

アルケミストの化学実験室

岩手県 高橋 匡之

高橋：ようこそ「アルケミストの実験室」へお越しいただきました。私はアルケミストの会の事務局を担当しています。岩手の高橋と申します。アルケミストの会は全国に会員がいて、普段は授業プリントの交換などを年に4回やっています。実は、今日もどんな風にやるかという事は、全く打ち合わせがないままには、ここにきて出しものの順番とそれぞれの持ち時間を10分で行う事を決めました。おそらく、スムーズに進行するものと思います。

それでは、さっそくライターを始めたいと思います。トップバッターは、京都の杉原さんです。よろしくお願いします。

1 ロバーバル機構 (杉原和男 京都)

最初にこういう像がでてきました。みなさんもどこかで見た事があると思います。目隠しをした女性。足元にはへびがおりますね。左には剣をもって、天秤をもっています。非常に危険な世界ですね。誰かご存じですか。これはテミスです。ゼウスの2番目の奥さんです。あちこちに像があります。

中央大学とか最高裁などです。これは弁護士のパッチです。パッチのまん中に天秤、これは司法の象徴なんです。この天秤は、お皿がぶら下がっております。天秤の原点は、お皿がぶら下がっているわけです。今は、上皿の時代です。この間に、非常に大きな転換があったわけです。左側が上皿自動ばかり、右側が上皿天秤。化学実験は、上皿天秤でやっておりますね。やっ



テミス (Themis)
ギリシア神話の法・掟の女神
(ゼウスの二番目の妻)

と、アルケミストらしくなってきましたね。実は私、この上皿天秤が大好きです。そういうことで、今日のお話になったということです。上皿自動ばかり、これは重力を測っているんじゃないかと、だから場所によって、値が変わったりして、最終的には使いづらいとよく言われます。金やダイヤモンドを測る場合は、ほんのわずかで、ものすごく鑑定価格が変わりますから、上皿ばかりで測ることはあり得ない。こういうものを測るときには、天秤というふうに昔からなっております。

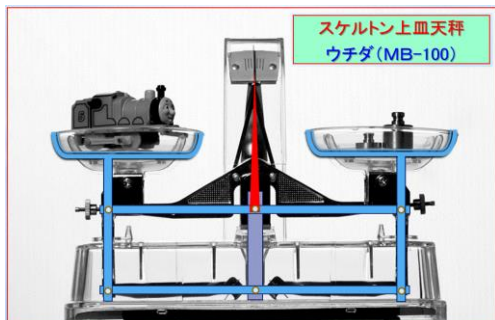
天秤は、質量を測ることができます。だから化学実験では、上皿天秤を使ってきました。しかし、時代はどんどん変わります。このような電子ばかりが一般的になりました。「電子ばかり」と書いてありますが、場合によっては「電子天秤」と書いてあるものもあります。

「天秤はないだろう！ つり合いがないものに天秤というのはインチキじゃないかと思っていました。」滋賀県にありますイシダの工場に行きまして、技術者の方とお話をしてみました。「この器械で質量測定はできませんよね。」とチラッと言いましたら、「質量測定できてますが…。何をおっしゃるんですか？」と逆に疑問を返されました。そして彼が言ったのは「出荷地域にあわせて、調整してます。」

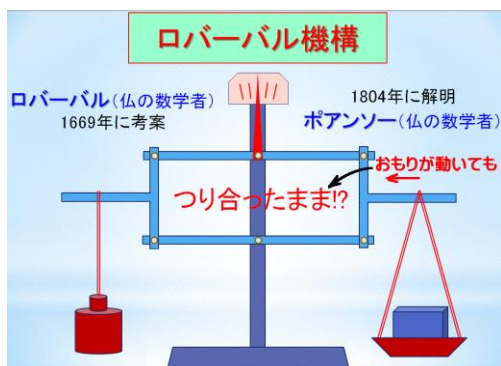
「エーッ！！」と驚きました。出荷地域は、細かく分けられているんですって、さらに、「標準分銅で校正できる機種や、標準分銅が内蔵されていて測定ごとに校正される機種もあります。だからちゃんと質量測定はできます。」そこで、はじめてわかりました。上皿天秤だって、重力を利用しているだけで $F=mg$ の F を測定しているわけですから、結局は質量測定できていないんです。電子ばかりも、ちょっと時間差がありますが上皿天秤と原理一緒なんです。ところが技術屋さんは、「ちゃ

