

中学生のための

化学実験講座

2009



み・え・る 化学実験

主催 沼津工業高等専門学校 物質工学科・教養科
日本化学会 東海支部

日時 2009年10月10日(土), 11月14日(土), 12月19日(土)
9:30~12:00 (受付は9:15より)

場所 沼津工業高等専門学校 物質工学科棟 4階学生実験室

実験を行う上での注意

- 机の上は整理、整頓しておく。
- 白衣と保護メガネを身につけて実験を行う。
- 事故やケガがあった場合、ささいなことでも指導者に報告する。
- 試薬は正しく使用する。持ち帰ってはいけない。
- 指示されていない操作を勝手に行ってはいけない。
- 実験後は、手を洗うこと。



★ 講師

小林美学 (こばやし みがく) 専門 : 無機化学

メール m.kobayashi@numazu-ct.ac.jp

古川一実 (ふるかわ かずみ) 専門 : 植物育種学

メール furukawa@numazu-ct.ac.jp

藁科知之 (わらしな ともゆき) 専門 : 分析化学

メール wara@numazu-ct.ac.jp

鈴木猛 (すずき たけし) 専門 : 化学実験

メール tsuzuki@numazu-ct.ac.jp

★ 学生スタッフ

5 年生

4 年生

3 年生

2 年生

1 年生

★ 受講生 (カッコ内は学年)

1 班	(3)	(3)	(3)	(3)
2 班	(3)	(3)	(3)	
3 班	(3)	(3)	(3)	(3)
4 班	(3)	(3)	(3)	(2)
5 班	(1)	(1)	(1)	(1)
6 班	(1)	(1)	(1)	(1)

★ 日程（10月10日）

9：30 開講式

開講のことば
スタッフ紹介
受講生自己紹介
日程説明
写真撮影

9：45 実験「酸性とアルカリ性 ～水溶液の性質と酸性雨～」

実験1 ムラサキキャベツで酸・アルカリを調べよう
実験2 酸性雨の原因を考えよう

11：45 アンケート記入

11：50 閉講式

閉講のことば
連絡



★ 日程（11月14日）

9：30 開講式

開講のことば
スタッフ紹介
受講生自己紹介
日程説明
写真撮影

9：45 実験「糖の性質 ～甘いだけではない、「糖」のいろいろな性質～」

実験 1-1 デンプンの実験・・・もち米とふつうのお米
実験 1-2 だ液アミラーゼによるデンプンの分解
実験 2 糖の種類と性質

11：45 アンケート記入

11：50 閉講式

閉講のことば
連絡



★ 日程（12月19日）

9：30 開講式

開講のことば
スタッフ紹介
受講生自己紹介
日程説明
写真撮影

9：45 実験「化学時計反応 ～時間を守る反応～」

実験 1 化学時計反応 1

（亜硫酸水素ナトリウム－ヨウ素酸カリウム系）

実験 1-1 温度と反応の速さ

実験 1-2 濃度（亜硫酸水素ナトリウムの）と反応の速さ

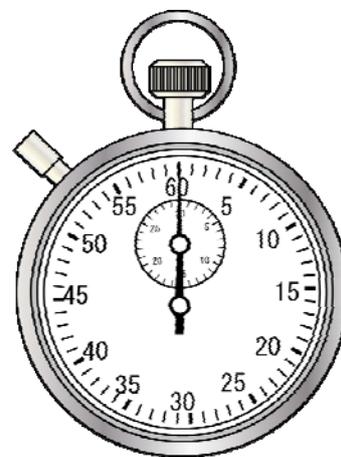
実験 2 化学時計反応 2

（コバルト－5-Br-PAPS 系）

11：45 アンケート記入

11：50 閉講式

閉講のことば
連絡



酸性とアルカリ性 - 水溶液の性質と酸性雨 -

化学は物質を変化させたり、性質を調べたりする学問です。今回は水溶液の性質である酸性とアルカリ性について学びましょう。



実験 1 ムラサキキャベツで酸・アルカリを調べよう

[実験を始める前に]

酸とアルカリ

みなさんは理科で、酸性とアルカリ性について習いましたか。酸性とアルカリ性はともに水溶液の性質を示すもので、それぞれ表 1 に示すような性質をもっています。また、酸性でもアルカリ性でもない水溶液は中性といいます。ここでは、紫キャベツから作った溶液で、いろいろな溶液の酸性、アルカリ性を調べてみましょう。

表 1 酸とアルカリの性質

酸性	金属を溶かして水素を出す。 青いリトマス紙を赤くする。 BTB 溶液を黄色くする。
アルカリ性	赤いリトマス紙を青くする。 BTB 溶液を青くする。

溶液の性質で色が変わる指示薬

色でその溶液の性質がわかるような試薬を指示薬といいます。リトマス紙や BTB 溶液などが有名です。リトマス紙は酸性かアルカリ性かで、2 色に変化します。一方 BTB 溶液は 3 色に変化しますので、中性であるかどうかもわかります。

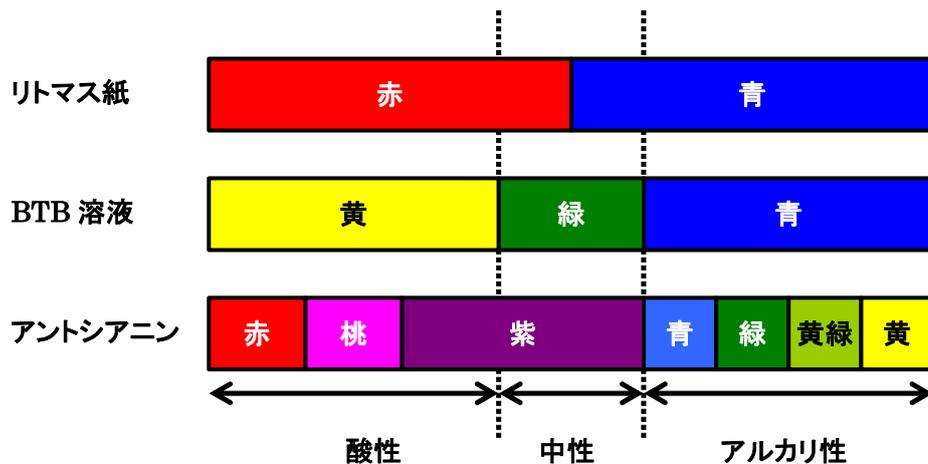


図 1 いろいろな指示薬

アントシアニンは七変化

ムラサキキャベツの中に含まれている アントシアニン という物質もリトマス紙や BTB 溶液と同じように溶液の性質で色が変わりますが、こちらは 7 色に変化します。紫色の変色範囲がやや広いので、酸性と中性の境目がわかりにくいのが難点ですが、酸性、中性、アルカリ性だけでなく、酸性やアルカリ性の強さまでわかります。例えば緑色になれば弱いアルカリ性、黄色になれば強いアルカリ性であることがわかります。

紫キャベツで指示薬を作ろう

それでは、このアントシアニンに注目して、ムラサキキャベツから指示薬を作りましょう。方法は簡単です。細かく切り刻んだ紫キャベツの葉を煮ると、葉の中に含まれているアントシアニンが溶けてくるので、その上澄み液をとり、自然に冷やせばできあがりです。

酸性かな？ アルカリ性かな？

今回は、ムラサキキャベツから作った指示薬で、表 1 にあげてある物質が酸であるか、アルカリであるかを調べてみます。まずは実験を始める前に、それぞれの物質が酸性であるかアルカリ性であるか予想してみましょう¹。

¹ 今回調べる物質の中のドライアイス、二酸化炭素 (CO₂) が固体になったものなので、二酸化炭素の性質を調べると考えても結構です。

表1 試料と酸・アルカリの性質

試料	予想	ムラサキキャベツ 指示薬の色	結果
食酢	酸・アルカリ		酸・アルカリ
ドライアイス	酸・アルカリ		酸・アルカリ
重曹	酸・アルカリ		酸・アルカリ
漂白剤 (塩素系)	酸・アルカリ		酸・アルカリ
レモン汁	酸・アルカリ		酸・アルカリ
水道水	酸・アルカリ		酸・アルカリ

「予想」と「結果」は、酸、アルカリのどちらかに○をします

[操作]

A. ムラサキキャベツ指示薬の作成

- A-1. 紫キャベツの葉一枚を、手で細かくちぎる。
- A-2. 切ったムラサキキャベツの葉を、300mL ビーカーに入れ、100mL 程度の蒸留水を入れる。
- A-3. 溶液に色が付くまで、ムラサキキャベツの葉を入れたビーカーを煮沸する。

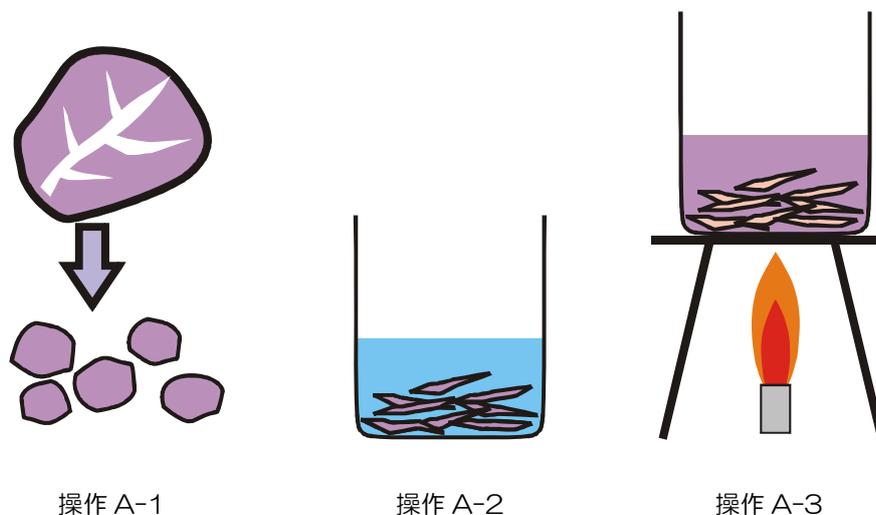


図2 操作 A-1~3

B. 指示薬の色の変化

- B-1. 試験管に駒込ピペットで、ムラサキキャベツ指示薬を約 1mL とる。
- B-2. 駒込ピペットで、塩酸を 1 滴入れる。
- B-3. B-2. の試験管に水酸化ナトリウム水溶液を一滴ずつ入れ、色の変化を観察する。水酸化ナトリウム水溶液は色が変化しなくなるまで滴下する。

