のできない性質です。ですから、こうした機能を必要とする身の周りの多くの製品に対して、金属材料が利用されています。でも本当に、金属の性質を出すには、金属原子（金属元素）を用いないと無理なのでしょうか？

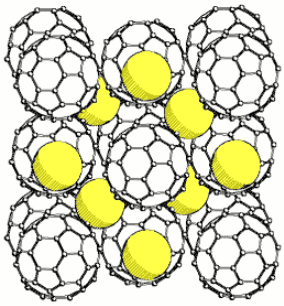
• 炭素や水素でできている金属材料

炭素（C）や水素（H）などから成る化合物を有機化合物、または省略して有機物と呼ばれています。プラスティックやビニール、紙や医薬品など、身の周りの多くのものが有機物で、我々生命体も有機物です。長い歴史にわたって、こうしたものは電気を全く通さない「絶縁体」と呼ばれる性質を示すと信じられてきました。ところが1970年代ごろからいろいろな有機物が、化学的な処理を施すことによって、金属や超伝導としての性質を発揮することが分かってきました。しかも通常の銅やアルミニウムといった単体金属にはない優れた性質を持っています。たとえば、軽くて柔軟性がある、特定の方向にしか電気を流さない、消費電力が小さい（省エネ）、溶液や蒸気にすることで様々な物体に塗布できる、などです。こうした性質をうまく利用した製品、例えば、コンデンサー、発光素子、太陽電池、ディスプレー、センサーなどの開発が世界中で進行しています。その付加価値は金よりも高く、まさに現代の錬金術といえます。この「導電性の有機物質」という研究分野は約40年間の歴史があり、歴史の転換点となった代表的な物質がいくつか存在します。ノーベル賞で有名なポリアセチレンや、サッカーボール型C_{60}化合物も代表的物質です。





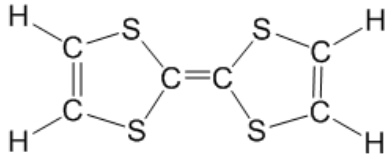




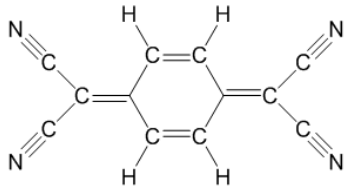
- **世界初の“合成金属”**

皆さんには、初めて金属であることが確認された物質を実際に作ってもらい、どのくらいよく電気を流すか確かめて頂きましょう。炭素（C）、水素（H）、窒素（N）、硫黄（S）だけを使って、核融合ではなく、化学反応によって簡単に作れます。原料であるTTFとTCNQは絶縁体です。これらの溶液を混ぜ合わせると、化学反応が進行し一瞬で色が変わり沈殿（小さな結晶の集合体）を生じます。この沈殿は非常に良く電気を通します。

TTF：



TCNQ：



- **実　験　操　作**

＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊　（注　意）　＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊

- アセトニトリル、TTF、TCNQはいずれも有害な物質（劇物など）です。蒸気や粉末を吸わないように注意することはもちろん、皮膚につけたり、目や粘膜（鼻、のど）に触れたりしないよう、使い捨て手袋と保護メガネを着用してください。万一、これらの薬品が手や顔などについたときは、あわてずに大量の水で洗い流してください。
- 失敗などで不要になっても、流しに捨てないこと。

＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊＊

（１）まず比較のために、TTFおよびTCNQ自身の電気抵抗を、テスターを使って測っておく。
（２）TTF（0.05 g）をビーカーに入れ、アセトニトリル（CH_3CN, 5 ml）を加えて、時計皿で蓋をする。これをホットプレート上で穏やかに加熱してTTFを溶解させる。
（３）同様に、TCNQ（0.05 g）をビーカーに入れ、アセトニトリル（CH_3CN, 5 ml）を加えて、時計皿で蓋をする。ホットプレート上で穏やかに加熱してTCNQを溶解させる。
（４）（２）の溶液を、ひだ付ろ紙を通して（３）の溶液に加える。
（５）（５）の溶液を室温まで放冷して、析出した固体をろ過する。
（６）（２）で得られた固体を空気中で自然に乾かし、テスターを使って電気抵抗を測定する。

- **実験のおおまかな解説**

溶液中で TTF 分子と TCNQ 分子が近接することで、酸化還元反応（電子の受け渡し）が起り、それぞれ、陽イオン(的)な TTF と、陰イオン(的)な TCNQ になる。これらの分子が集合して小さな結晶（沈殿）を形成する。この結晶は、岩塩のような構造（陽イオンと陰イオンが縦・横・奥行き方向に互い違いに並ぶ）にはならない。縦方向には、TTF 分子だけの列と、TCNQ だけの列が形成される。一方、横・奥行き方向には、それぞれの列が互い違いに並ぶ。ところで、電子の受け渡しをした後の分子の電荷は、±１価や±２価といった整数ではない。あくまでも形式上だが、TTF 分子（TCNQ 分子）の列には、電子が不足している分子と中性的な分子（中性的な分子と電子の余っている分子）が混在する。電子は、この過不足を補償するように、主に縦方向に並んだ分子の間を飛び移る。従って、縦方向は金属結晶かつ分子結晶とみなせる。一方、横・奥行方向ではイオン結晶とみなせる。事実、大きな結晶の各方向にテスターを当ててみると、縦方向によく電気を流す。また、大きな結晶では金属光沢も示す。一方、分子結晶やイオン結晶の性質も帯びており、展性や延性は示さない。

実験②
眼で見る果物酵素のパワー －生命の巧みさを体験しよう－

分析化学研究室（担当　島﨑　洋次）
理学部本館　3階　321実験室

はじめに

私たちの身近にある果物にはタンパク質、デンプン、脂肪などを分解する酵素を多く含むものがあります。この酵素は、私たちの体の中で栄養物の消化や吸収を助けてくれる働きがあります。生き物の体の中にはたくさんの化学反応が行われており、この化学反応は体の中にある酵素が触媒することで穏やかな条件で進行しています。

この体験実験では、身近な果物であるバナナやキューイフルーツなどから酵素を抽出して、中に入っている酵素の働きによりどのような化学反応が行われているかを実際に眼で見てみましょう。

