

とうきょう り か だいがく いち ぶ けんきゅうかい  
**東京理科大学 I 部 研究会**  
いち ぶ か が く けんきゅう ぶ  
**I 部化学 研究 部**

じっけん ひか みず  
**実験 1 : 光る水**

**1**

みず ひか  
**水が光る？**

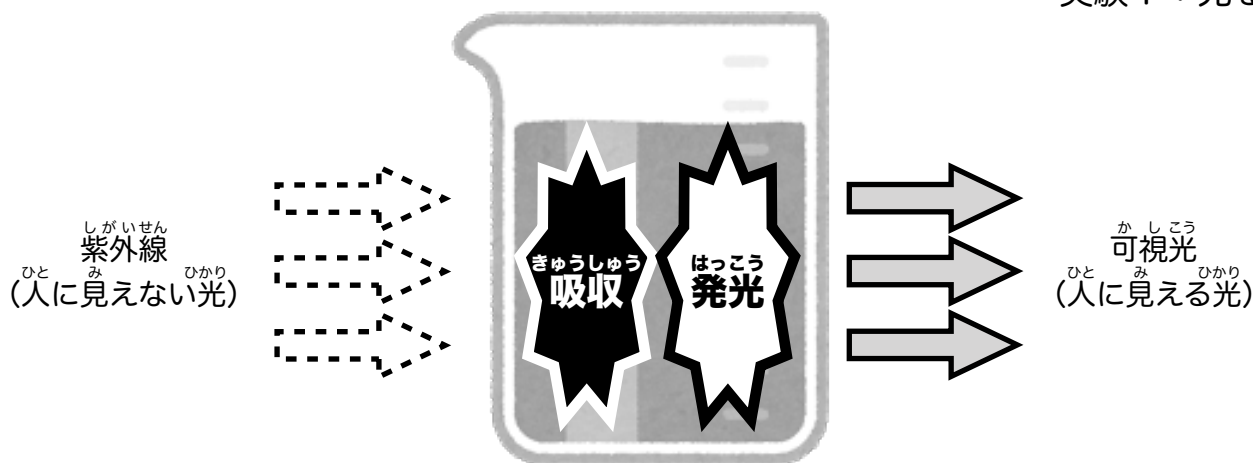
みなさんは、<sup>けいこう</sup>蛍光という<sup>ことば</sup>言葉の意味を知っていますか？「<sup>けいこう</sup>蛍光」という<sup>ことば</sup>言葉は、<sup>けいこう</sup>蛍光ペンや<sup>けいこうとう</sup>蛍光灯、<sup>けいこうざい</sup>蛍光剤など<sup>ふだん</sup>普通の暮らしのなかでよく出てくる<sup>たんご</sup>単語ですが、「<sup>けいこう</sup>蛍光」を意識して見たことのある方は多くないはずです。今回は、身近なものを使って、<sup>げんしょう</sup>現象を観察してみましょう。

**2**

けいこう  
**蛍光のしくみ**

<sup>けいこう</sup>蛍光とは、<sup>ひかり</sup>光があたったときに<sup>ひかり</sup>光の力を<sup>きゅうしゅう</sup>吸収して、その<sup>きゅうしゅう</sup>吸収した力を使って<sup>ひか</sup>光ることです。これは、やかんを<sup>ひ</sup>火にかけて<sup>あた</sup>温めると中の<sup>な</sup>水が<sup>ひ</sup>火の力を<sup>きゅうしゅう</sup>吸収してお湯になり、<sup>あつ</sup>熱くなったお湯がやかんの<sup>まわ</sup>周りの<sup>くうき</sup>空気を<sup>あた</sup>温めることと似ています。

<sup>けいこう</sup>蛍光が見られるもののことを<sup>けいこうぶつしつ</sup>蛍光物質といいます。今回は<sup>さん</sup>3種類の<sup>けいこうぶつしつ</sup>蛍光物質に<sup>しがいせん</sup>紫外線という、<sup>ひと</sup>人には見ることのできない<sup>ひかり</sup>光をあてて、<sup>けいこう</sup>蛍光の様子を観察します。<sup>しがいせん</sup>紫外線を<sup>きゅうしゅう</sup>吸収した<sup>けいこうぶつしつ</sup>蛍光物質は、その力を使って人に<sup>ひと</sup>見ることのできる<sup>ひかり</sup>光（<sup>か</sup>可視光といいます）を発するので、<sup>けいこうぶつしつ</sup>蛍光物質だけが<sup>ひか</sup>光って見えます。



