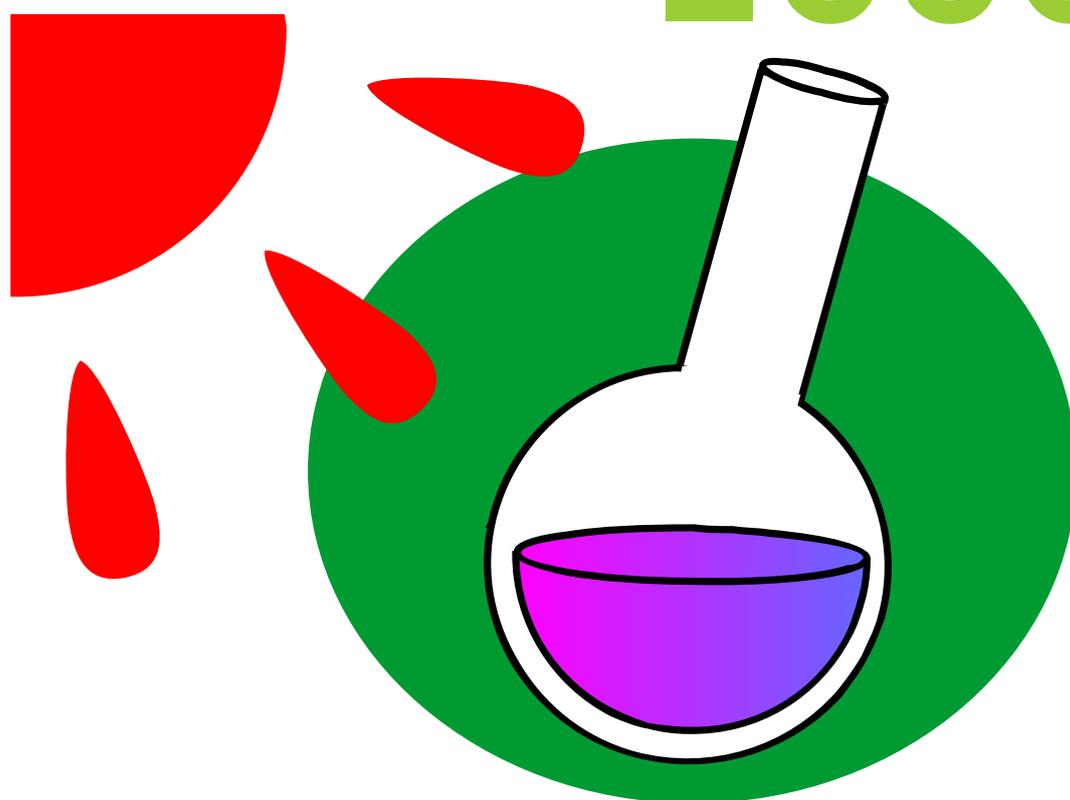


中学生のための

化学実験講座

2006



きらめく化学の世界

主催 沼津工業高等専門学校 物質工学科
日本化学会 東海支部

会期 2006年12月16日(土) 9:30~15:00

会場 沼津工業高等専門学校 物質工学科棟

日程

- 9:30 開講式
1. 開講の挨拶
 2. 日程説明
 3. 講師・スタッフ紹介
 4. 受講生自己紹介
 5. 注意事項
- 9:50 実験1「フォトクロミック物質」
- 12:00 昼休み（昼食）
- 13:00 実験2「鉄の化学反応」
- 14:30 アンケート記入
- 14:45 閉講式
1. 修了証授与
 2. 受講生の感想
 3. 閉講のあいさつ
- 15:00 解散

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。

★ 受講生

班	氏名	性別	学年
1		男	3
		女	3
		男	2
		男	2
2		女	2
		女	2
		男	2
		男	2
3		男	小6
		男	小6
		男	小6
		男	小6
4	男	2	
	男	2	
	男	2	
	男	2	