んと質量測定できる。」とおっしゃる、その辺の誤解がありました。それが一つ。

ロバーバル機構ですが、お皿は常に水平を保ちます。台の中に秘密が隠されているんですね。これリンク機構といいます。ウチダの上皿天秤を見ますと、中がこうなっております。このように平行四辺形メカがありまして、



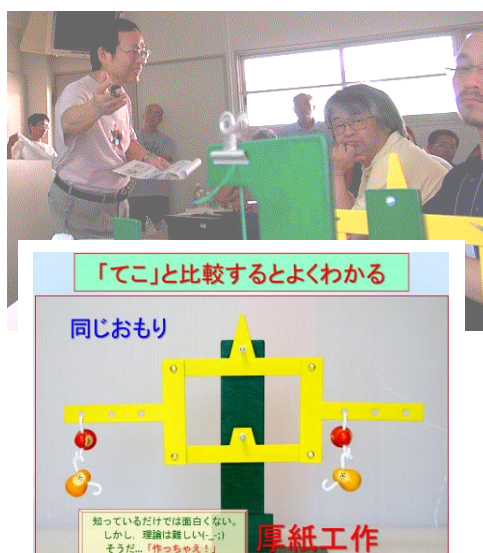
この上に、皿がのっている。リンク機構というのは、自動車のレーシングカーのタイヤがそうなんです。今日、お話ししたいことがもう一つあります。錘の位置を左右に動かしても



つりあったままなのです。これは「てこの原理」からいうと変です。「てこの原理」は小学校の主要教材ですが、こんなことはあり得ないですね。この不思議な仕組みを見つけたのはロバーバル、フランスの数学者です。1669年に考案しました。彼は偶然に見つけたもので、数学的に証明できませんでした。かなりの難題だったようで、ポアンソー(仏)が135年後にやっと証明に成功します。

これが、上皿天秤の基本になったんです。「てこ」では、「おもりの位置を動かすとつり合わない。」と学んだのに、上皿天秤では皿の

どこにおもりを置いてもよいのです。そこに、ロバーバル機構という不思議で見事な仕組みがあったんですね。上皿ですから、ものが出し入れしやすく、扱いやすくなります。こういうことを知識として知っているだけではしょうがない。数学的に証明できるかといったら、私にも難しくてわからない。だったら「つくっちゃえ!」ということで、厚紙工作で作ったものがこちらにございます。こういうことをお楽しみ広場で紹介させていただきました。ものを作って見せることが非常に大切なんだろうと思います。



ロバーバル機構は、平行四辺形半分だけでも成立するんですね。自動上皿ばかりをあげてみますと、ロバーバル機構があります。



これが台所で使うキッチンばかり、ここにもロバーバル機構が使われていますね。百均で測りを買いました。ここにもロバーバル機構があります。百均であろうが、高級品であろうが、原理は同じなんですね。これが科学なんだと思いました。

2 燃焼の実験 (岡田晴彦 愛知)

コーヒーのこういう形の缶がありますね。この缶の横のところに直径 5mm 位の穴を開けます。霧吹きで、エタノールを入れます、チャッカマンで火をつけるだけです。音します。今日は、これが目的ではないんです。紙コップを少し切り



まして、缶コーヒーの口にはめ込みます。そして、その上からチップスターの容器を紙コップの上から、さらにはめ込みます。こうやってつけますと、なかなか楽しいことがおこります。結構音が高いので、ドアを開けますか。筒をつけるだけでこんなに違うものかと…。じゃあいきます。バーン！！



「オオー！！」

長い筒だと 10m 以上あがっていきます。なかなか楽しいです。500mL のアルミ缶があるんですけど、この蓋の部分に穴を開けてあります。アルミ缶にエタノールを入れて、この穴から点火しますと飛んでいくわけです。今日は、床を飛ばしたいと思います。ちょっと机を移動して下さい。今日は、暑いのでうまくいくと思います。じゃあ点火します。「シューッ！！」