## 発展

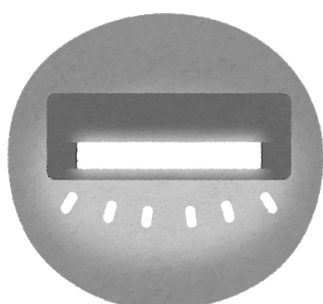
### 蛍光の原理

蛍光は、分子内の電子が外部からエネルギーを受け取り、遷移して励起状態となったのち基底状態に戻る際、輻射場と相互作用が生じるために起こります。狭義には励起一重項状態から基底状態への許容遷移による発光過程のみを蛍光といい、励起三重項状態から基底状態への禁制遷移による発光過程は燐光といって区別します。なお、燐光は蛍光よりも一般的に長く発光しますが、これは励起三重項状態の寿命が励起一重項状態の寿命より長いことに起因します。また、今回の実験ではUV照射により励起を行っていますが、これは短波長の紫外線のエネルギー量子 $h\nu$ が可視光のそれより大きいことで遷移が起こりやすいと見込み、かつ紫外線が目に見えないので蛍光現象が観察しやすいからです。実際には可視光のエネルギーや熱エネルギー（cf. 強熱発光）によっても蛍光が起こる場合があります。

## 3

### じっけん ほうほう 実験の方法

- (1) 実験する蛍光物質をえらびましょう。
- (2) UVライトで蛍光物質の上から紫外線をあてます。
- (3) ななめ上から蛍光物質のようすを観察しましょう。  
(UVライトの光をぜったいに見ないように気をつけてね)



ユーヴィ ひかり  
UVライトの光は、  
ぜったいに見ないでね！

4

じっけん き ぐ やくひん  
実験器具・薬品

- ・ブラックライト（ユ-ヴィ ライト）……紫外線（ユ-ヴィ）をあてるのに使います
- ・蛍光ペン
- ・洗濯用洗剤（蛍光剤の入っているもの）
- ・日本銀行券（D 券以降）

5

ひか  
どうして光ったのかな？

蛍光ペン： 蛍光灯や太陽の光には紫外線が入っています。蛍光ペンは蛍光塗料という  
蛍光物質をインクに混ぜることで、蛍光灯や太陽の下でハイライトした  
部分が光って目立つように工夫されています。

洗濯用洗剤： 洋服（特に白っぽい色のワイシャツなど）は古くなってくると、しっかり  
洗っていても黄ばんできます。これは、だんだんと洋服の表面が青い光を  
反射しにくくなるからです。黄ばんだ洋服をもとの白さに戻すのは  
とても大変です。これを解決してくれるのが、多くの洗濯用洗剤に含まれ  
ている、蛍光剤です。蛍光剤は、蛍光増白剤とも呼ばれ、青い光を出す  
蛍光物質でできています。この洗剤で洗うと蛍光剤が洋服に付いて、蛍光  
灯や太陽の光を受けて青く光るようになります。この青い光が黄ばんだ色  
を打ち消して洋服が真っ白に見えるようにしてくれています。

日本銀行券： 現行の日本銀行券の印影（はんこ）の部分には、特殊発光インキと呼ばれ  
る蛍光物質が入ったインキが使われています。これにより、紫外線をあて  
たときに発する光の色などから、お札が本物かどうか調べる事ができる  
ようになっています。

6

ほかにも、こんなところで使われているよ！

蛍光灯：  
 蛍光灯の中には水銀の蒸気が入っています。電気をつけると、電圧がか  
 けられた水銀の蒸気が紫外線を出します。紫外線のままだと目や肌を傷  
 つけて危ないうえ、人には紫外線の光が見えません。そのため、蛍光灯  
 の内側に紫外線を吸収して白い色の光を出す蛍光物質を塗ることで、  
 紫外線が白い光に変換されて部屋を明るくしてくれるようにしていま  
 す。

カラーボール：防犯カラーボールは、悪いことをした人が車に乗って逃げようとしたと  
 きなどに、栓を抜いて投げることで車などに色が付いて捜しやすくする  
 ための道具です。蛍光物質が入っていることで太陽光などにあたると  
 光って目立ちやすくなっています。