水酸化ナトリウム水溶液を一滴ずつ加える

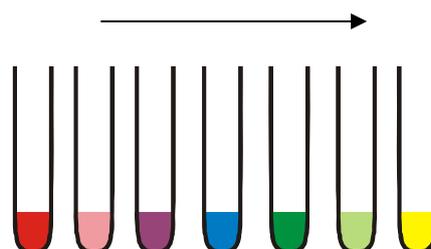


図3 操作 B-3

C. 酸・アルカリの調査

C-1. 6本の試験管に、駒込ピペットで紫キャベツ指示薬を1mlずつとる。

C-2. 調べる物質を適量試験管に入れ、色の変化を観察する。

- ・ 重曹は、薬さじで適量を試験管に入れ、軽く振る。
- ・ 食酢や漂白剤、レモン汁は駒込ピペットで適量を試験管に入れる。水道水は直接試験管に少量加える。漂白剤は、時間が経つと色が消えるので、入れた時の色を観察する。
- ・ ドライアイス、かけらを試験管に入れる。ドライアイスを取るときは、軍手をすること。

[解説]

アントシアニンの色が変わる理由

アントシアニンが酸やアルカリの強さによって七色の変化を示すのは、溶液の酸・アルカリの強さによってアントシアニンの構造が少しずつ変わるからです。

アントシアニンはムラサキキャベツだけではなく、赤タマネギや紅イモなどにも含まれています。また、植物によって含まれているアントシアニンも異なるので、発色や色の変化にも違いが見られます。他の植物から取り出した指示薬で実験してみてもおもしろいでしょう²。

重曹

重曹は、炭酸水素ナトリウム (NaHCO_3) (別名：重炭酸ナトリウム) という物質です。重曹は洗剤やベーキングパウダーとして家庭でもよく用いられますし、この実験で確認したようにアルカリ性を示すので、胃の中で酸性である胃酸が出過ぎた場合の医薬品 (胃腸薬) としても用いられます。

酸性酸化物

二酸化炭素は、炭素に酸素が化合した化合物です。酸素が化合した化合物は酸化物と呼ばれ、二酸化炭素のように、水に溶けると酸性の性質を示す酸化物を酸性酸化物と言います。硫酸化物や窒素酸化物も酸性酸化物であり、これらは酸性雨の原因となっています。

² 他の植物に含まれているアントシアニンを利用する場合も、この実験と同じ方法で指示薬を作ることができます。ただし植物によっては溶液が濁る場合もあるので、そのような場合はガーゼやコーヒーフィルターでろ過すると観察しやすくなります。



実験 2 酸性雨の原因を考えよう

[実験を始める前に]

酸性雨とは

通常の雨水よりも酸性の強い雨や雪、霧などのことを酸性雨と言います。酸性雨によって沼や河の酸性が強くなると有害金属が地面から溶け出して水中の生態系を崩します。また森林に降り注いだ酸性雨は植物に悪い影響を与え、土壌の酸性化とあわせて森林に大きなダメージを与えます。また酸によって腐食してまう大理石や金属などで作られている建造物も被害を受けます。日本ではまだ大きな被害はありませんが、ヨーロッパや北米では、地域によって大きな被害を受けています³。



図 4 チェコ西部の森林の破壊

「酸の強さ」を示すものさし：pH

酸の強さは pH(ピー・エッチ)と呼ばれる数値で示します。pH は通常 1 から 14 までの数値で、中性の水溶液の pH の値は 7 です。水溶液の pH の値が 7 より値が小さければ、その水溶液は酸性を示します。また水溶液の値が 7 より値が大きければ、その水溶液はアルカリ性を示します。また同じ酸性でも、pH の値が小さければ小さいほど酸性は強くなります。日本では pH の値が 5.6 以下の雨水などを酸性雨と呼びます。

³ たとえばスウェーデンでは、85,000 個ある湖沼のうち、21,500 個の湖沼が被害を受けたと言われていいますから、約 1/4 もの湖沼が被害を受けたことになります。

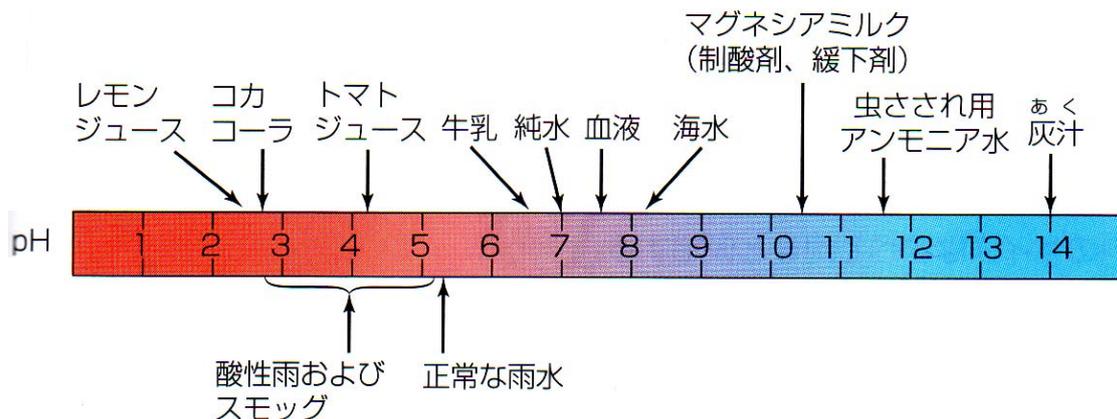


図5 身の回りにある水溶液のpH

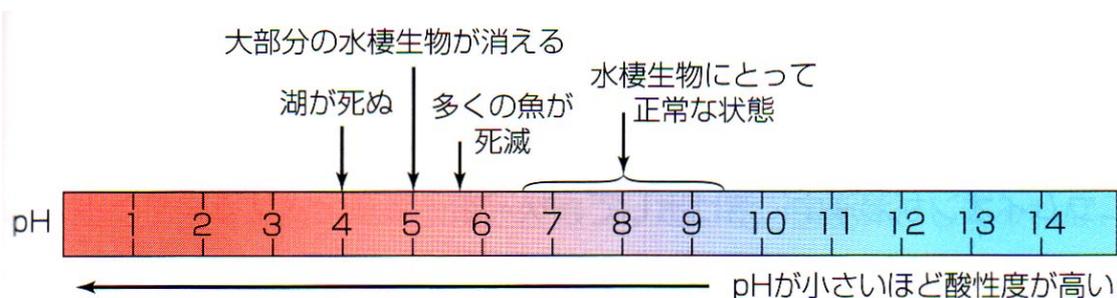


図5 水棲生物 pH の関係

酸性雨の原因

図6に2003年のアメリカ合衆国の酸性雨の様子を示します⁴。偏西風の影響も考えられますが、人口密度の低い西部や中部地区よりも、人口密度が高い東部地区でより強い(pHの値が低い)酸性雨が見られることから、酸性雨は産業活動や人々の活動と何らかの関係があることが予想されます。

実は酸性雨の原因は、人々の活動の中で生じてくる硫黄酸化物(SO_x:ソックス)や窒素酸化物(NO_x:ノックス)であると言われています。これらの物質は二酸化炭素同様、水に溶解すると酸性を示しますが、その酸性の強さは二酸化炭

⁴ 各年度のデータは <http://nadp.sws.uiuc.edu> から入手することができます。

⁵ 二酸化炭素が水に溶解すると酸性を示すことは、実験1でドライアイスを入れた水が酸性を示したことからわかります。

素よりも強くなります。硫黄は石炭⁶などに含まれるので、火力発電や熱源を得るために石炭を燃焼させると硫酸化合物が排出されます。では、窒素酸化物はどこから生じてくるのでしょうか。

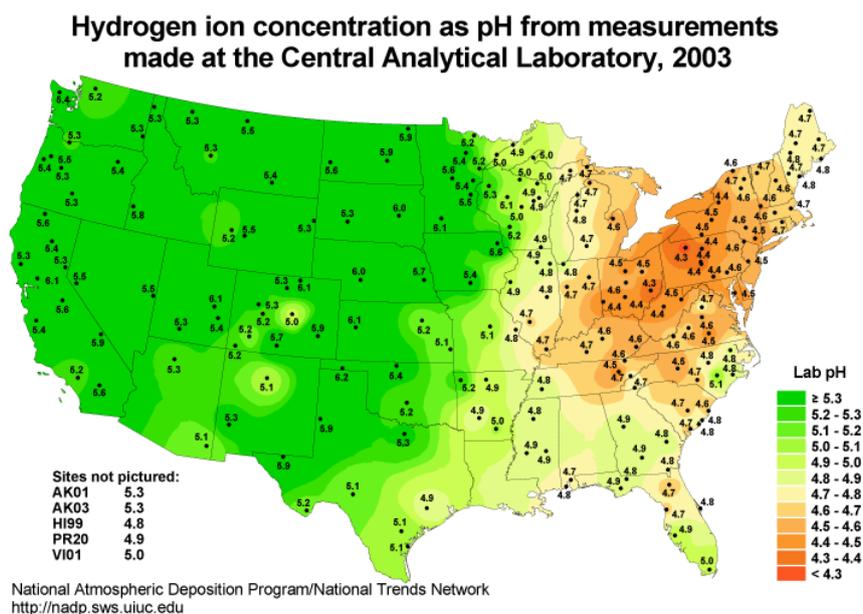


図 6 アメリカ合衆国の酸性雨の状況(2003 年)