実験操作

（果物からの酵素の抽出）

1. 机の上にあるバナナやキューイフルーツなどの果肉をスプーンで取り出し、薬包紙の上にのせ、上皿天秤で重さを量りながら、約 0.3 g の大きさにします。
2. その果肉片を机の上にある 1.5 mL のマイクロチューブの中に入れます。さらに、机の上にある緩衝溶液を 0.5 mL 用のマイクロピペッターで測りとり、果肉片を入れたチューブに加えます。
3. その後、ホモジェナイザーを使って、緩衝溶液の中で果肉片を十分にすりつぶします。
4. チューブの蓋をしめ卓上遠心機の中にセットし、２分間遠心分離します。

（注意：必ず先生やアシスタントの先生の指示に従って、卓上遠心機を使用して下さい）

5. 遠心分離後、チューブを揺らさず遠心分離機から取り出し、上澄みをマイクロピペッターで回収し、別のマイクロチューブに移します（この中に酵素が溶け出しています）。
6. 回収した酵素抽出液の入ったマイクロチューブはチューブ立てに入れてください。

（酵素反応を眼で見てみよう）

マジックで記号（A～C）がついているマイクロチューブ3本に以下の溶液を0.1 mL用のマイクロピペッターを使って入れていきます。

A：基質溶液0.1 mL、色素 0.1 mL　、水0.1 mL （対照）

B：水0.1 mL、色素0.1 mL、 酵素抽出液0.1 mL （対照）

C：基質溶液0.1 mL、色素0.1 mL、酵素抽出液0.1 mL

酵素抽出液は協力してできるだけ同時に入れてみましょう。

酵素抽出液を入れてから時間を測りながら、溶液の色の変化を観察しましょう。どのような色に変わりましたか？

解説：今回化学反応を見てもらった酵素はエステラーゼです。この酵素は、脂質などのエステル結合をもつ分子を基質とし、このエステル結合の加水分解を触媒します。下の図のようにエステラーゼに基質である酢酸ナフチルを加えると、酢酸ナフチル内のエステル結合が切れて、ナフトールを生成し、生成したナフトールと発色団であるファーストレッドが反応してジアゾニウム塩を形成し、赤色に染色されます（図1）。つまり、エステラーゼにより物質が分解されると赤色を呈します（図2）。

図1

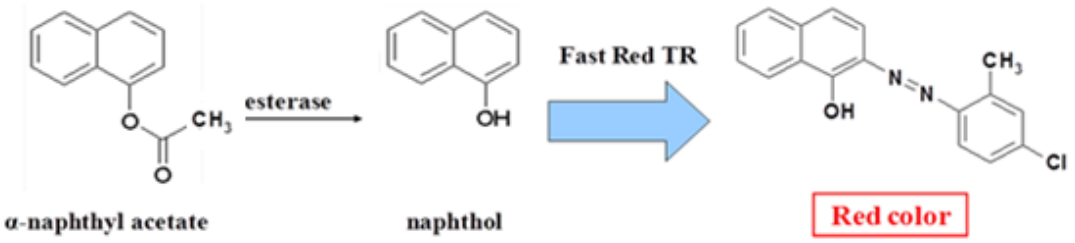
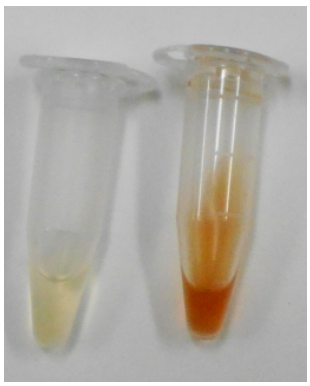


図2



左図は基質である酢酸ナフチルに水を加えたもの（左）とエステラーゼを含む酵素溶液を加えたもの（右）の色変化を調べたものです。右側の方のみ図1の化学反応が進行し、赤く変化していることがわかります。

見学
生物環境試料バンクの見学

環境化学研究室（担当 野見山 桂）
生物環境試料バンク（es-BANK）

愛媛大学沿岸環境科学研究センター(CMES)・環境化学研究室では、生物蓄積性の環境汚染物質について、分析法の開発、環境・生態系汚染の実態解明、広域分布の特徴と環境動態解析、汚染の過去復元と将来予測、生物濃縮機構と体内動態解析、リスク評価などの研究をグローバルな視点で展開しています。

生物環境試料バンク（es-BANK）の冷凍保存試料を有効に活用して、環境化学の先端研究も推進しています。またCMESでは、これまで世界中から収集した様々な環境試料を保管するための生物環境試料保存バンク(es-BANK)を設立し、冷凍保存している試料の提供と新規の受入を積極的に進め、またデーターベースを広く公開して、共同研究を通して化学汚染に関わる環境科学の諸研究を深化・発展させることを目標にしています。

本研究室体験では、これらの研究を進める上で重要な先端分析機器の数々と実験室を見学します。また、身近な河川の水がどの位汚れているかを一緒に分析して、研究の現場を体験してみましょう。
また、es-BANKを見学し、実際に冷凍保管されている様々な環境試料（イルカ、クジラ、鳥類）を見ることで保存試料の重要性を理解してもらうことを目的としています。

環境化学研究室 HP:
http://kanka.cmes.ehime-u.ac.jp/
es-BANK HP:
http://esbank-ehime.com/dnn/j/Home/tabid/82/Default.aspx

8月8日(水)工学部会場 実験の解説

（集合場所 共通教育講義棟C EL43講義室前）

１．藍染めにチャレンジ　　**反応有機化学研究室（担当 林　実）**
工学部１号館　６階　６０２号室

この実験では、ブルージーンズの染料である「インジゴ」と言う化合物を使って「藍染め」をします。白い布のあちこちを糸でくくって絞り染めにチャレンジ！！結び方が模様の決め手。どんな模様ができるでしょうか?