Q

クイズ

(1) 蛍光物質は、それぞれ何色に光ったかな？

---



---

(2) 【発展】どうして蛍光物質によって蛍光の色が違うのかな？

---



---

## じっけん しんどうはんのう 実験2：振動反応

1

しんどうはんのう  
振動反応ってなに？

「振動」とは、ゆりかごを揺らしたときに同じ速さで揺れ続けるように、同じ速さで順番に何かが変わりを続けることをいいます。これから行う実験では、ビーカーにいくつかの液体を入れて混ぜます。すると、ビーカーの中の液体が順番に青くなったり、色が消えたりします。このことを、振動反応や時計反応といいます。

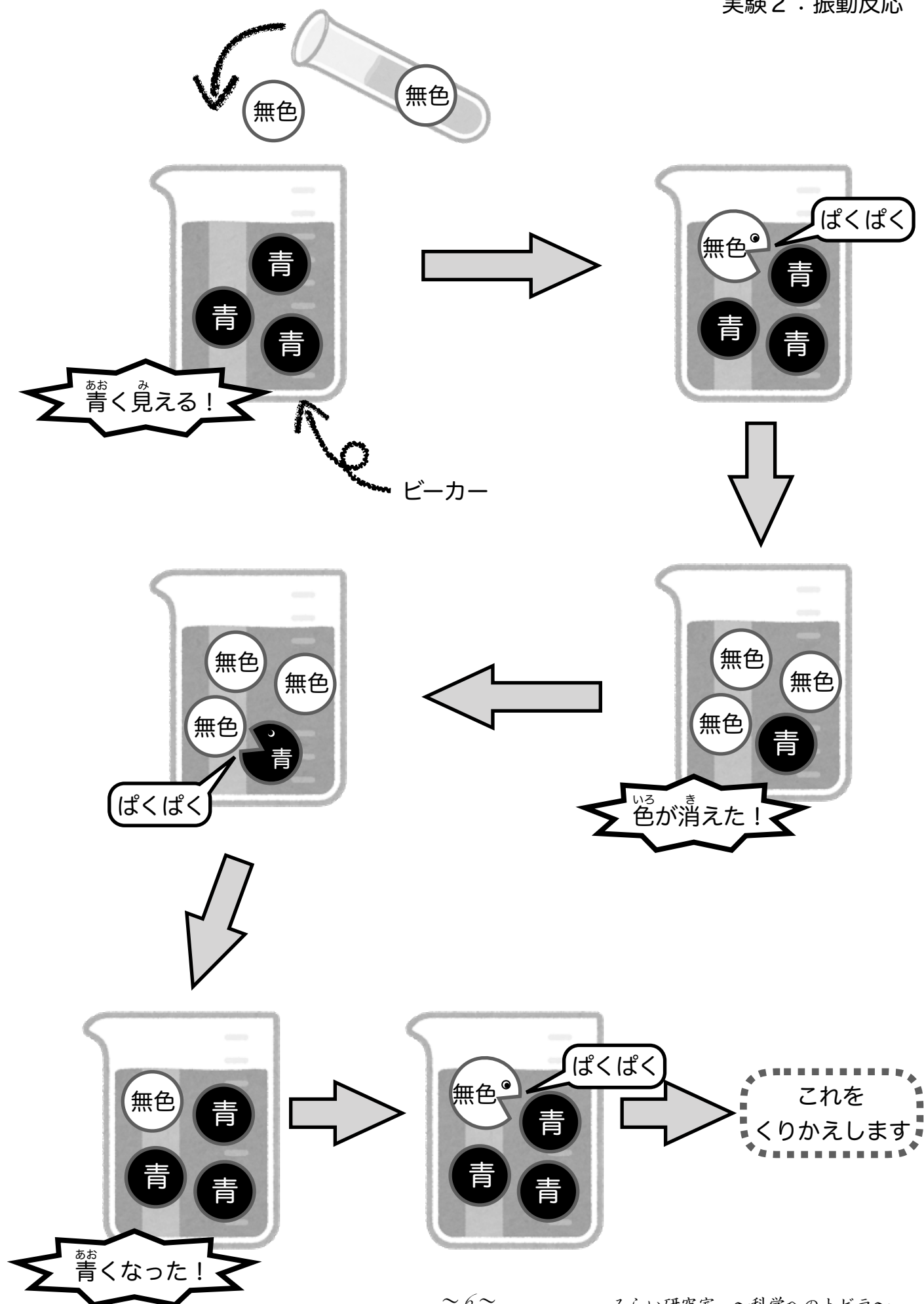


2

どうして色が変わるのかな？



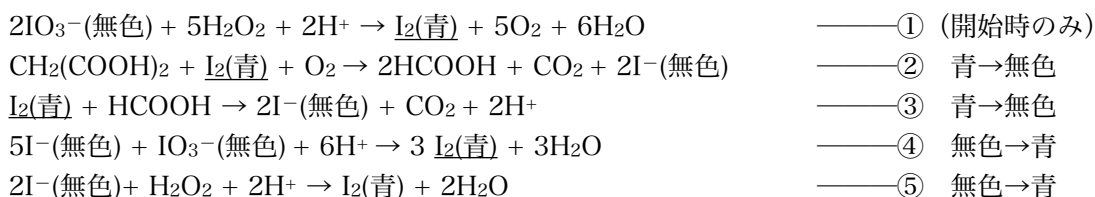
最初、ビーカーの中には青色の粒がたくさんいます。そこに、無色の粒が入った液体を入れます（色がないことを、無色といいます）。無色の粒は青色の粒を食べて増えます。そのうち、無色の粒は青色の粒をほとんどすべて食べてしまいます。このようにして、ビーカーの青い色が消えます。無色の粒が食べ物である青い粒をほとんどすべて食べてしまうと、今度は青色の粒が無色の粒を食べて増え始めます。すると、ビーカーの中が青くなります。このような反応が繰り返されることにより、色が変化し続けます（→つぎのページの図）。



## 発展

### 振動反応の原理

この振動反応の実験は、酸化還元反応における自触媒作用によるものだと考えられています。ペロウソフ・ジャボチンスキー反応（BZ反応）とも呼ばれ、反応系内で有色化合物の濃度が周期的に変化することが特徴です。上記イラストで解説した反応機構はLotka-Volterra機構と言われており、被食者と捕食者の物質量をそれぞれ1本ずつの常微分方程式で表すことができます。この実験を例にとると、以下の素反応が組み合わされていると考えられます。

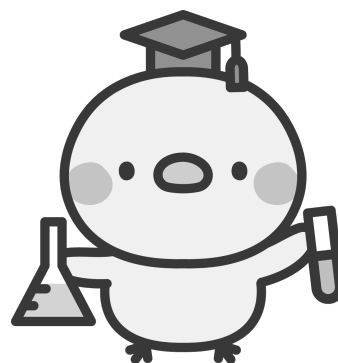