[操作]

D. 窒素酸化物の観察 (演示実験)

- D-1. 銅線を 100 mL ビーカーに入れる。
- D-2. ドラフトの中で, 1. のビーカーに濃硝酸を少量入れる。反応が進むと, 褐色色の気体が発生する。
- D-3. 発生するガスの一部をビニール袋にとり, それにザルツマン試薬を加え, 発生した気体が窒素酸化物であることを確認する。ザルツマン試薬の代わりに pH 指示薬を加えることでも行い, 窒素酸化物が水に溶けると水溶液は酸性になることを確認する。

⁶ 石油の中にも硫黄は含まれていますが, 日本で使われている石油はあらかじめほとんどの硫黄分を取り除いてあります。

E. ザルツマン試薬の調整

ここでは「スルファニル酸」を「試薬 A」, 「N-1-ナフチルエチレンジアミン」を「試薬 B」として表しています。

- E-1. 100mL ビーカーに蒸留水を約 30 mL 入れ, 温める。
- E-2. ビーカー内の水が温まったら, その中に「試薬 A」を 0.4g 入れて溶かす。
- E-3. 別の 100 mL ビーカーに水を 10 mL 入れ, その中に「試薬 B」を 0.02 g 入れて溶かす。
- E-4. 「試薬 B」を溶かした水溶液を, 「試薬 A」を溶かしたビーカーの中に入れる。
- E-5. さらに「試薬 A」を溶かしたビーカー内に酢酸を 4 mL 加え, ビーカーの目盛りで 80 mL のところまで水を加える。
- E-6. 作成したザルツマン試薬を, 褐色のスポイト付き試薬ビンに移す。

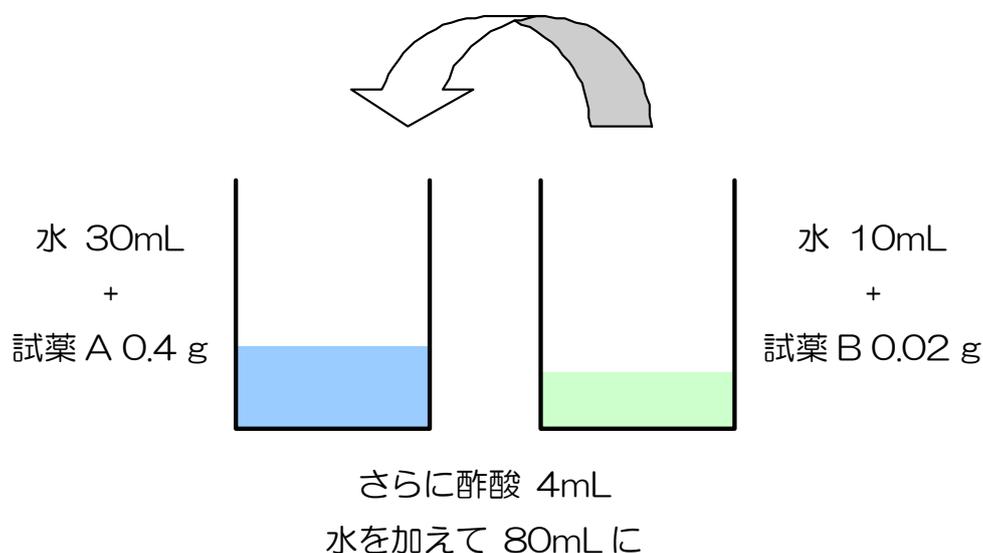


図 7 ザルツマン試薬の調整

F. 燃焼による窒素酸化物の発生

- F-1. ガスバーナーに火をつけ, 炎を適切な状態にする。
- F-2. 火のついたガスバーナーの上でビニール袋の口を開け, 約 2 分間, ガ

スバーナー上空の気体を 2 人で集める。

注意

袋に炎が燃え移らないように注意する

- F-3. ビニール袋内に蒸留水の入った霧吹きを 20 回噴霧し、ビニール袋の口を閉じてからビニール袋をよく振り、ビニール袋内の気体を水分とよく接触させる。
- F-4. ビニール袋内にザルツマン試薬をスポイトで押し分入れ、よく振る。
- F-5. ビニール袋の角をはさみで切り、中の液体を試験管に移す。
- F-6. F-1 から F-5 までの同様の操作をもう一度行う。ただし、ザルツマン試薬の代わりに pH 指示薬を入れ、酸性の強さを調べる。

G. 活性炭による窒素酸化物の吸着

- G-1. 粒状の活性炭を紙パックに約さじ 3 杯入れ、ガムテープで封をする。
- G-2. 実験 F と同様の操作を行う。ただし霧吹きで水分を加える前に、G-1 で作成した活性炭パックをビニール袋の中に入れてよく振る。その後、活性炭を取り出してから霧吹きで水分を加える。

[解説]

窒素酸化物の発生源

実験 F で、ガスバーナーを燃焼させると窒素酸化物が発生することがわかります。燃焼させるガスは炭素と水素の化合物で、窒素は含まれていませんから、発生する窒素酸化物の窒素源は、空気中に約 8 割含まれている窒素であることが予想されます。

窒素は安定な物質なので、通常は酸素を結びついて窒素酸化物を作ることはありません。しかしものを燃やしたときに生ずる高温状態では、酸素と化合して窒素酸化物をつくると考えられています。

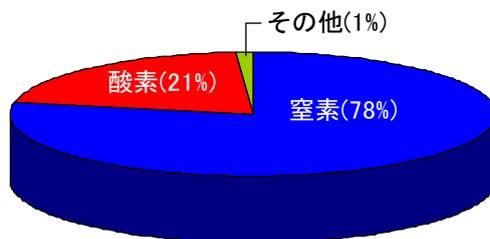


図 7 乾燥空気の組成(体積比)

吸着剤と触媒

実験Fでは窒素酸化物が確認されましたが、実験Gではその発生量が減少、もしくは認められませんでした。これは活性炭が窒素酸化物を吸着したからです。活性炭は表面に数多くの凸凹があり、その表面に様々な物質を捕まえることができます。ですから、たとえば自動車のエンジン内で酸性雨の原因となる窒素酸化物が生じても、排気ガスを吸着剤に通じれば、有害物質を大気に排出せずすみませす。

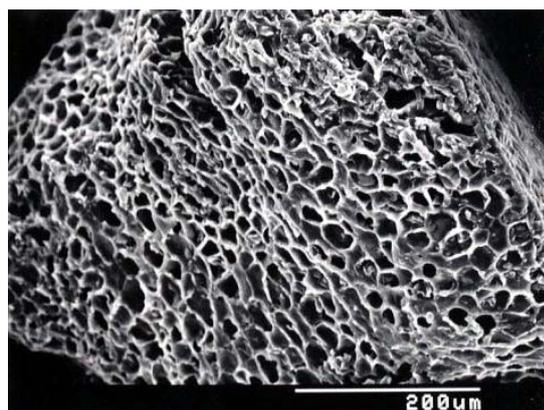


図 8 活性炭の表面

実際には、吸着させるだけではその吸着量に限界があるので、吸着剤にさらに工夫をこらして、吸着させた上で無害のものに変化させる働きも持たせます。このような物質を触媒と呼びます。

自動車の排気ガス中には窒素酸化物だけでなく、有害物質として一酸化炭素や炭化水素もあります。今使われている触媒はこれら3つの物質を同時に無害の物質に変化させることができるので、三元触媒と呼ばれています。その主な成分は白金や酸化セレン、酸化ジルコニアなどです。有害物質を出さないように、よりよい触媒の開発が今も進められています。

このように化学は、環境面でも大いに貢献している学問です。

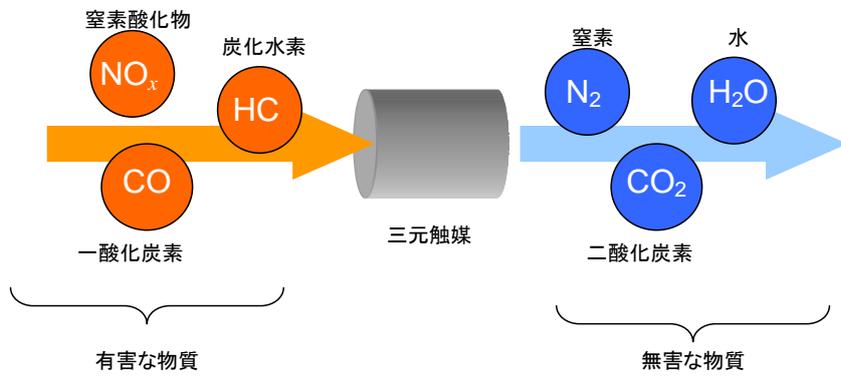


図9 自動車の排気ガスに使用されている触媒

糖の性質

— 甘いだけではない、「糖」のいろいろな性質—

「糖」のもついろいろな化学的な性質を、化学反応を使って確かめることができます。今回は、糖の種類や様々な性質について学びましょう。



実験 1-1 デンプンの実験 . . . もち米とふつうのお米

[実験を始める前に]