「オオー！！」

ペットボトルでやると、透明なので燃えるの

が明るく見えます。じゃあ、電気を消して下さい。うまくいかないことも、たくさんあります。じゃあ、点火！！「シューッ！！」



「オオー！！」

うまくいきました。明るく燃えるのが、よく見えます。

光の実験 赤外線を見る 実験

テレビのリモコンからは、赤外線がでています。これをタブレットの裏から当ててやるとタブレットの画面(白)に光が見えてきますが、見えますか？じゃあ光源に、ガラスを置いたら、見えますか？ということをやってみます。見えますか？「オオー」。じゃあ、水を置いたら見えますか？「アアー！！」このように、水

とかガラスは赤外線を通すということを実験で示すことができます。

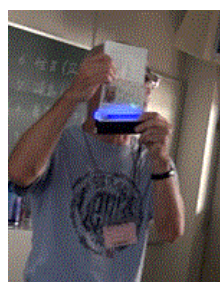


とかガラスは赤外線を通すということを実験で示すこ

とができます。

ブラックライトで蛍光を見よう！！

送られてきたハガキにブラックライトをあてると、バーコードが見えます。パスポートにあてると、写真が浮き出ます。「オオー」



入国の審査の時に、係の方が、紫外線をあてて、パスポートの確認をしているそうです。こういうインクがないかなと思って探してみましたら、ブラックライトペンというのがありまして、このペンで文字を書くと全く見えません。でもブラック

ライトをあてると見えます。じゃあ、さっきのガラスを通すかどうか。やってみるとガラス通します。波長の長いUVAは、ガラス通すんですね、波長の短いUVBはガラス通さないんです。最後に紹介だけ。「忍者絵の具」です。は虫類もUVBがないと、ビタミンAができなくて、活力がおきないですね。部屋の中で飼っている、は虫類にあてる紫外線というのが売っています。

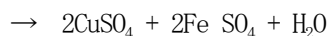
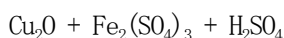
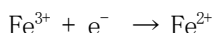
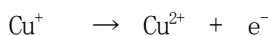


「そんなの売ってるの？」売ってます。これがあると、紫外線の実験がいろいろとできて便利です。以上です。

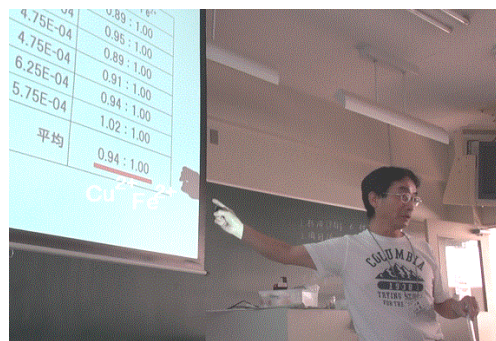
3 銀樹に現れる赤褐色の物質は何か (山本喜一 千葉)

昨年科学部で研究した内容です。千葉県で知事賞をもらいまして、学生科学賞で、1等ですから、全国でベスト16に入った研究です。硝酸銀水溶液の中に、銅板を入れるんですね。イオン化傾向の差で、銀樹もできるんですけど、この中に赤茶色の物質ができるんですね。これ銀樹が崩れちゃって、赤茶色の物質が見にくいんですけど、まわして見て下さい。この赤茶色の物質は何なのかということの研究したんですね。このビンの中青い色していますが、この青い色がなくなっちゃうんですね。ずーっとおいておくと、無色透明になります。その液をろ過して、この銀樹と赤茶色の物質だけにして、そこに塩酸を入れたんですね。銅は、塩酸に溶けませんので、塩酸に溶けちゃったら、金属の銅ではないということになりますので、先ほど塩酸を入れておきました。溶けるんですね。その溶けた部分を試験管に取り出して、アンモニア水を入れます。銅だったら、錯イオンができて、青い色になるんですね。アンモニア水を入れるとこうなります。だから塩酸に溶けるんです