２．身の回りのミクロな世界をのぞいてみよう　　**応用物理化学研究室（担当 松口正信）**
工学部１号館　４階　４０２号室

顕微鏡は、私達の身の回りにあるものを何でも拡大し、私達の目で見る世界とはまるで違った新しい世界を見せてくれます。この実験では、電子顕微鏡という高倍率、高分解能の装置を使って、ミクロな世界を覗いてみます。

３．水を吸収する不思議な高分子　　**高分子化学研究室（担当 伊藤大道）**
工学部１号館　７階　７０３号室

紙おむつなどの原料として用いられている吸水性高分子を、化学反応を行って自分で合成してみます。そして、吸水性高分子が実際に水を吸う様子を観察します。吸水性高分子が大量の水を吸収できる原理について学びましょう。

４．タンパク質を分けてみよう　　**化学工学研究室（担当 冨川千恵）**
工学部３号館　５階　５０９号室

動物や植物その他の生き物のからだの中では，数千から数万種類のタンパク質が，それぞれ，役割を持ってはたらいています。鶏の卵白に，どんなタンパク質が含まれているのか，調べてみましょう。

５．光によって色が変化する化合物　　**分析化学研究室（担当 石橋千英）**
工学部３号館　２階　２０３号室

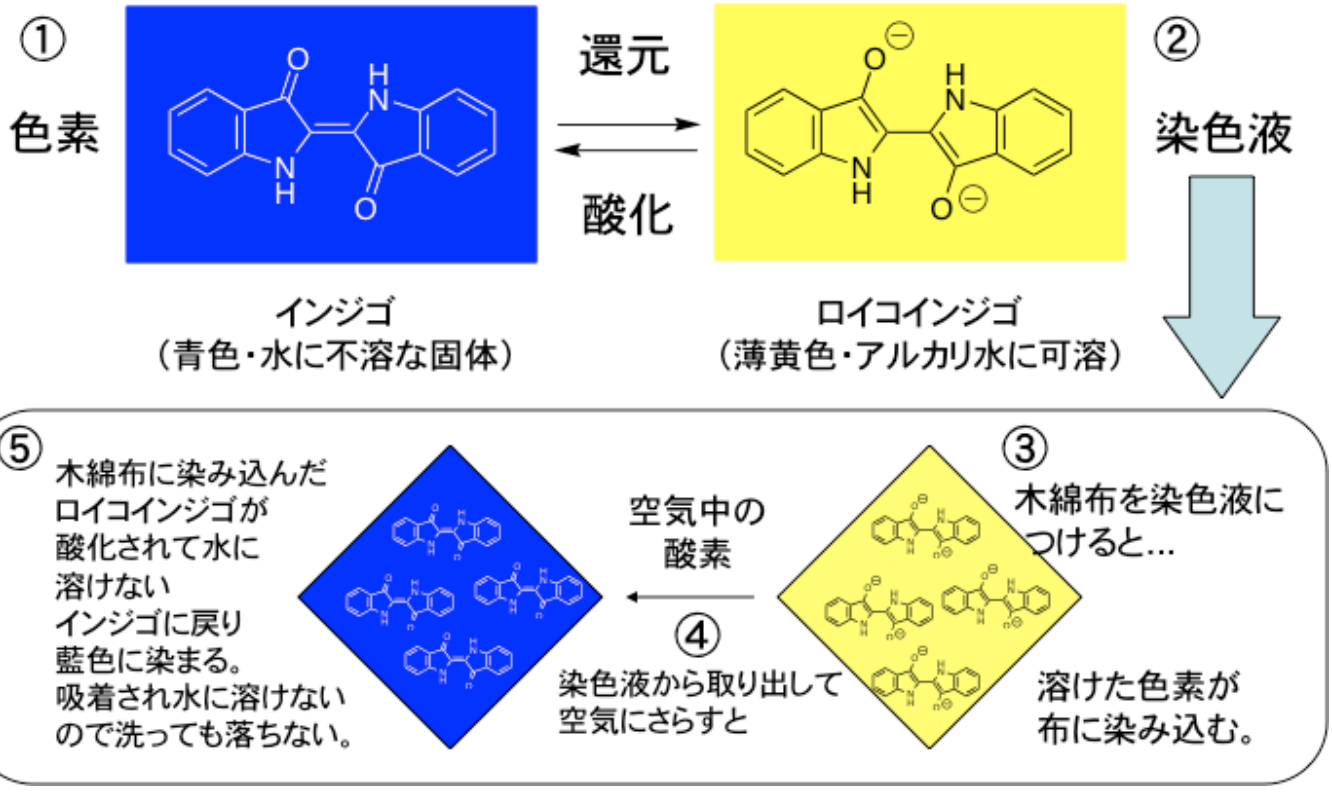
光によって物質の色が変化する現象を「フォトクロミズム」といいます。この実験ではフォトクロミック分子で作ったインクを使って、光をあてると一瞬で浮かび上がったり、消えたりする絵（スパイの手紙）を描いて、その反応について学びましょう。

１．藍染めにチャレンジ

皆さんが普段着ているブルージーンズの染料である**インジゴ**と言う化合物を使って、藍染めにチャレンジします。

これが藍色の正体
インジゴという色素（有機化合物）の構造式

インジゴで藍染め（絞り染め）ができる原理



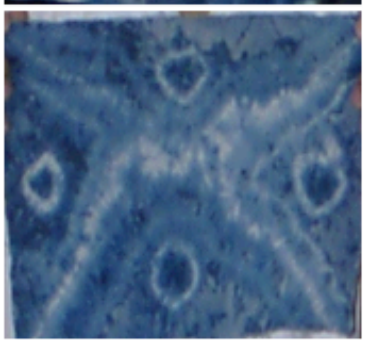
＜原理の説明＞

水に溶けないインジゴは，アルカリ性水溶液中でハイドロサルファイトナトリウム（$Na_2S_2O_4$）で還元すると，水に溶ける黄色のロイコインジゴになります。

その溶液（染色液）に木綿の布を入れると，溶けたロイコインジゴが布繊維に染み込んでいき木綿繊維のセルロース中に水素結合で固定されます。布を染色液から取り出し，空気にさらすと空気中の酸素で酸化されて元のインジゴに戻り，水に不溶になるので洗っても落ちません。

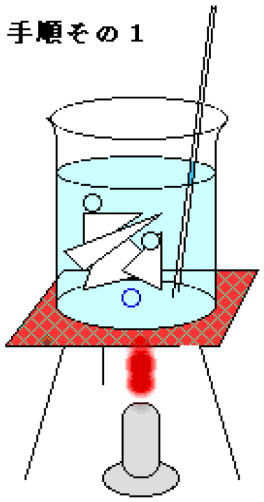
空気に触れないと酸化されずに水溶性のロイコインジゴのまま残り，後で洗い流されるので，タコ糸で縛って空気に触れない所を作っておくと白い部分が模様として残り，「絞り染め」ができます。