①で $\text{I}_2$ が生成され溶液は青色に、②では $\text{I}_2$ の割合が多くなることで平衡が傾き $\text{I}^-$ が生成され無色に、③も同様にして無色になります。その後 $\text{I}^-$ が増えることによって④⑤の平衡が傾き反応速度が上昇します。それにより $\text{I}_2$ が生成され、溶液が青色に変化します。これを繰り返すことで溶液の色が周期的に変化するのです。

## 3

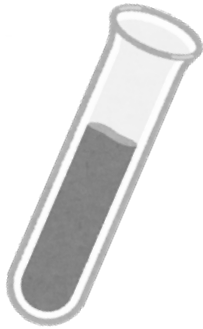
### じっけん ほうほう 実験の方法

- (1) ビーカー（300mL）に純水120mLと濃硫酸0.3mLを加え、ヨウ素酸カリウム3gを加えます。
- (2) ビーカーをスターラー（よく混ぜるための機械）に乗せて混ぜます。
- (3) ビーカーにマロン酸1gと硫酸マンガノー水和物0.2gを入れます。
- (4) さらに、デンプン溶液0.3mLをビーカーに加えます。
- (5) 最後に過酸化水素水60mLを加えます。



4

じっけん きぐ やくひん  
実験器具・薬品



●きぐ  
器具

- ・ビーカー
- ・スターラー、かくはんし攪拌子
- ・ガラス棒ぼう

●やくひん  
薬品

- ・濃硫酸のうりゅうさん
- ・ヨウ素酸カリウムそさん
- ・マロン酸さん
- ・硫酸マンガンりゅうさん
- ・過酸化水素水かさんかすいそすい
- ・デンブ

5

じっけんじょう ちゅうい  
実験上の注意



- (1) ぜったいに薬品やくひんをさわったり、つくえきたい液体をのまないでください。
- (2) 薬品やくひんをさわってしまったり、薬品やくひんがめはいばあいに目に入った場合は、  
みずあら いし しんさつ う  
すぐに水で洗って医師の診察を受けてください。
- (3) 事故防止のため、保護メガネとビニール手袋てぶくろ ちやくようを着用していただきます。  
りかい きょうりよく  
ご理解とご協力のほど、お願いいたします。