ね。赤茶色の物質は、金属の銅ではないということが、わかったんですけども、 Cu^+ か Cu^{2+} の化合物である。この赤褐色の物質と硫酸酸性の硫酸鉄(III)を反応させます。 Cu_2O だったら Cu^{2+} と Fe^{2+} が1:1で、できるんですね。

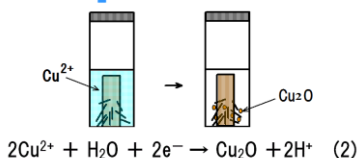


できた Cu^{2+} は、アンモニア錯イオン作って、吸光度を測定しました。 Fe^{2+} は、過マンガン酸カリウムで定量しました。その結果がこちらです。 Cu^{2+} と Fe^{2+} は、ほぼ1:1です。

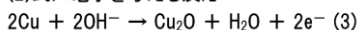


ブドウ糖から、フェーリング反応で生成した Cu_2O も調べてみました。平均すると Cu^{2+} と Fe^{2+} は、0.93:1.00、ほぼ1:1。茶褐色の物質は Cu_2O に違いない。じゃあそれがどうしてできるかですね。

Cu_2O 生成反応の候補



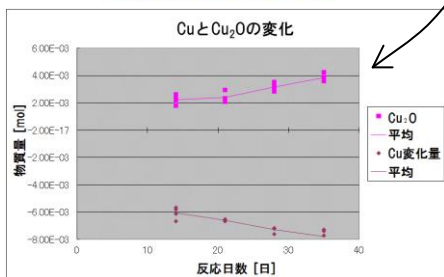
(2)式に電子を与える反応



青い溶液 Cu^{2+} が消えて赤茶色の物質ができますので、(2)の反応が起こっているだろう

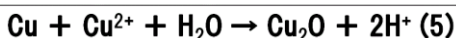
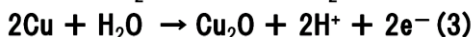
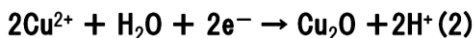
う。じゃあ、だれがこの電子をくれるかですね。考えられるのは、(3)未反応の銅が電子をくれる。それからできた銀樹が電子を与える。どちらかですね。銀ではないんじゃないかなと思うのですが。でやってみたところ、 Ag^+ の濃度は増えません。だから銀樹が溶けて Ag^+ になるという反応は起こっていない。

ところがCuはどんどん減っていきます。



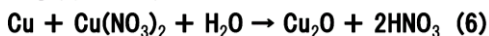
Cuは1ヵ月後も減り続け、Cu₂Oは増加した。

それにつれてCu₂Oが増えます。だから、電子を与えているのは、銅が電子を与えている(3)。その電子をもらってCu²⁺は還元されている(2)。まとめると(5)式になる。



反応式にすると、これ。

化学反応式にすると



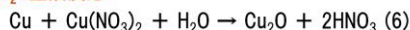
ここまでわかった。ここまでだったら、たぶん賞には、はいんないですね。この反応では何が何molできるだろうか、計算しました。

Cu₂Oは何mol生成されるか

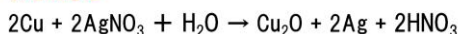
銅と硝酸銀水溶液の反応



Cu₂O生成反応



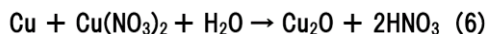
まとめると



10E-3mol (0.65g)
(0.1 mol/L)
(10 mL)

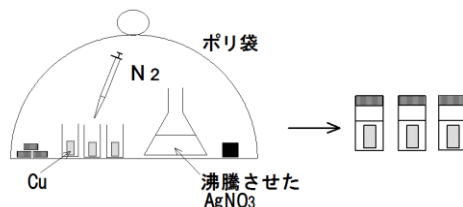
0.5E-3mol

最初に硝酸銀水溶液は、0.1mol/Lで10mL使っていますので、この反応のできるCu₂Oは0.5×10⁻³molのはずなんですね。それ以上できない。ところが、4/1000molできているんですね。8倍できているんです。だから別な反応が起こっているはずだと考えました。では、何が起きているのだろうか。まず、溶存酸素がなんか影響しているんじゃないか。これ考えると、反応で硝酸ができていますね、実はあまり硝酸を考えたくなかった。