どうやって縛ったらどんな模様になるか，染め上がりを想像しながら縛ってみましょう。また染色後，色素が空気酸化される前に洗い流せるように，水洗しながらタコ糸をほどいて，すばやくよく洗い流してください。



どんな模様ができるか想像しながら,布をしばってみよう

テレビなどで見たことがある諸君も多いと思いますが、このコーナーでは、皆さんがいつも着ているブルージーンズの染料でありますインジゴと言う化合物を使って、藍染めにチャレンジして頂きます。



原理： インジゴは、還元されるとアルカリ水溶液に溶けます（黄色い溶液）。木綿をこの溶液に浸すとよく吸着されます。これを空気にさらすと、酸化されて元のインジゴ（藍色）に戻り、木綿に固着して残ります。たこ糸などで縛って染まり具合を観察して見て下さい。縛った所には染料が届かず、その部分だけ白くなり模様ができます。いろんな模様を作って楽しんでみて下さい。

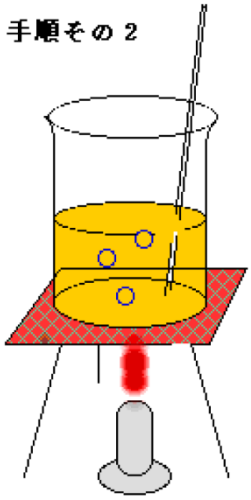
実験の手順

手順その１：木綿の布の準備

１）まず、できる模様を想像しながら、たこ糸で木綿の布をかたく縛って下さい。

２）次にそれを、１Ｌのビーカー中、６００ｍＬの沸騰水に浸し、１５分間穏やかにガスバーナーで加熱して下さい。

手順その２：染液作り



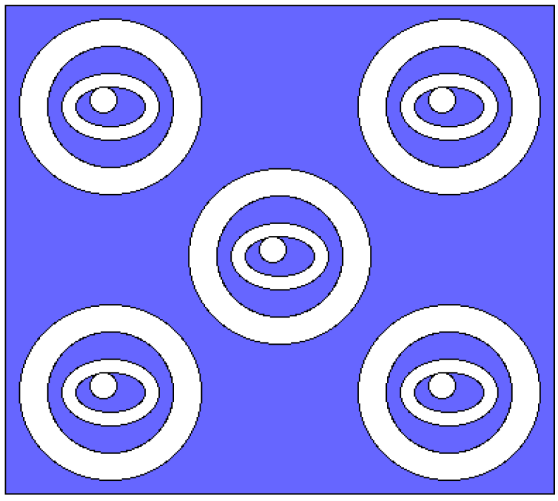
１）また、別の１Ｌのビーカー中に６００.の水を入れ、それに０.８ｇのインジゴを加えてください。次に2M NaOH水溶液１００Ｌと３ｇの $Na_2S_2O_4$ を加えてガスバーナーで加熱して、沸騰させます。液が黄色になるまで様子を見ながら、さらに１ｇの$Na_2S_2O_4$を追加して下さい。もしなかなか黄色にならなかったら、2M NaOH水溶液を追加して下さい。

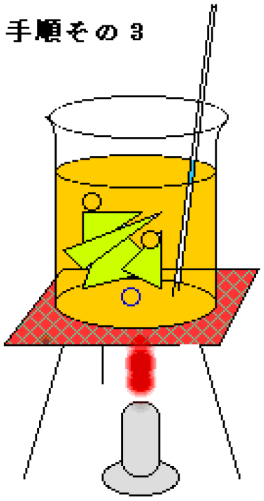
手順その３：染色過程

１）得られた染液に煮沸した木綿の布を入れ、１５分間穏やかにガスバーナーで加熱して、沸騰させます。

２）布を引き上げて15分間たってから、水で洗い、広げて色の変化をみんなでよく観察してみて下さい。

完成図例





２．身の回りのミクロな世界をのぞいてみよう

【はじめに】

「電子顕微鏡」という装置を知っていますか？ひとたびこの装置をのぞけば、身近にあり見慣れたはずのものが、いままでとはまるで違って見える新らしい世界が広がります。さあ、あなたもミクロな世界を探検してみましょう。

【走査電子顕微鏡とは？】

顕微鏡は、私たちの身近にあるものをなんでも拡大し、私たちの目の分解能を超えたところで、素晴らしいミクロの世界を展開してくれます。みなさんが良く知っている顕微鏡は、光を用いる**光学顕微鏡**といわれるものです。一方、**電子顕微鏡**（**Scanning Electron Microscope: SEM**）を用いると、光学顕微鏡では不可能な高倍率、高分解能の像を得ることができます。また、光学顕微鏡を用いて立体像を見ようとして中心に焦点を合わせると端の方がぼやけてしまいますが、電子顕微鏡を用いると、立体全体に焦点のあったシャープな写真を撮ることができます。

【走査電子顕微鏡のしくみ】

一枚の十円玉があるとします。十円玉の表面には様々な文字や彫刻があります。その上に薄い紙をのせて、その上から鉛筆の芯で左右に擦りながら上から下に動かして行くと、紙のうえには十円玉の文字や図柄が表れてきます。
走査電子顕微鏡の仕組みはこれと良く似ていて、対象の表面の凹凸を画像として表すのですが、実際の装置では、鉛筆の芯の代わりに電子ビームを使います。レンズで細くされ試料上にフォーカスされた電子ビームが､試料の表面をテレビの走査線のように左右に振りながら、上から下にずれて走って行きます｡電子ビームを形成している電子が試料の原子にあたると、その原子の軌道電子を追い出したり（二次電子）、跳ね返ったり（反射電子）するので、これらのシグナル電子を検出器でとらえ、ディスプレイ上に立体像として、あるいは明暗の像として表します。