Q

クイズ

(1) なぜ、デンプン<sup>ようえき</sup>溶液<sup>くわ</sup>を加えたのかな？

---

---

(2) 実験<sup>じっけん</sup>を続け<sup>つづ</sup>ていると、始め<sup>はじ</sup>た時<sup>とき</sup>よりも色<sup>いろ</sup>の変<sup>か</sup>わる速<sup>はや</sup>さは速<sup>はや</sup>くなる？それとも、  
遅<sup>おそ</sup>くなる？

---

---

(3) 【発展】なぜ、濃硫酸を加えたのかな？

---

---

(4) 【発展】なぜ、ヨウ素デンプン反応で色がつくのかな？

---

---

(5) 【発展】なぜ、(2)のような変化が起こるのかな？

---

---

## じっけん 実験3：ダイラタンシー

### 1

#### ダイラタンシーってなんだろう？

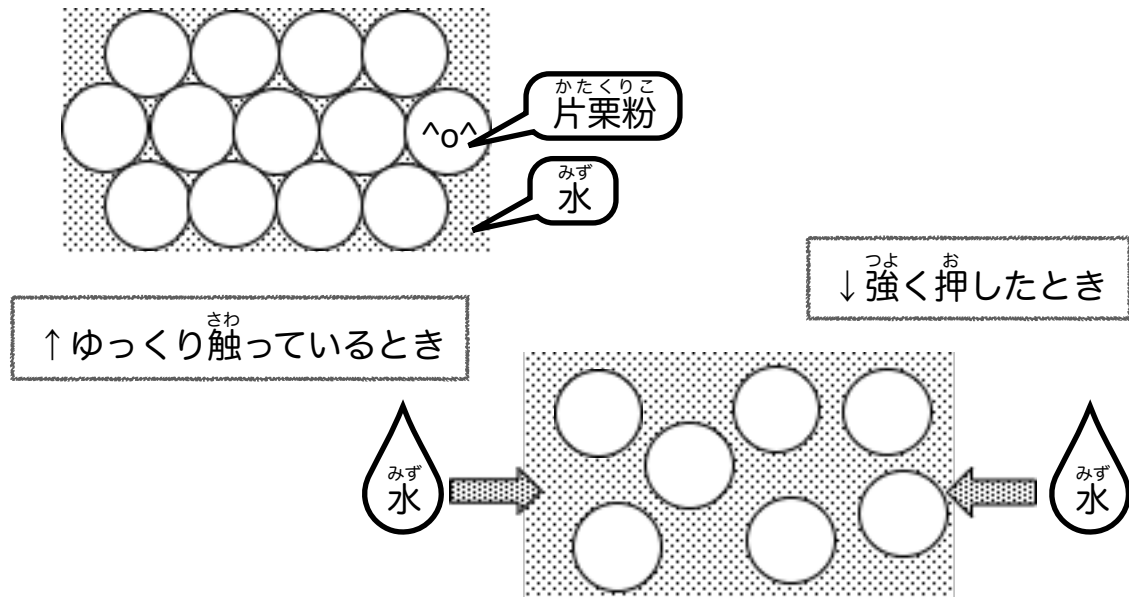
ダイラタンシーとは、ゆっくり<sup>さわ</sup>触ると水<sup>みず</sup>みたいに柔らかくて、すばやく<sup>お</sup>押すと石<sup>いし</sup>みたいに硬くなる、不思議な<sup>ふ し ぎ</sup>性質<sup>せいしつ</sup>のことです。このような性質<sup>せいしつ</sup>を持つ物質<sup>ぶつしつ</sup>のことをダイラタンシー<sup>りゅうたい</sup>流体<sup>りゅうたい</sup>といいます。今回の実験<sup>こんかい じっけん</sup>では、片栗粉<sup>かたくりこ</sup>と色水<sup>いろみず</sup>でダイラタンシー<sup>りゅうたい</sup>流体<sup>りゅうたい</sup>を作<sup>つく</sup>って、実<sup>じっさい</sup>際に<sup>あそ</sup>ふれて遊<sup>あそ</sup>んでみましょう。