班	氏名	性別	学年
5		男	2
		男	2
		男	2
6		男	1
		男	1
		女	1
		女	1
7		男	1
		男	1
		男	1

★ 学生スタッフ

1 班		(物質工学科 4 年生)	2 班		物質工学科 3 年生)
2 班		(物質工学科 2 年生)	3 班		(物質工学科 3 年生)
3 班		(物質工学科 3 年生)	4 班		(物質工学科 3 年生)
5 班		(物質工学科 3 年生)	6 班		(物質工学科 3 年生)
6 班		(物質工学科 2 年生)	7 班		(物質工学科 3 年生)

★ 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

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

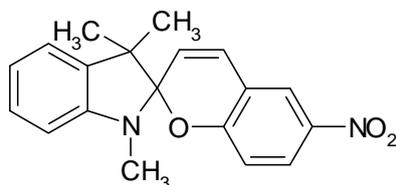
★ 補助スタッフ

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

光や熱によって可逆的に色変化する物質 ～フォトクロミック物質～

ここでは、1,3,3-トリメチルインドリノ-6'-ニトロベンゾピリロスピランという名前の物質を扱います。この物質は**スピロピラン**と呼ばれる化合物の一種です。以下この物質のことを簡単に**スピロピラン**と呼びます。



1,3,3-トリメチルインドリノ-6'-ニトロベンゾピリロスピラン

この物質は、液体、例えばトルエンに溶かしたときにはほぼ無色透明な溶液になりますが、紫外線 (UV) や太陽光を当てるとすぐに着色し始めます。紫外線を当ててのをやめてそのまま放っておいたり、溶液を温めたりすると、はじめのようにほぼ無色透明な溶液に戻ります。再び、紫外線を当てれば着色し、そのまま放っておけば元に戻ります。このように何回繰り返しても、物質が分解しないで元に戻るような変化を“**可逆的変化**”といいます。なお、このような現象が起こる原理については、後ほど説明しましょう。液体の種類によって、着色する場合があります。

前述のような性質をもつ物質のことを‘**フォトクロミック物質**’とも呼びます。この物質は、例えばプラスチックに添加してサングラスのレンズとして使われたり、自動車のサンルーフの素材として使われたりしています。太陽の光の中には、人体に有害な紫外線が含まれていますが、このようなレンズを持つサングラスを使えば、目に届く前に紫外線のある程度カットすることができます。

- (本日の実験項目)
- 実験 1. スピロピランをいろいろな液体に溶かしてみよう**
 - 実験 2. スピロピラン溶液に紫外線を当ててみよう**
 - 実験 3. 紫外線を当てて色が変化するしおりを作ってみよう**

・使用する薬品

1,3,3-トリメチルインドリノ-6'-ニトロベンゾピリロスピラン、エタノール、アセトン、トルエン、ポリメタクリル酸メチル

⚠注意 エタノール・アセトン・トルエン
揮発性液体であるため、できる限りその有害な蒸気を吸わないこと
燃えやすい液体であるため、火の取り扱いに十分注意すること

・使用する実験器具、用具および機器

銅製湯浴 (2人で1つ)、ガスバーナー、アルコール棒温度計、ミクロスパーテル、こまごめピペット、30 ml スクリュー管ビン、ブラックライト、ろ紙、シャーレ、ピンセット、油性ペン、はさみ、乾燥器

⚠注意 ブラックライトの光 (紫外線) は直接見ないこと

実験1. スピロピランをいろいろな液体に溶かしてみよう

1. 銅製の湯浴に水を半分ほど入れ、ガスバーナーで約 60°C に温めておく。
2. 天秤室へ行き、薬品ビンからスピロピラン約 2~3 mg (0.002~0.003 g) を電子天秤を使って薬包紙にはかりとる。この作業をあと 2 回繰り返して計 3 つ用意する。
3. 3 本の 30 ml スクリュー管ビンそれぞれに、先ほどはかりとったスピロピランを入れる。それぞれの 30 ml スクリュー管ビンに油性ペンで、エタノール、アセトン、トルエンと書く。
4. 3 本の 30 ml スクリュー管ビンをドラフトに持っていき、用意してある 3 種類の液体 (エタノール、アセトン、トルエン) をそれぞれ備え付けのこまごめピペットで、30 ml スクリュー管ビンに書いてある液体をそれぞれ約 10 ml ずつ入れ、キャップを硬く閉める。