デンプンは糖の集合体

ご飯の「こめつぶ」に含まれる主な成分は「糖」です。
とてもたくさんの数の糖が集まっており、この集合体を「デンプン」といいます。
また、集合してデンプンを作っている「糖」は「ブドウ糖」という糖です。

ところで、おもちを作る「もち米」と普段食べているご飯のお米は、どのように違うのでしょうか？実験をして確かめてみましょう。

※ 普段食べているお米は「うるち米」と言います。

デンプンはどのようにして検出しますか？

ここでは、ヨウ素ヨウ化カリウム水溶液（ヨウ素液）を用いて、ヨウ素ヨウ素デンプン反応という反応により、デンプンの存在を検出します。このヨウ素液は少し加えるだけで溶液中にデンプンがあれば、**青紫色**になります。

[実験の操作]

1. ビーカーにお米（もち米・うるち米）を入れて炊きます。
2. 十分にお米に水分が吸収され、加熱されたら火を止めます。
（生のお米がご飯になる過程を糊化（こか）といいます。）
3. 上澄み液と、お米粒をそれぞれビーカーに取ります。
4. ヨウ素液を2滴程度加え、ヨウ素デンプン反応を観察します。

もち米とうるち米でそれぞれ様子に違いがありますか？どのようにちがいますか？

[予想] 予想を書いてみましょう。

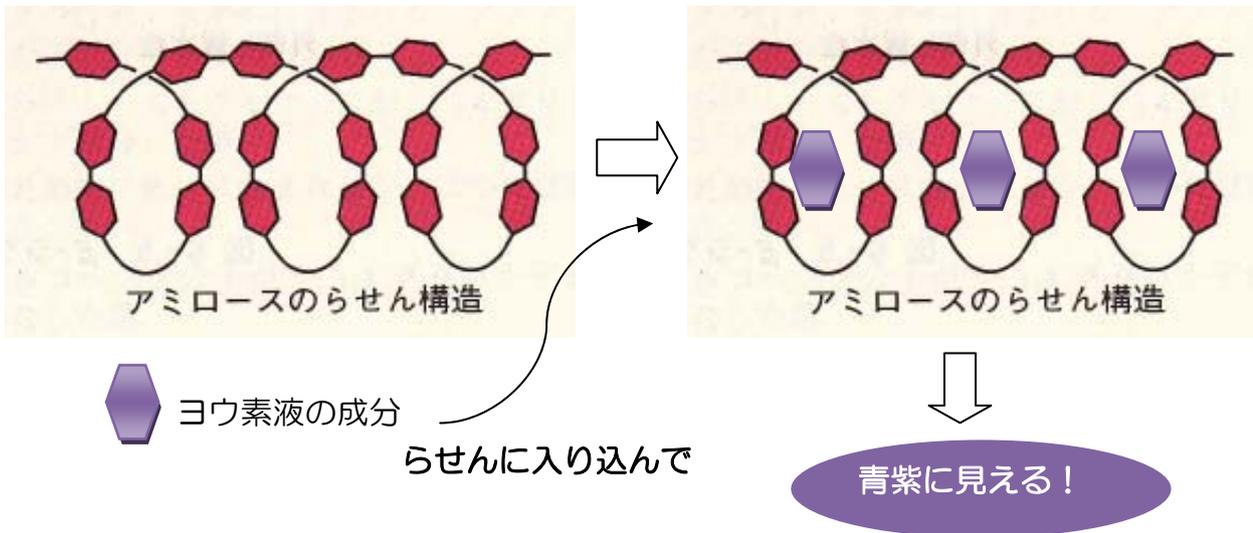
[実験の結果] 実験結果、どのようなことが観察されたのか、書き込んでみましょう。

	上澄み		米の部分	
	色	様子	色	様子
もち米				
うるち米				

気がついたこと：

[解説]

ヨウ素液をいれるとデンプンが青紫になる理由



もち米とうるち米のでんぷんの種類

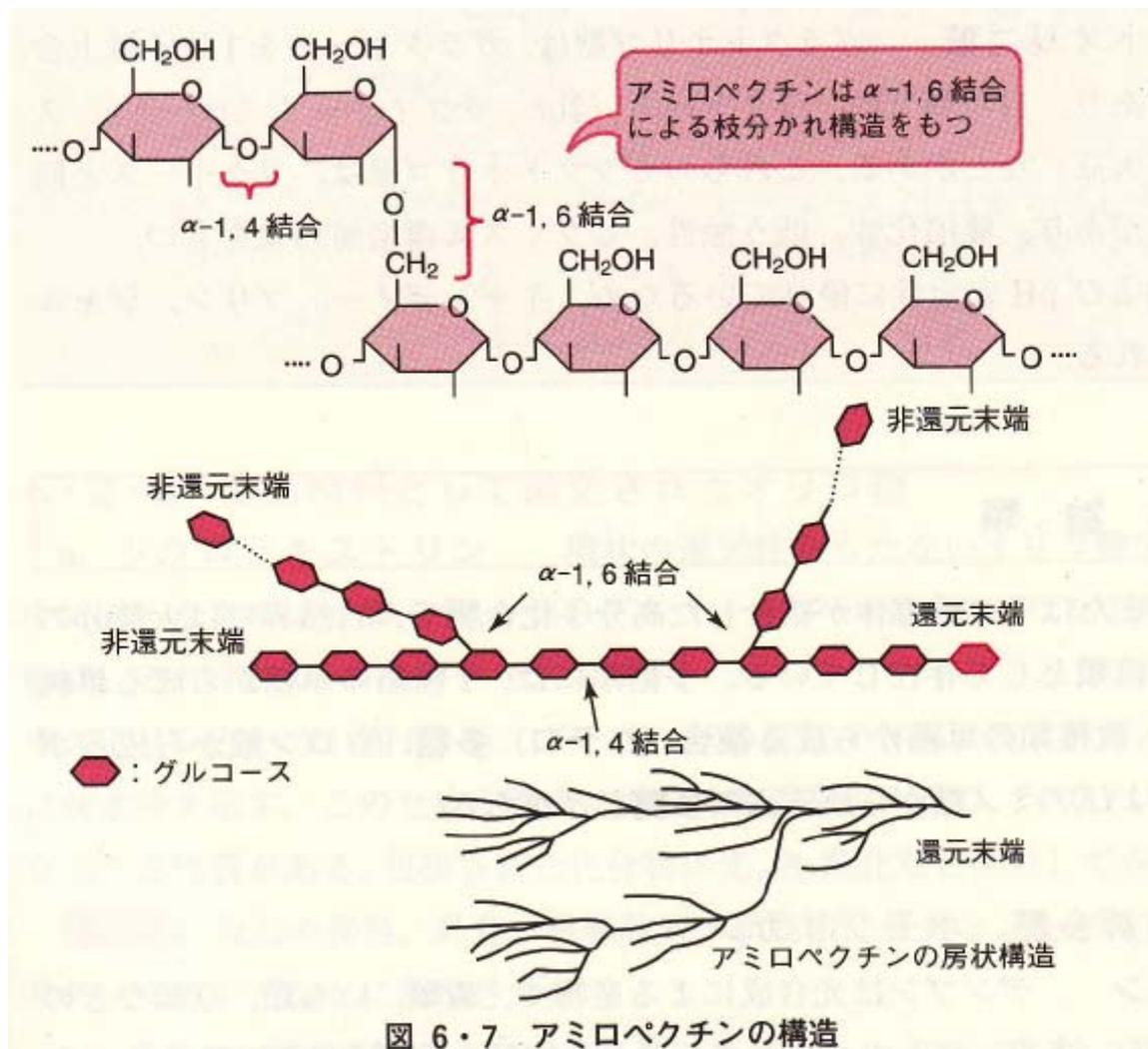
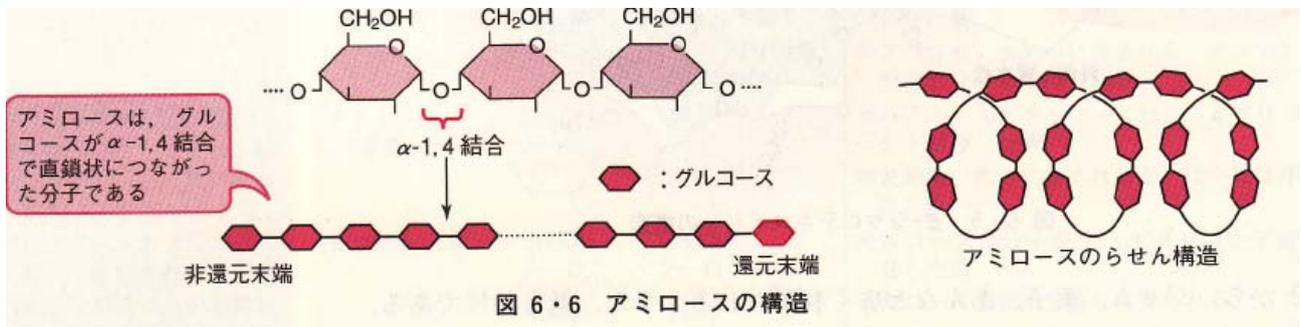
もち米とうるち米に含まれているデンプンは、種類と量が異なります。

☆デンプンには2種類あります。

- ・アミロース (直鎖状構造 → 長くなり、やがて「らせん状」に)
- ・アミロペクチン (枝分かれ構造)