### 2

#### どうして硬さが変わるのかな？

砂糖<sup>さとう</sup>と水<sup>みず</sup>を混<sup>ま</sup>ぜると、透明<sup>とうめい</sup>な液体<sup>えきたい</sup>になります。しかし、片栗粉<sup>かたくりこ</sup>と水<sup>みず</sup>を一生懸命<sup>いっしょうけんめい</sup>に混<sup>ま</sup>ぜても、白<sup>しろ</sup>いまま透<sup>す</sup>き通<sup>とお</sup>ることはありません。また、片栗粉<sup>かたくりこ</sup>と水<sup>みず</sup>を混<sup>ま</sup>ぜたものをしばらく置<sup>お</sup>いておくと、片栗粉<sup>かたくりこ</sup>が沈<sup>しず</sup>んでしまいます。片栗粉<sup>かたくりこ</sup>と水<sup>みず</sup>を混<sup>ま</sup>ぜたもののよう、よくかき混<sup>ま</sup>ぜても透<sup>す</sup>き通<sup>とお</sup>った液体<sup>えきたい</sup>にならなかったり、しばらく時<sup>じ</sup>間<sup>かん</sup>が経<sup>た</sup>つと混<sup>ま</sup>ぜたものが沈<sup>しず</sup>んでしまうとき、「溶<sup>と</sup>けた」とはいけません。反<sup>はん</sup>対<sup>たい</sup>に、「溶<sup>と</sup>ける」とは、しばらくかき混<sup>と</sup>ぜていると粒<sup>つぶ</sup>がなくなつて透<sup>す</sup>き通<sup>とお</sup>り、静<sup>しず</sup>かに置<sup>お</sup>いておいても混<sup>ま</sup>ぜたものが沈<sup>しず</sup>んでこないことをいいます。透<sup>す</sup>き通<sup>とお</sup>っていれば、色<sup>いろ</sup>がついていても「溶<sup>と</sup>けた」といいます。

片栗粉<sup>かたくりこ</sup>は水<sup>みず</sup>に溶<sup>と</sup>けませんが、なじむことならできます。つまり、洗濯物<sup>せんたくもの</sup>を洗濯機<sup>せんたくき</sup>で洗<sup>あら</sup>っているとき、洗濯物<sup>せんたくもの</sup>と水<sup>みず</sup>が混<sup>ま</sup>ざっているように、片栗粉<sup>かたくりこ</sup>と水<sup>みず</sup>をかき混<sup>ま</sup>ぜてからしばらくの間<sup>あいだ</sup>は沈<sup>しず</sup>まずに水<sup>みず</sup>の中<sup>なか</sup>をただよっています。このとき、片栗粉<sup>かたくりこ</sup>のつぶは最もたくさん<sup>もっと</sup>の粒<sup>つぶ</sup>が狭<sup>せま</sup>いところに入<sup>はい</sup>れるかたちで並<sup>なら</sup>んでいます。例<sup>たと</sup>えば、箱<sup>はこ</sup>の中<sup>なか</sup>にビー玉<sup>だま</sup>をたくさん入<sup>い</sup>れたとき、箱<sup>はこ</sup>を少し揺<sup>ゆ</sup>らすとビー玉<sup>だま</sup>とビー玉<sup>だま</sup>のすきまが詰<sup>つ</sup>まって、より多くのビー玉<sup>だま</sup>を箱<sup>はこ</sup>に入<sup>い</sup>れることができるようになります。片栗粉<sup>かたくりこ</sup>は水<sup>みず</sup>の中<sup>なか</sup>でこのように詰<sup>つ</sup>まって、なじんでいます。片栗粉<sup>かたくりこ</sup>が水<sup>みず</sup>となじんでいるとき、水<sup>みず</sup>は片栗粉<sup>かたくりこ</sup>のすきまに<sup>はい</sup>り込<sup>こ</sup>んで片栗粉<sup>かたくりこ</sup>のつぶを動<sup>うご</sup>きやすくしています。このため、ゆっくり触<sup>さわ</sup>ったときは水<sup>みず</sup>のような<sup>かんしよく</sup>感<sup>かん</sup>触<sup>しよく</sup>なのです。