液体がもれないようにキャップをきつく閉めること

5. 3 本の 30 ml スクリュー管ビンを湯浴につけて振り混ぜながら、スピロピランを完全に溶かす。
☞それぞれの溶液の色は？

エタノール	アセトン	トルエン

実験2. スピロピラン溶液に紫外線を当ててみよう

1. 実験1で使用した3種類の溶液に、ブラックライトの紫外線をそれぞれ順に約10秒間当ててみる。
☞それぞれの溶液の色は何色に変化するか？

エタノール	アセトン	トルエン

2. 溶液に紫外線を当てた後、湯浴につけて溶液の色の変化を観察する。
☞湯浴につけると溶液の色はそれぞれどのように変化するか？

エタノール	アセトン	トルエン

3. もう一度紫外線を当てた後、1~5分後にどのように変化するのが観察する。

☞紫外線を当てた後、時間が経つと溶液の色はそれぞれどのように変化するか？

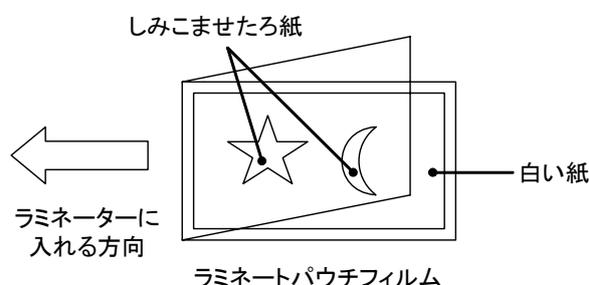
エタノール	アセトン	トルエン

実験3. 紫外線を当てて色が変化するしおりを作ってみよう

1. 名刺サイズのラミネートパウチフィルムを1人一枚用意する。
2. ラミネートパウチフィルムの中に入る大きさにいろいろな形にろ紙を切る。
※いろいろな形“きりがみ”の例については次のページ以降を参照のこと
3. シャーレに、先程のスピロピランを溶かしたエタノール溶液を全量移す。
4. シャーレの中のエタノール溶液にいろいろな形に切ったろ紙をひたす。
5. ピンセットでろ紙を引き上げ、新聞紙の上で乾かす。
6. フィルムより少し小さめに切った白い紙をフィルムにはさむ。