☆もち米とうるち米のデンプンは・・・

- ・もち米 アミロース 20% + アミロペクチン 80%
- ・うるち米 アミロース 0% + アミロペクチン 100%



実験 1-2 だ液アミラーゼによるデンプンの分解

[実験を始める前に]

ご飯を食べると、ご飯の中のデンプンをだ液中の「アミラーゼ」という酵素が分解して、デンプンをブドウ糖に変えます。自分のだ液のアミラーゼでデンプンを消化していく様子を観察しましょう。

[実験の操作]

試料：

1% デンプン溶液 150ml 程度
ヨウ素・ヨウ化カリウム溶液 適宜
2M 酢酸

1班（4名）当たり器具

- ・50ml ビーカー 5個
- ・駒込ピペット 4本
- ・試験管 8本
- ・ストップウォッチ 1個（時計でよい）
- ・ペン1本かラベル10枚

1. だ液をビーカーへ取る
2. 1.のだ液を10倍に薄め（1ml あったら+9ml 水を加える）、新しいビーカーへ
3. 8本の試験管それぞれに、2M 酢酸を1ml ずつ分注
4. 試験管に「A0」「A1」「A2」「A3」「B0」「B1」「B2」「B3」と書く
5. 50ml のビーカーに 1%デンプン溶液を5ml ずついれておく。
それぞれ、「ビーカーA」「ビーカーB」とする。
6. 37℃の恒温水槽へ

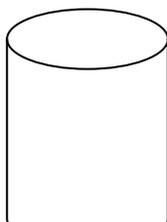
ここから、迅速に。時間を計る人、Aを入れる人、Bを入れる人と協力しましょう

7. 2ml用の駒込ピペットを2本、それぞれA用とB用に準備する。
8. ビーカーAにだ液 2ml A用の駒込ピペットで入れる。
ビーカーBに水 2ml をB用の駒込ピペットで入れる。
9. ストップウォッチ ON
10. すぐに、ビーカーA 1ml → 「A0」試験管へ
すぐに、ビーカーB 1ml → 「B0」試験管へ
11. 以後、2分後に ビーカーA 1ml → 「A1」試験管へ
ビーカーB 1ml → 「B1」試験管へ
12. 同じように、4分後「A2」「B2」、6分後「A3」「A4」を加える。
13. すべての試験管にヨウ素液を数滴たらす。よく混ぜる。
14. 観察

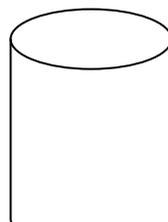
[図解]

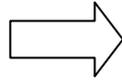
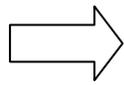
操作1と2

だ液の採取



だ液の希釈

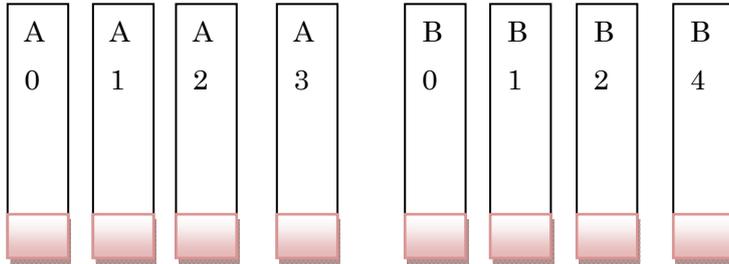




だ液の
希釈液

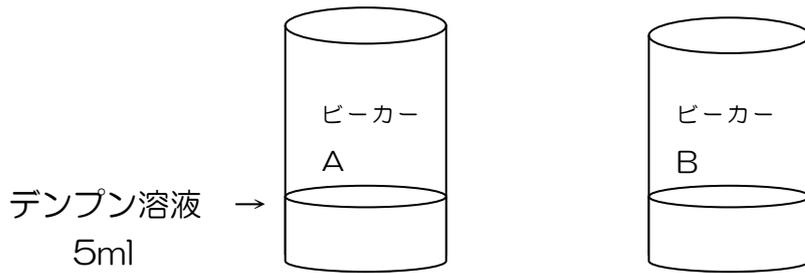
操作3と4

試験管に番号をふる

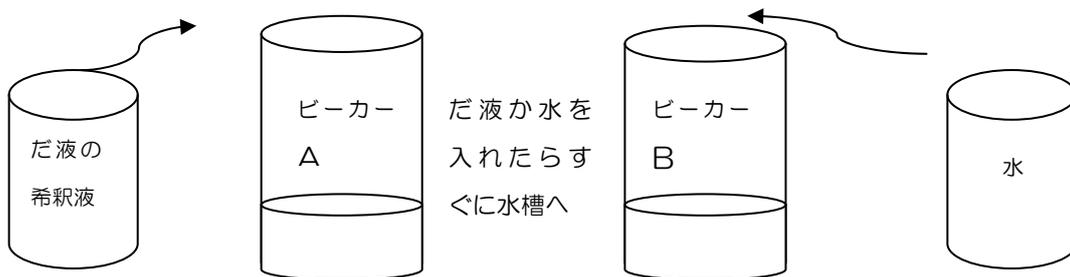


2M 酢酸をそれぞれの試験管に入れておく。

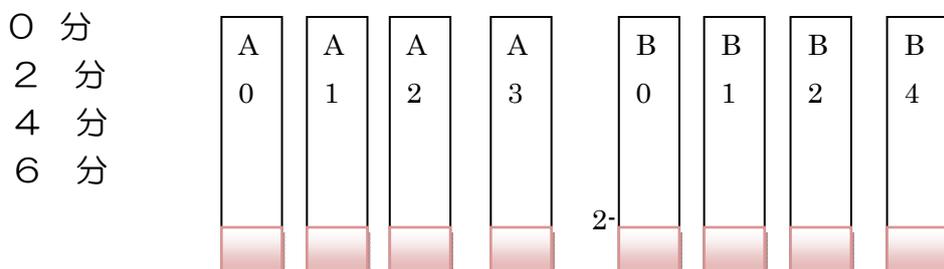
操作5と6



操作 7 この後の操作は素早く



操作 8~13



ごとに
2mlずつ
試験管へ

【観察結果】 実験結果、どのようなことが観察されたのか、書き込んでみましょう。

試験管	A0	A1	A2	A3
色				
様子				
④5ml	B0	B1	B2	B3
色				
様子				
AとBの比較				
この実験から言えること				

【解説】

だ液中のアミラーゼは「酵素」というものです。

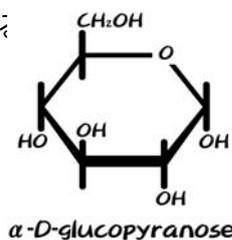
酵素は、決まった相手に作用し、変化させます。この場合、「デンプン」に作用し、「ブドウ糖」に分解していきます。

口の中に入ったご飯は、まず歯により細かくされ、だ液中のアミラーゼが作用しやすい大きさにさ

れます。また、よく噛（か）めば噛（か）むほど甘く感じるという経験はありませんか？それがなぜ
 だか、この実験を通してわかったでしょうか？

また、お肉や野菜の成分のうち、デンプン以外は別の場所で別の酵素により消化されます。口の中
 でよく噛むことにより細かくされ、酵素の作用を受けやすくすることは共通です。

「食事するときにはよくかんで食べましょう」ということは消化をしやすくする



実験 2 糖の種類と性質

[実験を始める前に]

みなさんは、どのような糖を知っていますか？

実験1に出てきた・・・「ブドウ糖」（「グルコース」とも言います。）

お料理に使われる・・・「砂糖」（「スクロース」とも言います。）

ほかにはどのような糖があるでしょうか？そして糖にはどのような性質があるでしょうか？

以下の4つの化学反応を用いて、糖の性質がいろいろあることを知しましょう。

- | | | |
|-----------|-------------|-----------------|
| ・モーリッシュ反応 | （水とブドウ糖） | 糖なら赤紫の輪が見える |
| ・フェーリング反応 | （ブドウ糖と砂糖） | 還元糖なら赤色の亜酸化銅が沈殿 |
| ・ベネディクト反応 | （砂糖となにか糖） | 還元糖なら赤色の亜酸化銅が沈殿 |
| ・バーフォード反応 | （デンプンとブドウ糖） | 単糖なら赤色の亜酸化銅が沈殿 |

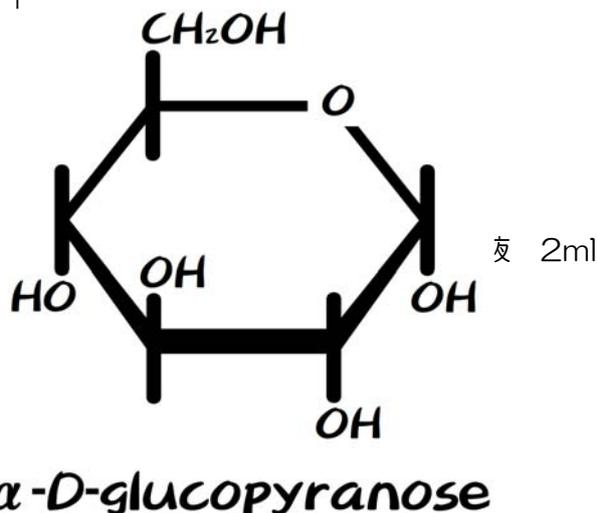
[実験の操作]

- ・モーリッシュ反応 （水とブドウ糖）

糖液 3ml
 ↓
 ← モーリッシュ試薬 数滴
 ↓
 濃硫酸を壁伝いに3ml程度注ぐ

赤紫の

- ・フェーリング反
 フェーリン



この実験は安全を考慮して「濃硫酸コーナ-」で行ってください。
 反応が終わっても、試験管をドラフトに置くこと。テーブルに持ち帰らない。

受講者の安全確保

- ・やけどに注意
- ・火に注意
- ・突沸騰に注意
- ・肘の位置

反応が終わったら・・・

すべて、「重金属」の廃液へ！

沸騰温浴中で加熱 5分



還元糖なら赤色の亜酸化銅が沈殿

• ベネディクト反応 (砂糖と)