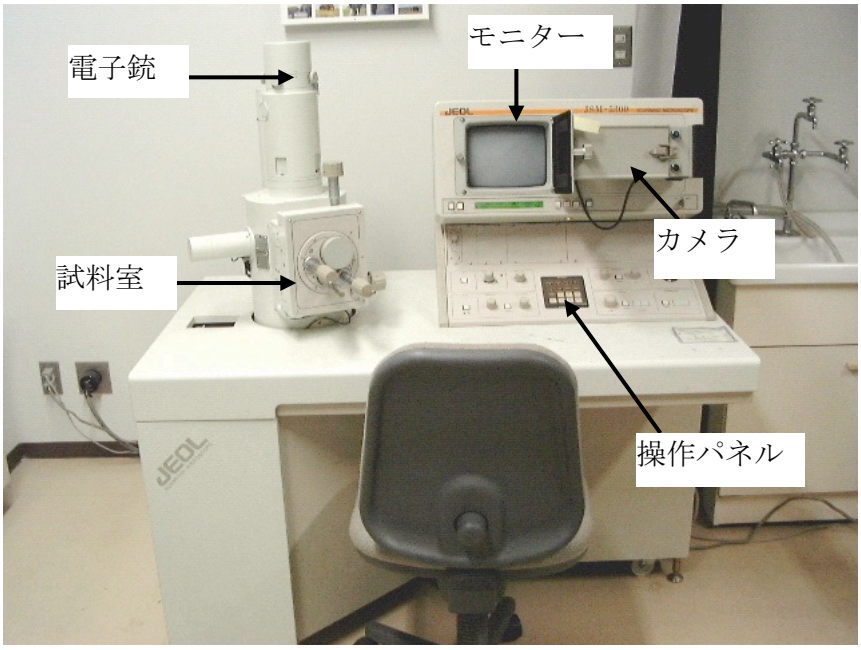


図1.　電子顕微鏡外観

【観察試料の作製】

＃観察試料はこちらでも用意しますが、身の回りの物で電子顕微鏡を使って見てみたいという物があれば用意して来て下さい。ただし乾燥したもので、大きさは1cm角以内、もしくは小さく切り出すことができるものに限ります。

（1）観察試料の切り出しと試料台への取り付け

（a）試料をカッターナイフの刃のような鋭利な刃物で、試料台の大きさに合わせて小さく切り出します。観察面には手でさわらないようにします。

（b）試料台の上に、切り出した試料をカーボンテープでしっかりと貼り付けます。

（2）導電処理

絶縁性の試料をそのままSEMで観察すると、電子ビームによってもたらされた電子が試料にたまり帯電現象（チャージアップ）を起こします。チャージアップするときれいな像が得られないので、試料にたまった電子を逃がすために導電処理を行います。今回は、真空蒸着装置を用いて、試料上に金を蒸着します。

【試料の観察】

（3）像の観察

（a）金を蒸着した試料をSEMの試料室内にセットし、試料室を真空に引きます。

（b）試料室内の真空度が上がったら、電子ビームを出し画面上に像を出します。

（c）試料ステージのつまみを動かし、自分の見たい場所を探し、倍率もいろいろと変えて目的の像を出します。

（d）目的の像が得られたら、操作パネル上のいろいろなつまみを操作し焦点を合わせます。

（4）画像の保存・印刷

画像を保存し、印刷して終了です。

【SEM写真の例】

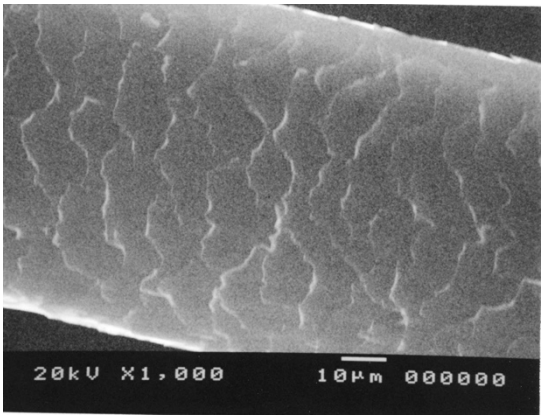


図2　ヒトの髪の毛（1000倍）
＊動物の毛特有の毛小皮（キューティクル）構造が見られる。

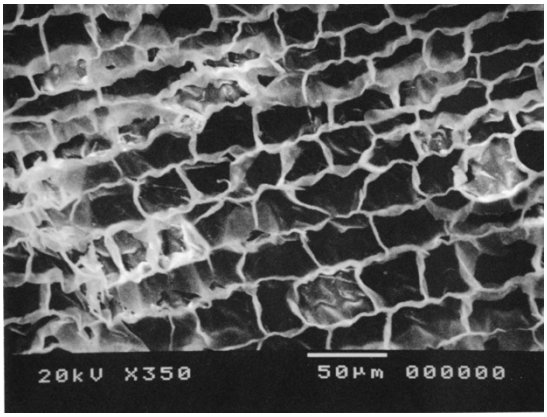


図3　コルク栓の表面（350倍）
＊一つ一つの四角い小部屋が、コルク細胞（セル）。

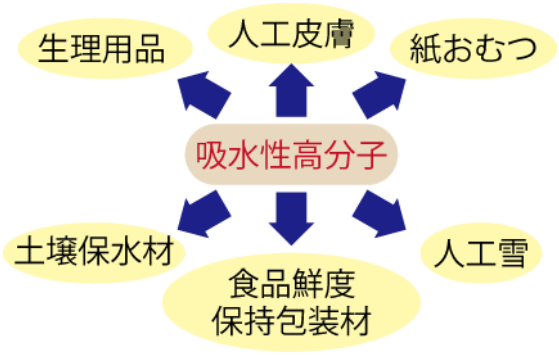
３．水を吸収する不思議な高分子

紙おむつの中に何が入っているか知ってますか？

紙おむつを開けてみると、その中から白い粒状の物質が出てきます。この物質がおしっこを吸収して逃がさないすごい物質です。それでは、この物質を合成して、水を吸わせる実験をやってみましょう。