7. 白い紙の上に、乾かしたろ紙をはさみこむ。

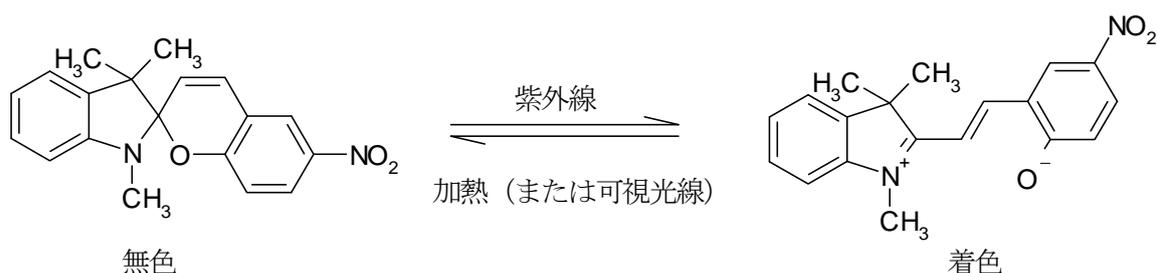
8. ラミネーターでラミネート加工する。



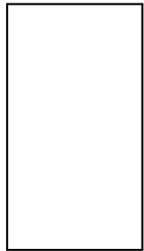
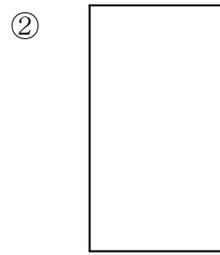
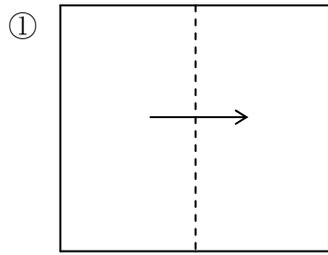
9. ラミネート加工したしおりの上から紫外線を照射してみる。

☞ろ紙の色はどのように変化するか？

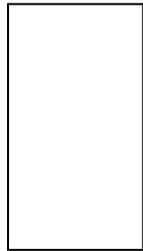
(可逆的変化をする原理)



◎ “きりがみ” の作り方の例



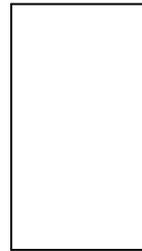
蝶 (ちょう)



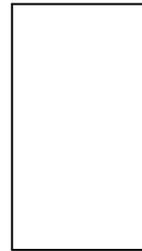
チューリップ



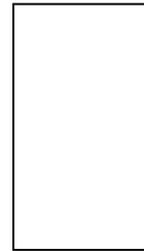
あさがお



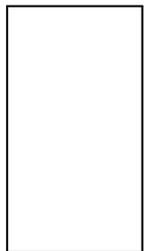
あさがおの葉



柿の葉



栗の葉



もみじ



いちょう



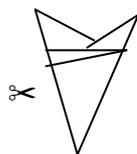
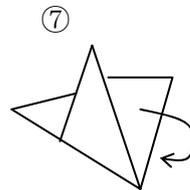
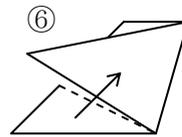
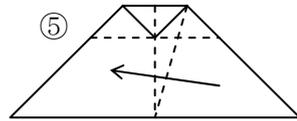
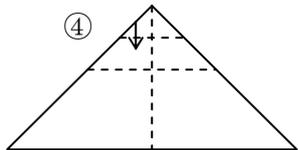
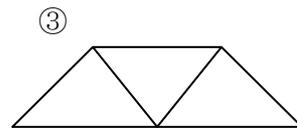
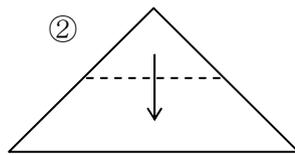
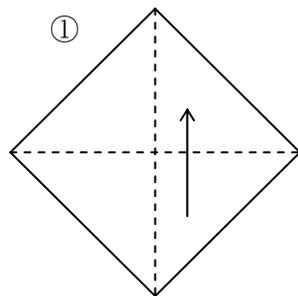
ポプラ