ベネディクト試薬 5ml

← 糖液 5~10滴



沸騰温浴中で加熱 5分



還元糖なら赤色の亜酸化銅が沈殿

• バーフォード反応 (デンプンとブドウ糖と)

バーフォード試薬 5ml → 弱火で加熱



← 糖液 1ml



沸騰温浴中で加熱 5分



単糖なら赤色の亜酸化銅が沈殿

[実験の結果] 実験結果、どのようなことが観察されたのか、書き込んでみましょう。

	水	ブドウ糖	デンプン	砂糖	
モーリッシュ反応					
フェーリング反応					
ベネディクト反応					
バーフォード反応					

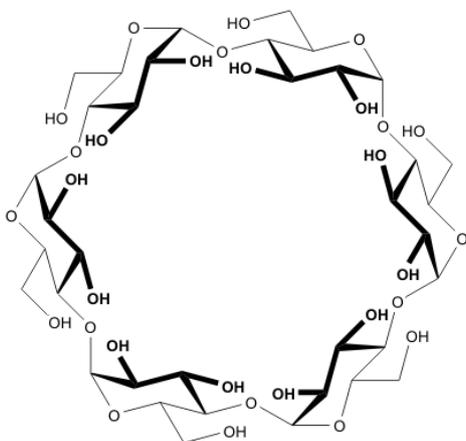
[糖のいろいろ]

糖の名前	別名（英語名）	分類	還元性
デンプン	スターチ	多糖	少し
ブドウ糖	グルコース	単糖	あり
砂糖	スクロース	二糖	なし
麦芽糖	マルトース	二糖	あり
乳糖	ラクトース	二糖	あり
果糖	フルクトース	単糖	あり

<発展> 糖の活用

ブドウ糖は直接食べるだけでなく、いろいろな場面で活用されます。

サイクロデキストリンというものは、ブドウ糖が6~8個つながり、端と端が結合した輪っか状になったものです。これは、トイシの芳香剤に使われたり、チューブ入りのワサビやショウガのつんとくる香りを安定化させるものとして利用されます。



左がサイクロデキストリン(シクロデキストリンとも呼ばれます。)デンプンのようにグルコースがつながったものです。

この穴の中に、香りの成分が入り、安定化されます。芳香剤であれば、少しずつ香りが維持されるようになっています。

化学時計反応 ～時間を守る反応～

ここで紹介する2つの化学時計反応は、非常に珍しい現象であることを最初に述べよう。(なぜ、このような反応が起こるのかを理解するには、みなさんには少し難しいかもしれませんが、原理については後で解説することにします。)

みなさんがよく知っている化学反応には、一瞬にして起こる反応や、あるいは、だらだらと長い時間をかけて起こる反応があるかと思います。化学時計反応は、反応開始から見た目には反応しているようには見えず、ある一定時間経過した後に、突然反応が起こります(突然起こったように見えます)。見た目には反応していないように見えますが、実際には反応が進行しているのです。以下、2つの実験を通して、見ていて不思議で楽しい化学時計反応を実際に体験してみましょう。

実験1 化学時計反応1 (亜硫酸水素ナトリウム-ヨウ素酸カリウム系) ※2人1組

無色透明の溶液がある色へと突然変化します。

実験1-1 温度と反応の速さ

化学反応の速さは、温度の影響を非常に受けます。感覚的にわかるかと思いますが、一般的に、温度が高くなればなるほど、化学反応は速く進むようになります。

ここでは、氷水、室温、50℃のときの、それぞれの反応時間をストップウォッチではかってみましょう。

(用意してある薬品)

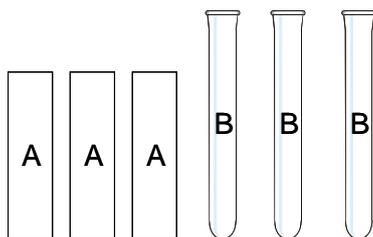
A液: 0.05 mol / L の亜硫酸水素ナトリウム (NaHSO_3) ※1%でんぷん入り

B液: 0.02 mol / L のヨウ素酸カリウム (KIO_3)

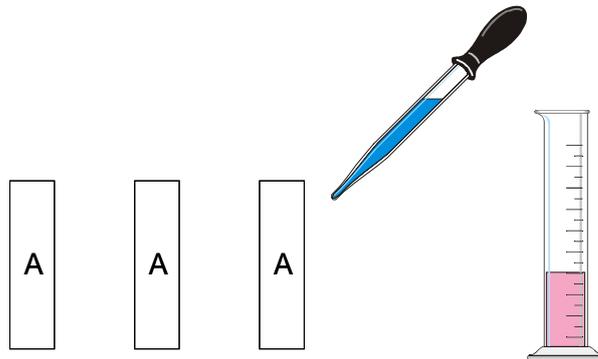
- ① A液を2倍に薄める。(A液 10 mL を 100 mL メスシリンダーにとり、蒸留水で全量を 20 mL にする。)



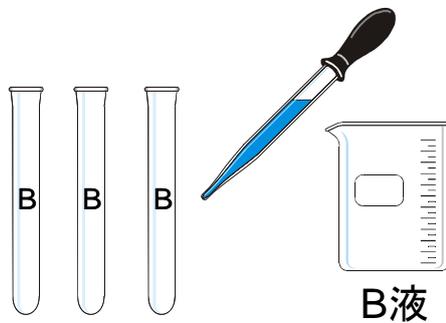
- ② 油性ペンで、培養試験管 3 本に A、試験管 3 本に B と書く。



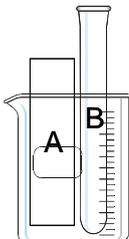
③ ①で薄めた溶液を培養試験管 3 本にそれぞれ 5 mL ずつこまごめピペットでとる.



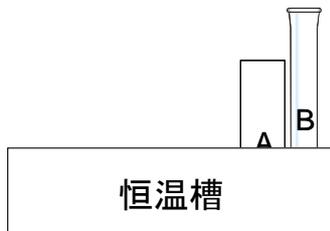
④ B 液を試験管 3 本にそれぞれ 5 mL ずつこまごめピペットでとる.



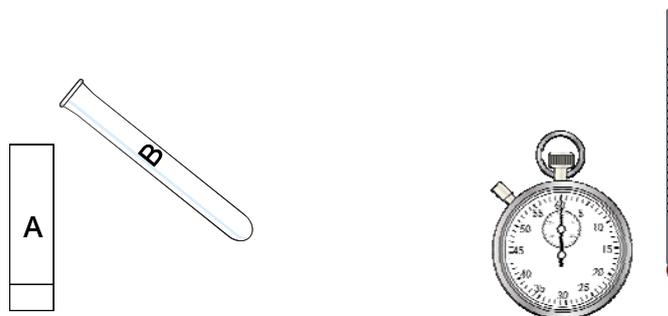
⑤ 500 mL ビーカーに氷水をつくっておき, A 液の入った培養試験管と B 液の入った試験管を 1 本ずつつけておく.



⑥ 50°Cの恒温槽に, A 液の入った培養試験管と B 液の入った試験管を 1 本ずつつけておく.



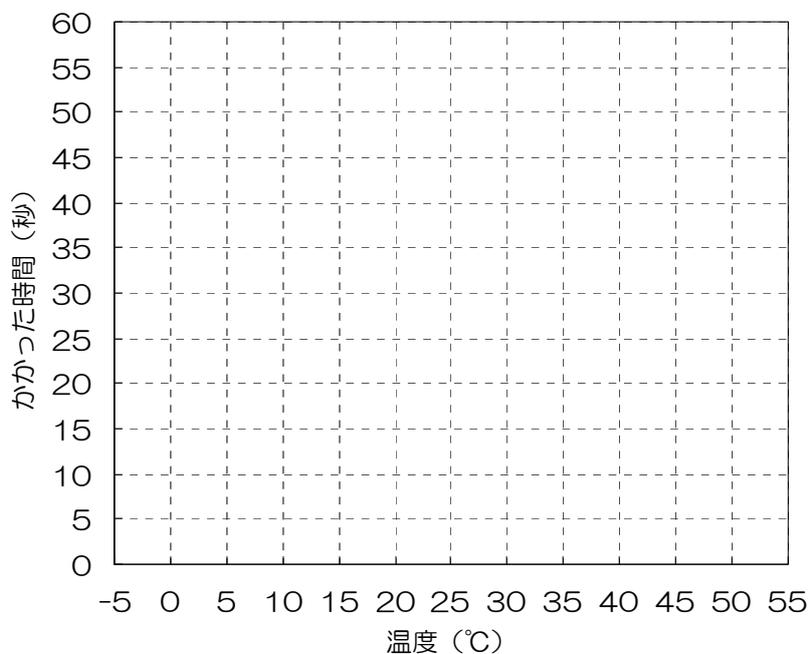
⑦ 室温について、培養試験管の A 液の温度を棒温度計ではかっておく。A 液に B 液をすばやく全量入れ（このときもう 1 人はストップウォッチをスタートさせる）2 秒ほど混合し、静置して溶液の色が変化するまでの時間をはかる。室温も記録しておく。



⑧ 氷水につけたものと、50℃の恒温槽につけたものについても同様に棒温度計で温度をはかった後、反応させてみて、溶液の色が変化するまでの時間をはかる。

	氷水 (°C)	室温 (°C)	50°C
かかった時間 (秒)			