その前に・・・。水を吸う物質の正体は？

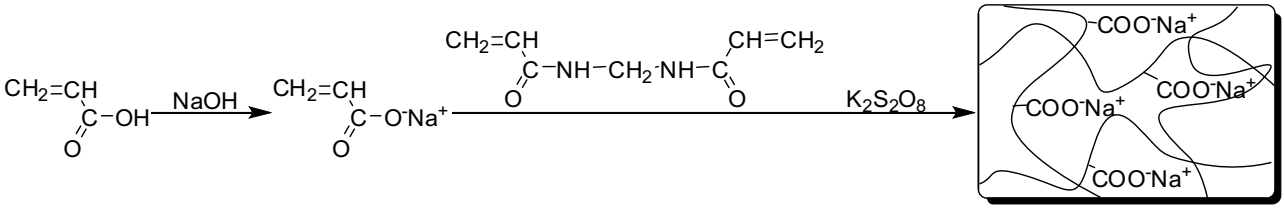
この水を吸う物質は吸水性高分子と呼ばれます。吸水性高分子は水に溶けることなく自重の数倍～１０００倍の水を吸収し、保持する能力を持っています。綿、パルプ、スポンジなどと異なり圧力を加えても吸った水をほとんど離しません（実験３で確かめましょう）。



現在、吸水性高分子は紙おむつ以外にも食品の鮮度を保つ包装材、人工雪など多方面で使われています。また、土壌保水剤として砂漠の緑化にも一役かっています。

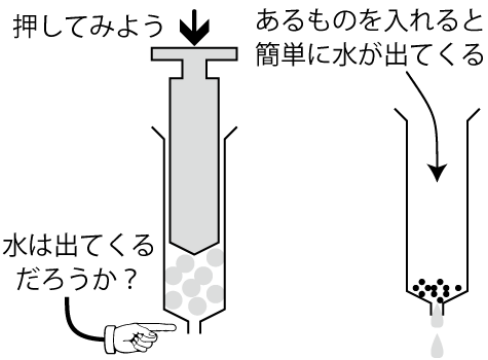
【実験１】吸水性高分子の合成

アクリル酸５ｇを三角フラスコにはかりとる。ここに水酸化ナトリウム水溶液（２．７ｇ／１５ｍＬ）を温度が上昇しないように少しずつ滴下する。さらに*N*，*N*’－メチレンビスアクリルアミド（架橋剤）０．１ｇと過硫酸カリウム０．２ｇを加えてよく溶かす。６０℃で３０分間加熱した後、取り出して、生成した高分子をメタノールで洗浄する。



【実験２】水を吸収していく様子

３つのビーカーに吸水性高分子をそれぞれ１ｇずつはかりとる。ここに水、１％食塩水、１０％食塩水をそれぞれ入れてかき混ぜた後、放置して、高分子の吸水量を比較する。



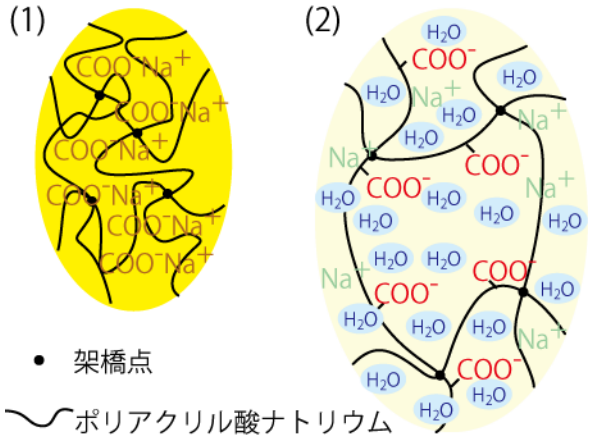
【実験３】吸水性高分子が吸った水を出してみよう

注射器の中に水を吸った吸水性高分子を入れ、ピストンを押して水が出てくるのかを確認する。また、圧力を加えなくても水を取り出す方法があるので、考えてやってみよう。

【原理】吸水性高分子の分子構造は三次元の網目状になっていて、網目の中に水を取り込みます。

（１）吸水性高分子の分子構造

この実験で合成したものはポリアクリル酸ナトリウムという長い鎖状の**高分子**がたくさん集まったもので、本来であれば水に溶ける物質です。しかし、ところどころでポリアクリル酸ナトリウムの鎖同士を結合（架橋）させて、お互いが離れていかないようにしています。



（２）吸水のしくみ

吸水性高分子に水を接触させると、ポリアクリル酸ナトリウムは水に溶けていこうとします。しかし架橋しているので、鎖がバラバラになることはありません。水が入り込むことで、密集して縮こまっていたポリアクリル酸ナトリウムの鎖が拡がって網目が大きくなります。また、ポリアクリル酸ナトリウムと水分子との結びつきが強いために、吸水性高分子が水を保持する能力は高く、圧力をかけて水を押し出そうとしてもほとんど出てきません。

（３）吸水量を決めるもの

吸水性高分子の膨らみを決めるのは主に①鎖の結合点間の距離、②高分子の親水性の強さ、③イオン同士の反発、④ゴム弾性、そして⑤浸透圧です。合成するときに加える架橋剤を減らすことで①を拡げて、水を取り込む網目をある程度までは大きくすることができます。また、カルボン酸（－ＣＯＯＨ）をカルボン酸ナトリウム基（－ＣＯＯ$^{-}$Ｎａ$^{+}$）にして親水性を向上させている②の作用と、これが電離してカルボキシラート（－ＣＯＯ$^{-}$）になることで負電荷同士が反発して網目が拡がる③の作用がはたらきます。これらはいずれも高分子鎖を引き伸ばす作用ですが、高分子鎖にはゴムひものように引き伸ばすと縮もうとする④の性質があるので、これらのバランスで網目の広がりが決まります。⑤の浸透圧とは、濃度の異なる溶液が接触したときに均一な濃度になるように溶媒（水）が移動する作用によるもので、溶液の濃度差を大きくすれば浸透圧を上げることができます。

４．タンパク質を分けてみよう

動物や植物その他の生き物のからだの中では，数千から数万種類のタンパク質が，それぞれ，役割を持ってはたらいています．鶏の卵白に，どんなタンパク質が含まれているのか，調べてみましょう．

【実験の概要】

1) 鶏の卵から卵白を取り出し，一部を保存します（試料 1）．
2) 残りの卵白のうち，半分程度の量を，100 ml の水の中に注ぎながら，よくかきまわします．白い沈殿物が生じます．
3) 溶液（試料 2）と沈殿物とをそれぞれ回収します．
4) 沈殿物を，できるだけ少量の食塩水に溶かします（試料 3）．
5) 試料 1, 2, 3 から, ほんの少しを使って, SDS-ポリアクリルアミドゲル電気泳動（SDS-PAGE）法で分析します．