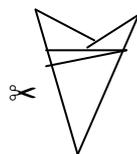
ゆきだるま



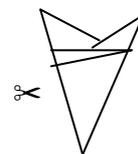
クリスマスツリー



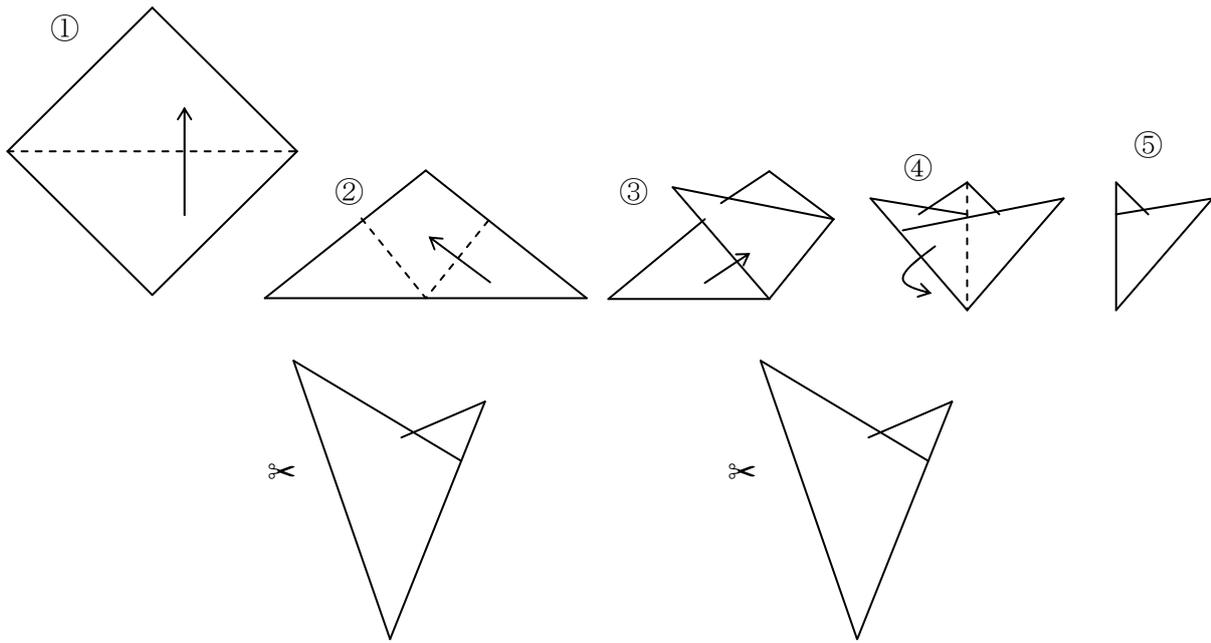
ももの花



さくらの花



星



雪模様

高橋春雄著, 「カラー おりがみあそび」, 有紀書房. より抜粋

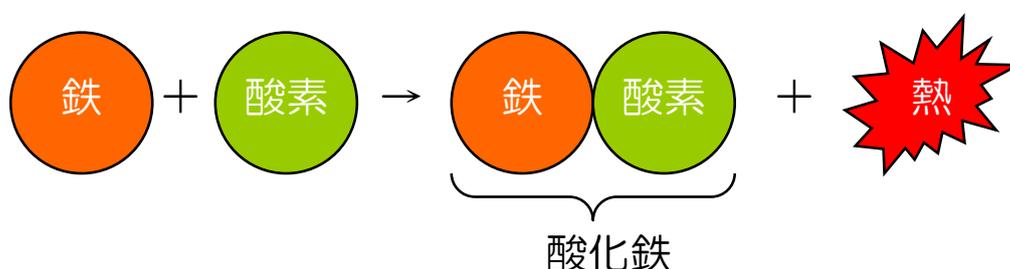
鉄の化学反応に関する実験

鉄は安価に使用でき、強度も強いために最も広く使われている金属ですが、その一方でさびると強度が弱くなってしまいうという欠点もあります。この実験では鉄の反応を通じて化学反応の起こりやすさを考えるとともに、さびを防ぐ方法としてメッキを扱います。

実験 A. 使い捨てカイロの中の食塩を探せ!