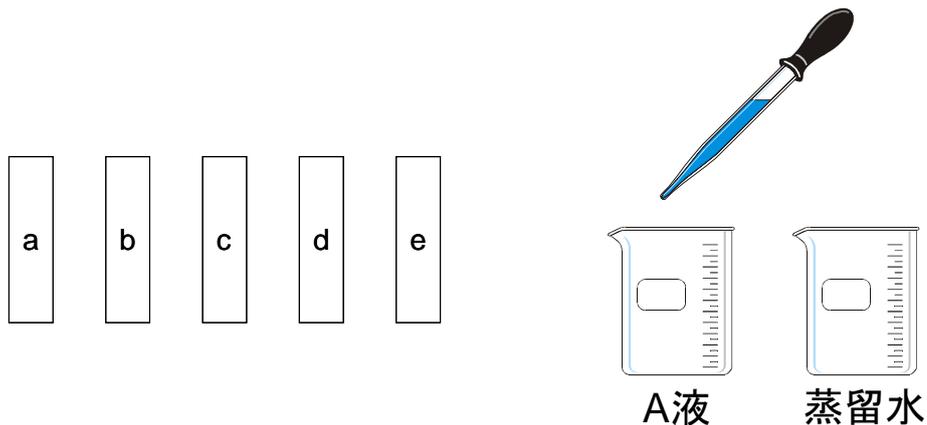
⑨ 上の表をもとに、下の図に点をプロットしてみる。



実験 1-2 濃度（亜硫酸水素ナトリウムの）と反応の速さ

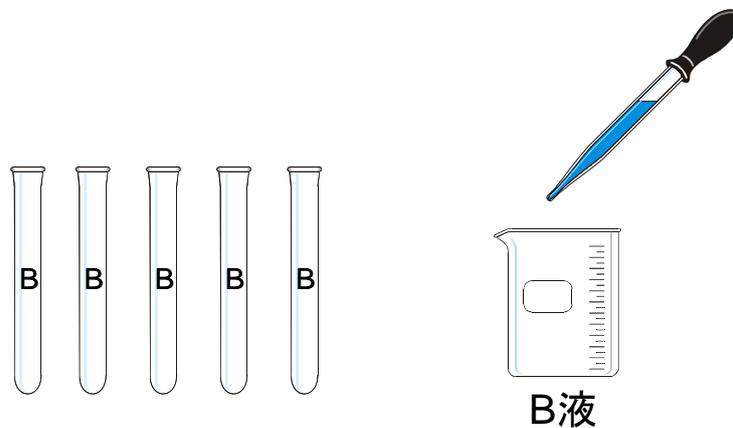
次に、化学反応の速さを決める要素として、もう一つは物質の濃度があります。亜硫酸水素ナトリウムについて濃度が異なる場合の反応の速さを調べてみましょう。実験は室温で行います。室温は記録しておきましょう。

- ① 5本の培養試験管に油性ペンでa～eと書き、A液と蒸留水を下の表に示す容量をこまごめピペットでとって混ぜ、全体を5 mLにする。

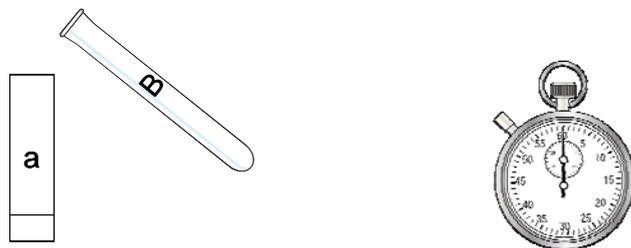


記号	a	b	c	d	e
A液 (mL)	1	2	3	4	5
蒸留水 (mL)	4	3	2	1	0
亜硫酸水素ナトリウムの濃度 (mol / L)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05

- ② 5本の試験管それぞれに油性ペンでBと書き、B液をこまごめピペットで5 mLずつとる。



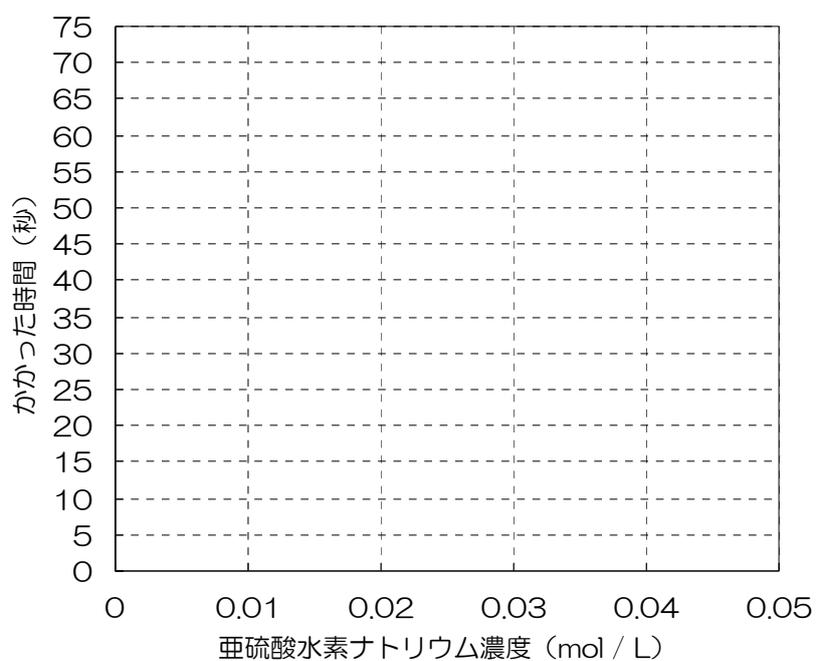
③ a の培養試験管に、B 液をすばやく混ぜ（ストップウォッチをスタートさせ）2 秒ほどよく混合し、静置して溶液の色が変化するまでの時間をはかる。



④ b~e についても、同様に反応させて、時間をはかる。

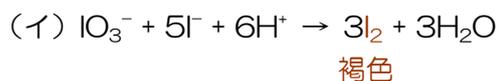
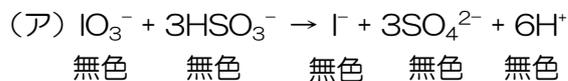
⑤ 表をもとに、下の図に点をプロットしてみる。

記号	a	b	c	d	e
A 液 (mL)	1	2	3	4	5
蒸留水 (mL)	4	3	2	1	0
亜硫酸水素ナトリウム濃度 (mol / L)	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05
かかった時間 (秒)					



原理

化学時計反応 1 (亜硫酸水素ナトリウム-ヨウ素酸カリウム系) で起こっている反応式は次のとおりです。



反応の初期段階では、(ア) の反応が起こりますが、(イ) の反応は起こらないため、溶液は無色のままとなります (ヨウ素酸イオン (IO_3^-), ヨウ化物イオン (I^-), 亜硫酸水素イオン (HSO_3^-), 硫酸イオン (SO_4^{2-}) は、無色です)。そして、ある程度時間が経過してある段階になると、突然 (イ) の反応が起きてヨウ素 (I_2) が生成するため、溶液が突然褐色になります (でんぷんが溶液に入っている場合は、ヨウ素-でんぷん反応によって紫色になります)。

溶液中に IO_3^- と I^- が存在するのに、(イ) の反応が初期段階で起こらないのはなぜでしょうか。それは、この反応には水素イオン (H^+) が必要だからです。ある一定量の H^+ がなければ (イ) の反応は起こりません。

したがって、(イ) の反応が起こるまでの時間は、(ア) の反応によって生成される H^+ の量に依存することになります。(ア) の反応によって生成される H^+ の量は、 HSO_3^- の量に依存します。すなわち、 HSO_3^- の量が多ければ多いほど、生成される H^+ の量が多くなり、(イ) の反応が早く起こることになります。

以上から、濃い HSO_3^- ほど褐色 (紫色) に変化するまでの時間が短くなることが説明できます。

実験2 化学時計反応2 (コバルト-5-Br-PAPS系) ※4人(3人)一組

金属イオンは、金属が電子を失った状態であり、水溶液中では種々の金属イオンが溶けてさまざまな色を示します。たとえば、鉄の場合は、3つ電子を失った鉄(III)イオンは黄褐色、2つ電子を失った鉄(II)イオンは淡緑色をしています。そのほかに、銅(II)イオンは青色、コバルト(II)イオンは桃色といったように、有色の金属イオンがありますが、アルミニウム(III)イオンや、亜鉛(II)イオン、カルシウム(II)イオンなど無色のものもあります。

有色の金属イオンについて、ある程度濃い水溶液は色がついているので、見た目では何の金属が溶けているのかが予想できる場合がありますが、溶液を薄めていくと溶液の色が薄まっていき、次第にただの水と区別がつかなくなってしまいます。

ここでは、見た目では水と区別がつかないような非常に薄い金属イオン(コバルト(II)イオン： Co^{2+})水溶液中の金属イオンの量を、化学反応を利用して、みなさんの目と時計(ストップウォッチ)ではかってみましょう。反応溶液を混ぜた後、ある一定の時間が過ぎると、溶液が紫色からある色へと突然変化します。

(用意してある薬品)

C液：混合溶液(コバルト-5-Br-PAPS 錯体 + 5-Br-PAPS + リン酸)

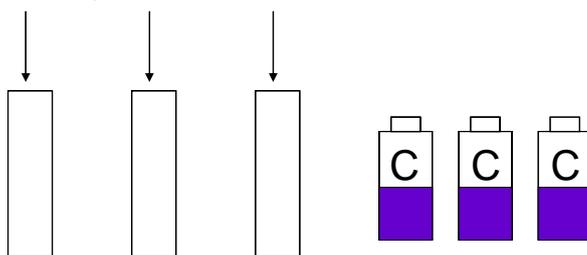
D液：2.5%オキシソーン水溶液(酸化剤)