（おそらく，他の実験よりも時間がかかります．当日，より詳細な実験手順を配布します．）

【原理と背景】

生き物の体の中には，たくさんの種類のタンパク質があります．大腸菌などのバクテリアの場合は数千種, ヒトの場合は数万種のタンパク質を持っています．

卵白には，たくさんの種類のタンパク質が含まれていますが，その中で含量が多いのは数種類です. いちばん多く含まれているタンパク質は水によく溶けます．一方で，2番目に多く含まれているタンパク質は食塩水にはよく溶けますが, 塩分が少ない水にはあまり溶けません．ひとくちにタンパク質と言っても，タンパク質の種類によってそれぞれ性質が違うのです．

そのような, 個々のタンパク質によって異なる性質を利用することで，タンパク質を分離することができます．この実験では，水に対する「溶解度」の違いによって分離していることになりますね．

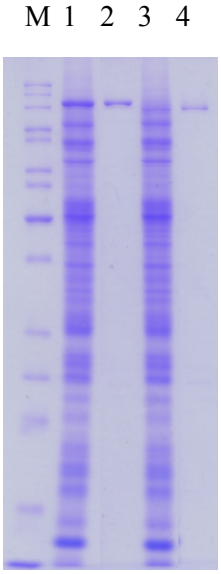


図１. SDS-PAGEの例. M: 分子量マーカー, 1: コムギ胚芽抽出液中でRNAリガーゼタンパク質を合成させた試料, 2: 精製したRNAリガーゼ, 3, 4: RNase Rタンパク質について1,2と同様に行った試料.

そうやって得られた試料について，次に，SDS-PAGE法で分析することで，どんなタンパク質が含まれているか，調べます．このSDS-PAGE法というのは，高分子のゲルの中でタンパク質を分子の大きさの違いを利用して分離して，目で見えるようにする方法です．

図１は，実際にコムギ胚芽のタンパク質などをSDS-PAGE法で解析したときに得られたものです．コムギ胚芽（1,3）にはたくさんの種類のタンパク質が含まれています．その中から特殊な方法で分離して得られた試料（2,4）も一緒に分析しています．

こんなふうに，タンパク質を分けて単一な試料として得ると，そのタンパク質の性質を詳しく調べることができるようになります．図1の2のタンパク質は2種類のRNA分子をつなげる化学反応を触媒するはたらきを持っています. 4のタンパク質は, RNA分子を壊すはたらきを持っています．

生物の体の中には，他にも何千種，何万種のタンパク質があるわけですが，それらのはたらきをひとつひとつ調べることで，生物がどのようにできているか，理解が進むのです．

SDS-PAGE法では，タンパク質が電気の力で引っ張られて，ポリアクリルアミド高分子のゲルの中を移動します．そのとき，同じ分子量（ここでは，タンパク質の大きさだと考えてください）を持つタンパク質なら，だいたい同じ位置まで動くのです．そのままではタンパク質は見えないのですが，青い色素の溶液に浸すと染まって見えるようになります．

ポリアクリルアミド高分子ゲルには，細かい網目構造があります．ですので，電気の力で引っ張ると，大きなタンパク質ほど網に引っかかりやすいので，よりゆっくり動きます．SDSのはたらきで，どのタンパク質でも同じくらいの力でプラス極に引っ張られるようになるので，だいたい，分子の大きさで移動度が決まるのです．

つまり，SDS-PAGE法で，その試料に，どのくらいの大きさのタンパク質がどのくらいの濃度で含まれているか，がわかるのです．

SDSは，家庭用の洗剤として広く用いられている物質です．「ラウリル硫酸ナトリウム」というやつです．皆さんがふだん使っている食器用の洗剤とか，シャンプーとか，そういうものに含まれているかもしれませんから，成分表示をよく見てください．SDSは，タンパク質の大きさは変えませんが，タンパク質を壊してしまいます．ですから，たいていのバイ菌に対して殺菌効果があります．

【実験】

［用意するもの］

鶏卵1個，純水，0.15 M NaCl水溶液，氷，ビーカー，ガラス棒，マイクロピペット（ピペットマン），チップ，マイクロチューブ（エッペンチューブ），遠心分離機，SDS-PAGE用電気泳動装置（すぐに開始できるように予めセットしておく），サンプリングバッファー，染色液，タッパー，カメラ　等

［手順］

(1) 鶏卵から卵白の部分を取り出します（試料１）．
(2) 卵白の半分（残りは氷の上で保存しておく）を，100 mlの水の中に注ぎ，ガラス棒でよく攪拌します．このとき，白い固形物が出てきます．
(3) 試料を遠沈管（2本）に移し，遠心分離機で，7000×g（注１），4℃，5分間の条件で遠心分離します．固形物が沈殿します．
(4) 上清をビーカーにあけます（試料２）．このとき，沈殿物は，遠沈管の底に貼りついて取れないはずです．一方，底に貼りついた沈殿物から液体をできるだけよく除きます．そうしたうえで，沈殿物を，できるだけ少量（片方の遠沈管について2 ml程度）の0.15 M NaClに溶かします（試料３）．
(5) 試料１～３を，それぞれ一部とって，電気泳動します．

(a) 次の通り，試料をマイクロチューブに取ります.

試料１：水で100倍に希釈して1μLを取ります.

試料２：そのまま1μLを取ります.

試料３:そのまま1〜4μL程度取ります(量の異なる2通りの試料を作っても構いません).

(b) 等容のサンプリングバッファーを加えます（試料が1 μLなら1 μL，試料が4 μLなら4 μL）.

(c) よく混ぜて，95℃で3分間加熱します.

(d) 液体がマイクロチューブの底に集まるように，遠心機で軽く回します.

(e) 組み立ててある電気泳動装置のゲルの上端には，試料を載せるための穴ができています. この試料穴（ウェルと呼びます）を，周りの溶液を吹き付けて洗います.（注２）

(f) ウェルに試料を載せます. 1つのウェルには1種の試料を全量載せましょう.

(g) 25 mAで40分間程度電気泳動します.