[はじめに]

寒い冬には手放せない使い捨てカイロ（化学カイロ）は、鉄粉が空気中の酸素と反応するときに発生する熱を利用しています。



使い捨てカイロに書かれている成分表をみると、鉄粉以外にも食塩（塩類）などが入っていることがわかります。この実験では炎色反応を利用して、使い捨てカイロに食塩が入っていることを確認しましょう。

[実験]

1. 塩化ナトリウム（食塩）3g を 100ml の蒸留水に溶かして、3%の食塩水を 300ml のビーカーに作る。この食塩水の作成は班に一つで行うが、以下の操作はすべて一人ずつ行う。
2. 使い捨てカイロの中身を薬さじ一杯程度とり、100ml のビーカーに入れ、30ml 程度の蒸留水に溶かす（全部は溶けない）。
3. 蒸留水に溶かした溶液をろ過する。
4. 白金線に食塩水をつけ、ガスバーナーの酸化炎（外側の青い炎）の中に入れる。炎色反応が起こるので、色を観察する。

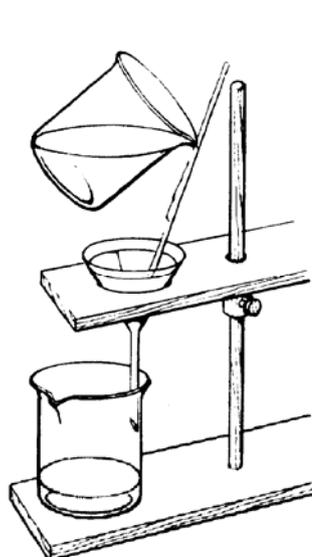


図1 ろ過のしかた

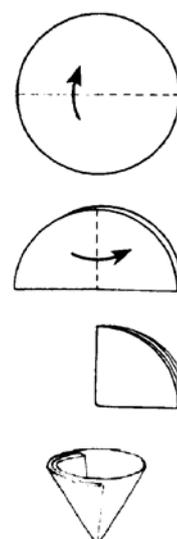


図2 ろ紙の折り方

5. 炎色反応が起こらなくなったら、白金線にろ液をつけ、再びガスバーナーの酸化炎の中に入れる。食塩水の時と同じ色を示したら、ろ液の中に食塩水が含まれていると考えよう。

【解説】

この実験では食塩の存在を、炎色反応を利用して確かめています。炎色反応は、物質が炎の中で特有の色を出す現象で、物質によって次のような色を示します。

表 1 炎色反応の例

物質	リチウム	ナトリウム	カリウム	銅
色	赤	黄	赤紫	青緑

食塩の中には、炎色反応で黄色を示すナトリウムが含まれています。

実験 B. 食塩の働きは何？

【はじめに】

実験 A では、使い捨てカイロの中に食塩が入っていることを確かめました。この食塩は、鉄粉と酸素の反応を速める役目をしています。この実験では、その役目を確認しましょう。

【実験】

- 鉄板の片面をサンドペーパーでよく磨く。
- 実験 A で作成した 3%食塩水に、ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウムを少量溶かす。薄く色がつく程度が目安。さらにフェノールフタレイン溶液を数滴入れ、ガラス棒でよく混ぜる。これを「**A.食塩試薬**」とする。(班で一つ作成)
- 別の 100ml ビーカーに、蒸留水をビーカーに半分程度とり、1. と同様に少量のヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウムと数滴のフェノールフタレインを入れ、ガラス棒でよく混ぜる。これを「**B.食塩なし試薬**」とする。(班で一つ作成)
- 鉄板の片面に「**A.食塩試薬**」と「**B.食塩なし試薬**」を、それぞれ直径が 2cm 程度になるように、サンドペーパーで磨いた面に駒込ピペットを用いて滴下する。この時、2 つの試薬が鉄板上で混ざらないように注意すること。また駒込ピペットは、それぞれの試薬用に 2 つ用意するので、混用しないように注意する。
- 滴下した試薬の変化の様子を観察する。
 - 「**A.食塩試薬**」の中心部が青緑色になり、それが時間とともに周辺部に向かって広がる。
 - 「**A.食塩試薬**」の周辺部が赤色になり、それが時間とともに内部に向かって広がる。

る。この現象は、a. の現象とほぼ同時に起こる。

- c. やがて、中心部の青緑色と周辺部の赤色の境目が白色になり、次第に黄土色になる。
- d. 『**B.食塩なし試薬**』については、時間が遅れて同じ現象が観察される。