E液： $5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ($300 \mu\text{g/L}$) コバルト(II)イオン水溶液

F液： $1.5 \times 10^{-6} \text{ mol/L}$ ($90 \mu\text{g/L}$) コバルト(II)イオン水溶液

G液：未知の溶液(実は・・・)

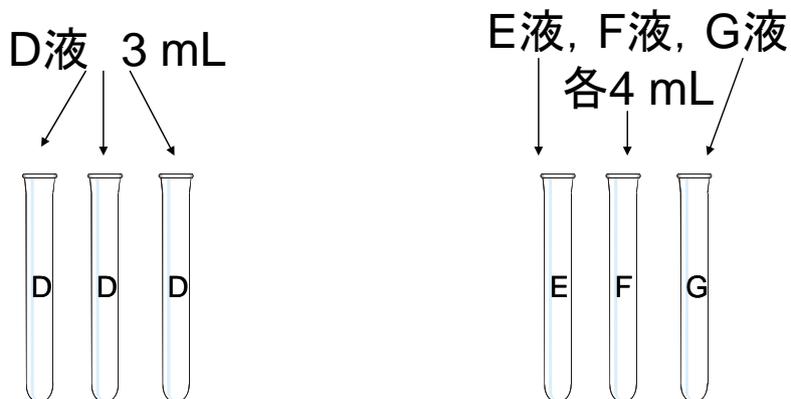
① 3本の30 mLスクリー管瓶にC液が15 mLずつ入っているので、それらを3本の培養試験管に移しかえる。



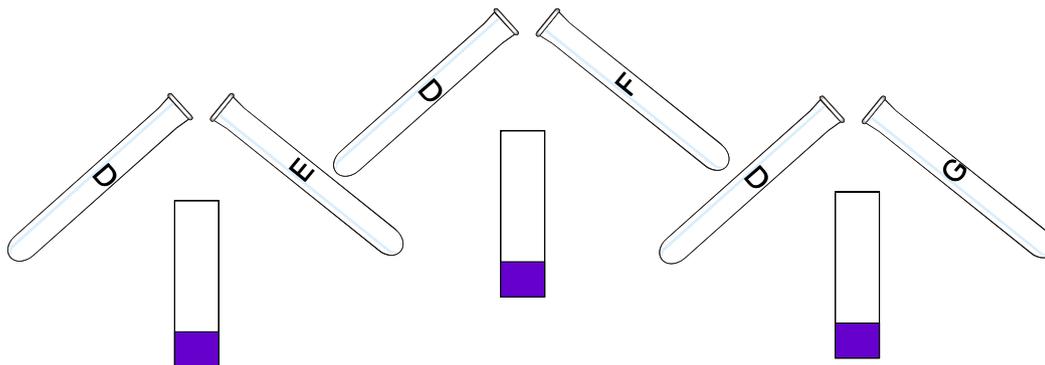
② 3本の試験管にD, 試験管1本ずつにE, F, Gと、それぞれに油性ペンで書く。



- ③ 「D」と書いた3本の試験管に、こまごめピペットでD液を3 mLずつ入れる。
 ④ 「E」「F」「G」の試験管にそれぞれ、E液、F液、G液をこまごめピペットで4 mLずつ入れる。



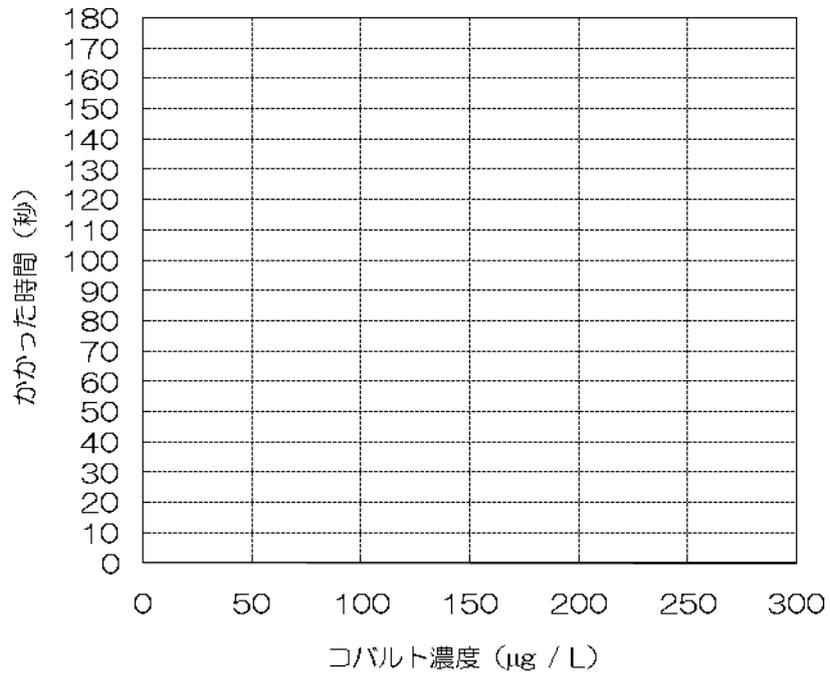
- ⑤ 3人がそれぞれ「D」と「E」、「D」と「F」、「D」と「G」の試験管を両手に持ち、それぞれ培養試験管の「C」に対して両液を3人同時に入れる、このとき、ストップウォッチ係はストップウォッチをスタートさせる。



- ⑥ それぞれの溶液の色が変化するまでの時間をはかる、

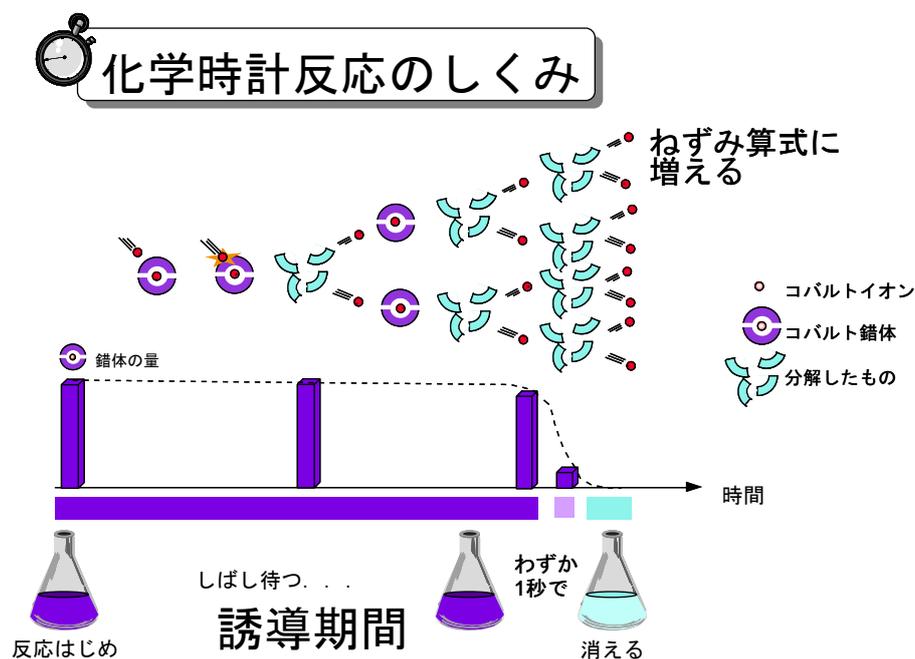
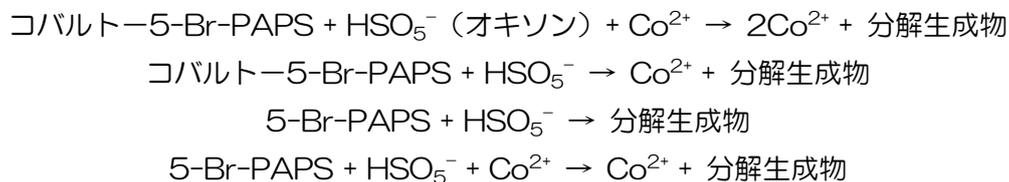
記号	「D」と「E」	「D」と「F」	「D」と「G」
かかった時間 (秒)			
Co ²⁺ 濃度 (μg/L)			

- ⑦ 上の表をもとに、次のページの図に点をプロットしてみる。



原理

化学時計反応 2 (コバルト-5-Br-PAPS 系) で起こっている反応式は次のとおり複雑です。



この反応は、自己触媒反応とも呼ばれます。上の図に、コバルト-5-Br-PAPS 錯体および 5-Br-PAPS が壊れていく様子を示します。コバルト-5-Br-PAPS 錯体は、オキシソ (酸化剤) 単独で壊される場合と、それと同時に、コバルト(III)イオンとオキシソと一緒に壊される場合もあります。すると、コバルト-5-Br-PAPS 錯体の中から、コバルト(III)イオンが出てきます。これが、他のコバルト-5-Br-PAPS 錯体を壊すコバルト(III)イオンとなって加わります。このように、壊れた錯体の中からコバルト(III)イオンが出てくるので、錯体を壊すコバルト(III)イオンの数がねずみ算式 (2^n 倍ずつ) に増えていき、ある時間が経過して最初の錯体の濃度の約半分くらいまでくると、皆さんの目にはようやく溶液の色が少し変化したように見えてきます。この状態から、数秒の間で突然紫色から無色透明へと変化します。(模式図を次の図に示します)