(h) 装置からゲルを取り出して，染色液に浸します. 電子レンジを使ってタンパク質を青色に染めます.（注３）

(i) ゲルの写真を撮ります. よく観察しましょう.

（注１）重力の7000倍の遠心力がかかるように，という意味です.

（注２）溶液に指を浸したりしないでください. 指のタンパク質が溶けだして，結果に影響が出てしまうことがあります. また，電気泳動中は，溶液には高電圧がかかっています. 感電の危険がありますので，溶液を触らないように気をつけてください.

（注３）染色液は，タンパク質を染める試薬ですから，もし手で触れると，手が染まってしまいます. 手袋を着用しましょう.

5.　光によって色が変化する化合物

【はじめに】

皆さんの身近に存在し、生活には欠かせない光、この光のエネルギーを使った様々な製品が私達の身の回りにあふれています。最近、よくテレビやラジオで耳にするキーワードとして、「光合成」、「太陽電池」、「光触媒」などがあります。どれも光のエネルギーを使って、物質に化学反応を起こさせて、別の物質に変えたり、別の形でエネルギーを取り出したりしています。その他にも、光のエネルギーによって材料の色を一瞬で変化させることができます。この現象のことを「**フォトクロミズム**」といい、フォトクロミズムを示す材料のことをフォトクロミック物質と呼ばれています。ここ数年、調光材料（サングラスや窓ガラス）、化粧品、印刷インク、玩具などにも使われ始めています。

今回の実験では、フォトクロミズムを示す有機化合物（ジアリールエテン誘導体、分子構造は図１を参照）を使って、光によって色が一瞬で着脱色する様子を観察してもらいます。またこれらの微結晶が光照射によってどのような変化をするのか、調べてもらいます。

【実験方法】

①ジアリールエテン誘導体の粉末10 mgをはかり取り、10 mLのサンプル瓶に入れる。そこにエタノール5 mLを加え、粉末を溶かす。

②調整した溶液にカメラのフラッシュランプの光を当てて色の変化を観察する（天気が良ければ、太陽光でもOK）

③調整した溶液を使って、ろ紙に文字や絵を描いて、スパイの手紙を書いてみる（図２）。カメラのフラッシュランプを当てて実際に手紙のやり取りをしてみる。

以下の④と⑤時間にゆとりがあれば、挑戦しましょう。

④調整した溶液をガラス基板上にパスツールピペットで１滴滴下し、乾燥させ結晶を析出させる。このガラス基板上の結晶にカメラのフラッシュランプを当ててフォトクロミズムを示すかどうか調べる。

⑤光学顕微鏡を用いて結晶を観察し、顕微鏡下で結晶に光を当ててみると、どう変化するか調べる。

【原理】

フォトクロミズムは、端的に「可逆的光誘起異性化反応」と言います。光照射によって、色の異なる２つ以上の異性体（分子量は等しいが、構造が異なる）間で結合の組み替えが起こる反応です。実験で使ったジアリールエテン誘導体は、主に２つの異性体（開環体と閉環体）を有します。どちらか一方の異性体に光を照射すると、６つの炭素間で化学結合の組み替えが起こります（図１、赤線で示した結合）。開環体は無色透明で、閉環体は可視光領域に色を持ちます。したがって、開環体に紫外光を照射すると、環が閉じる反応（閉環反応）が起こり、着色します。生成した閉環体（着色体）に可視光を照射すると、環が開く反応（開環反応）が起こり、元の開環体（無色透明）に戻ります。

ジアリールエテン誘導体は、開環体と閉環体の間で、色が異なるだけでなく、発光の有無、屈折率や電気伝導度などが異なっています。これらの光物性を光照射によって一瞬で変化させることができるので、光メモリーや光スイッチ、調光材料などへの応用が期待されています。さらに、ジアリールエテン誘導体は、固体中においても、フォトクロミズムを示し、光照射前後で結晶の

形状や形態も変化することも報告されています。これは、ジアリールエテン結晶が光エネルギーをそのまま力学的エネルギーに変化させるフォトアクチュエーターとして機能すること意味しています。

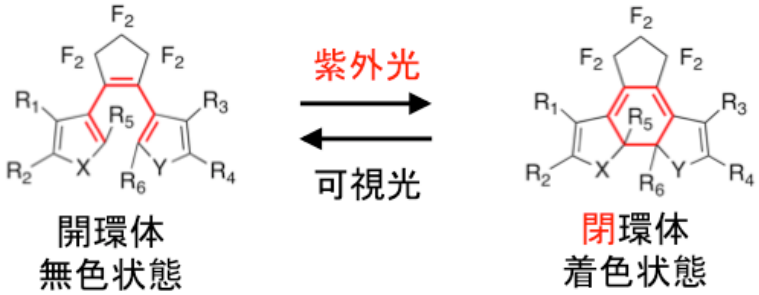


図１．　ジアリールエテン誘導体の分子構造とフォトクロミック反応

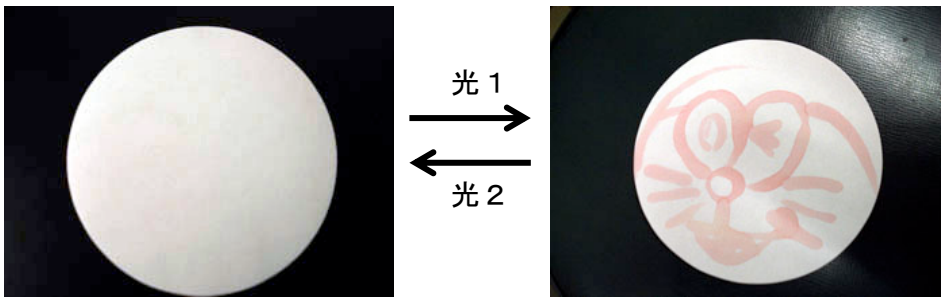


図2.　ろ紙上に絵を描いて、光照射によって浮き上がらせたり、消したりした様子

キャンパスマップ

編　集　者

日本化学会中国四国支部愛媛地区幹事

〒790-8577　愛媛県松山市文京町2-5　愛媛大学大学院理工学研究科

島﨑　洋次

〒790-8577　愛媛県松山市文京町3　愛媛大学大学院理工学研究科

白旗　崇