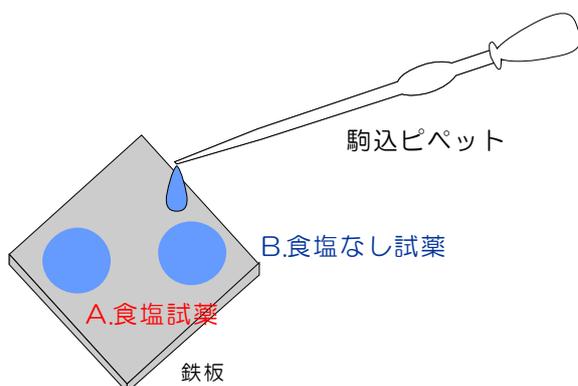


図3 鉄板の上にA,B二つの試薬を滴下する

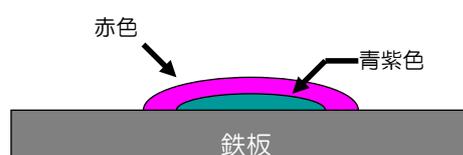


図4 鉄板の表面の反応

[解説]

この実験では、鉄のさび方を観察するエバンス法と呼ばれる方法を利用して、反応の速さの違いを観察しています。エバンス法には次の2種類の試薬が入っており、その役割はそれぞれ次のようです。

- ・ ① ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム
鉄が酸素と反応できる状態になったときに青い物質を生成します。
- ・ ② フェノールフタレイン
酸素が鉄と反応できる状態になったときに、赤い色を示します。

鉄が酸素と反応してさびる反応は、鉄板の表面の鉄と、空気中の酸素との反応なので、試薬と触れている鉄板の部分が青くなるとともに、試薬の周辺部が赤くなります。『**A.食塩試薬**』が『**B.食塩なし試薬**』よりも早く反応することから、食塩が反応を早くしていることがわかります。

なお、鉄の酸素との反応における食塩のように、反応の速さを調整する物質を「^{しよくばい}触媒」といいます。短時間に大量の物質を合成する必要がある化学工業などでは、触媒の働きが大変重要になります。また、反応が遅すぎて見た目では反応が起きていないように見える反応も、触媒を加えることで、目に見える速度で反応を起こすこともできます。

C. 自然に発火する酸化鉄

【はじめに】

化学反応を早めるには、食塩のような反応を速める物質を加えることが一般的な方法ですが、他の方法でも反応を速くすることができます。ここでは粒子が細かくなると反応が速やかに起こることを見てみましょう。

【実験】 ★この実験は学生スタッフが行いますので、よく観察しましょう

1. 試験管に、葉さじ 1 杯程度のシュウ酸鉄(Ⅲ)二水和物をいれる。
2. 試験管はさみを用いて、シュウ酸鉄(Ⅲ)二水和物を入れた試験管をバーナーで熱する。この時、試験管を寝かせずに、試験管の底に入れた試薬にバーナーの炎があたるように熱する。試料は徐々に黒色微粉末になる。
3. 3~4 分で加熱をやめ、直ちに試験管にゴム栓をする。この時、はじめはゆるめに栓をして、冷えてからしっかり栓をする。
4. アルミホイルを敷いた上で、試験管の栓を開け、試料を空気中に落とす。黒色粉末は自然発火する。

【解説】

シュウ酸鉄(Ⅲ)二水和物を熱すると、非常に細かい粒子の酸化鉄になります。この細かい粒子の酸化鉄が空気に触れると、空気中の酸素と急激に反応が起き、自然発火します。

では、なぜ粒子が細かくなると反応が速くなるのでしょうか。物質はすべて、非常に小さい、原子と呼ばれるものからできています。原子の一つ一つはとても小さいので目には見えませんが、これらの原子がたくさん集まって物質を作っています。