かたくりこ みず ま いきお お かたくりこ  
片栗粉と水を混ぜたものを勢いよく押すと、きれいにしきつめられていた片栗粉のつ  
ぶがくずれて、おお すきま あ ます。このすきま みず なが こ みず ちから ひょうめん  
ちょうりよく かたくりこ うご けっか かた  
張力) によって片栗粉のつぶが動きにくくなってしまい、結果として硬くなるのです。

### 3

#### じっけん き ぐ やくひん 実験器具・薬品

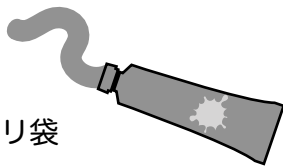
・ 片栗粉

・ 色素（えのぐ）

・ チャック付きポリ袋

・ プラスチック製スプーン

・ 洗ビン



4

じっけん ほうほう  
実験の方法

- (1) 片栗粉<sup>かたくりこ</sup>をスプーンで1～2杯<sup>はい</sup>ジップロック<sup>い</sup>に入れる。
  - (2) 好きな色水<sup>いろみず</sup>をいれて手<sup>て</sup>でもむ。ダイラタンシー<sup>かんせい</sup>になったら完成。
- ☆水<sup>みず</sup>：片栗粉<sup>かたくりこ</sup> = 1 : 1.5～2がちょうどいいです。

5

じっけんじょう ちゅうい  
実験上の注意



- (1) ぜったいに薬品<sup>やくひん</sup>をさわったり、作った液体<sup>つく えきたい</sup>をのまないでください。
  - (2) 片栗粉<sup>かたくりこ</sup>、色水<sup>いろみず</sup>が洋服<sup>ようふく</sup>に付かないように気<sup>き</sup>を付ける。
  - (3) 事故防止<sup>じ こ ぼうし</sup>のため、保護メガネ<sup>ほ ご</sup>とビニール手袋<sup>てぶくろ ちゃくよう</sup>を着用<sup>てぶくろ ちゃくよう</sup>していただきます。
- ご理解<sup>り かい</sup>とご協力<sup>きょうりょく</sup>のほど、お願い<sup>ねが</sup>いたします。

6

おうようれい  
応用例

- ・ 防弾<sup>ぼうだん</sup>チョッキ
- ・ 応用例<sup>おうようれい</sup>ではないですが海<sup>うみ</sup>でぬれた砂浜<sup>すなはま</sup>に足<sup>あし</sup>を埋めて急に抜<sup>う</sup>こうとすると抜<sup>ぬ</sup>けないけどゆっくり抜<sup>ぬ</sup>くと簡単<sup>かんたん</sup>に抜<sup>ぬ</sup>けるのはぬれた砂浜<sup>すなはま</sup>がダイラタンシー<sup>げんしょう</sup>現象<sup>げんしょう</sup>をおこしているからです。

## 参考文献

1. 齋藤勝裕, 『数学いらずの化学反応論』, 株式会社化学同人 (2009年12月), pp.134-135
2. 窪田正利・村井佳世・小林紗也加・小桂洋二・征矢悠, 長野県木曽青峰高等学校理数科平成22年度課題研究報告書『振動反応』, <http://www.nagano-c.ed.jp/seiho/intro/risuka/2010/2010-4.pdf>, 2019年5月閲覧
3. 矢島博文 (東京理科大学教授), 『ヨウ素デンプン反応の発色のしくみ』, 化学と教育 63巻5号, 日本化学会 (2015年), [https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/63/5/63\\_KJ00010110249/\\_pdf](https://www.jstage.jst.go.jp/article/kakyoshi/63/5/63_KJ00010110249/_pdf), pp.228-231
4. Tomio Petrosky ほか, 『高校生によるBelousov-Zhabotinsky反応の新しい現象の発見 ―長時間停止したBZ振動の復活―』, 物性研究・電子版 Vol.2, No.1, 021101 (2013年2月号) (2013/2/12 差替), <http://mercury.yukawa.kyoto-u.ac.jp/~bussei.kenkyu/pdf/02/1/0031-021101.pdf>, 2019年5月閲覧

※資料中で使用した図表は、使用時に著作権表示を行わなくて良い旨を明確に確認できるものです。また、これらの図表の著作権はそれぞれの作品の著作権者に帰属します。

※当資料の文章や構成を無断で使用することは、著作権の侵害にあたります。使用したい場合は、必ずご一報ください。

制作・著作：I 部化研器薬みらい研担当 (みらいたん)