原子が集まっているというのは、原子同士が手をつないでいることに例えられます。物質の内部の原子は、その周りの原子と手をつなぎ合っていますが、表面にある原子は手をつなく相手がいないので、常に相手を探しています。ですから酸素があれば、酸素と手をつないで、酸化鉄を作ろうとします。

粒子が小さくなればなるほど、粒子の体積に対する表面積の割合が増加するので、全体として反応が速くなります。

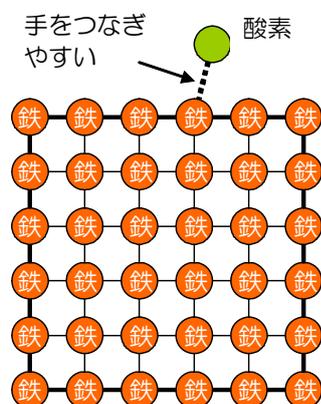


図5 この絵では、内部の鉄は他の4つの鉄と手をつないでいるが、表面の鉄は手をつなく相手が少ないので、手をつなぎたがっている。

D. ニッケルメッキ

【はじめに】

さび（酸化鉄）は空気とふれあっている部分から生じるのですから、空気とふれあっている部分をさびにくい金属で覆うことで、さびの発生を抑えることができます。

ある金属の表面を他の金属で覆うことをめっきと言います。鉄の場合は亜鉛で覆うことで、さびの発生を抑えます¹。

ここでは同じ原理で、銅版のまわりにニッケルをめっきする実験を行います。

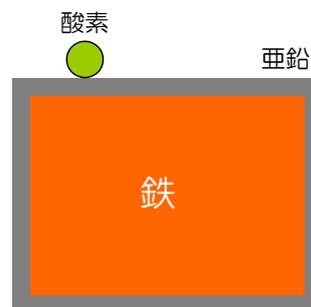


図6 鉄のまわりを亜鉛でめっきすることで、さびにくくします。

【実験】

1. 銅板をサンドペーパーでよく磨く。
2. メッキ液をメッキ浴（プラスチック製の容器）の中に、メッキ浴に書かれている線まで入れる。
3. 電源の陰極（一極）に黒いコード線を、正極（+極）に赤いコード線をさす。
4. ニッケル板と銅板をメッキ浴の中におき、ニッケル板に赤いコード線（+極）を、銅板に黒いコード線（一極）をつなげる。
5. 約 30 秒程度通電して、銅板の周りにニッケルをめっきする。
6. ニッケルでめっきされた銅板を水でよく洗い、ウェスにて水分をよく拭き取る。

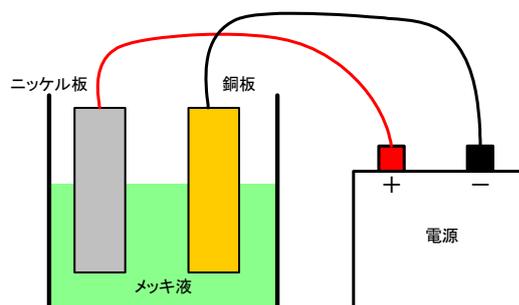


図7 ニッケルメッキ

【解説】

銅板のまわりにニッケルをめっきすることで、銅をさびにくくするとともに、ニッケル特有の光沢を得ることができます。メッキの過程においては、陽極につないだニッケル板は、電気エネルギーによりメッキ液の中に溶け出します。一方で陰極につないだ銅板の周りでは電気エネルギーによってメッキ液の中に溶けているニッケルが析出します。このように電気によって物質を変化させる分野を「電気化学」と言い、メッキ工業においては大事な分野です。

なお、さびにくい鉄を得るためには、メッキで覆うのではなく、鉄の中にさびにくい金属を混ぜることもよい方法です。鉄にクロムとニッケルを混ぜたステンレスは、丈夫な鉄鋼材料として幅広く使用されています。

¹ さらにそのまわりをクロムでめっきすることで、より丈夫で美しい製品にすることも可能です。