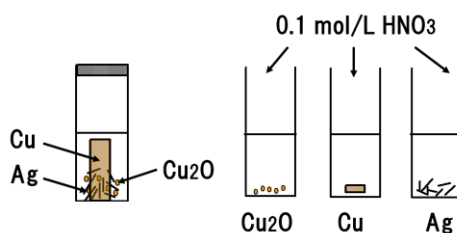
硝酸は、酸化剤なので、Cu₂OをCu²⁺にしちゃうんですね。せっかくできたCu₂Oを減らしちゃうんじゃないかと思ったんですね。では、酸素のない条件で、反応させてみようと思ったわけですね。

酸素のない条件で反応させてみた。



窒素を入れた袋の中で、酸素を追い出した硝酸銀を入れてみました。これが結果ですけど、酸素がないとちょっとCu₂Oが少ない結果がでできます。硝酸は、反応しているだろうか硝酸イオンを定量しました。ブルシン法というやつで。すると硝酸イオンがどんどん減っているんですね。1ヶ月以上たつと硝酸なくなっちゃうんです。じゃあ硝酸はなんと反応しているか。考えられるのは、

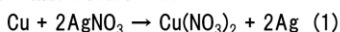
硝酸は何と反応しているのか



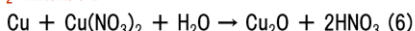
考えられるのは、酸化銅 (I) と銅と銀ですね。そこで、それぞれに 0.1mol/L 硝酸を入れてみました。一番反応したのがやっぱり、Cu₂O でした。一端できた Cu₂O が硝酸に溶けちゃうわけですね。

硝酸の反応によるCu₂Oの増加

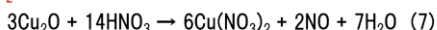
銅と硝酸銀水溶液の反応



Cu₂O生成反応



Cu₂Oと硝酸の反応(希硝酸としての反応)

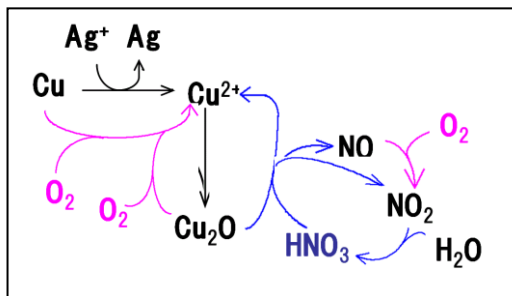


まとめると



10E-3 1.0E-3 2.0E-3

(1) 番の反応は、教科書に出ている銀樹のできる反応です。(6) の反応で、未反応の銅と(1) でできた硝酸銅 Cu(NO₃)₂ が反応して、酸化銅 (I) Cu₂O ができるわけですね。(7) は、Cu₂O が硝酸に溶ける反応です。3つまとめると(8) 式になりますね。これで量を計算すると、さっきよりも Cu₂O は増えるんです。2×10⁻³mol これらのことから、硝酸が関係していることと、溶存酸素が関係していることがわかりました。



まとめると、このようになります。硝酸銀に銅を入れます。銀樹ができて、Cu²⁺ができます。ここまででは、教科書通りです。できた Cu²⁺ を未反応の銅が還元します。Cu²⁺ も Cu も Cu₂O になりますね。できた Cu₂O に硝酸が反応すると、再び Cu²⁺ になります。Cu²⁺ ができると未反応の Cu があれば、また Cu₂O になるというわけです。ここがどんどんまわることによって

Cu₂O が増えるということになるわけです。硝酸は酸化剤としてはたらいて、Cu₂O (Cu⁺) を溶かすんだけど、Cu²⁺を生産すればするほど未反応の Cu が、どんどん Cu₂O を生産するということがわかったんですね。結論です。

結論

- ・銀樹に現れる赤褐色の物質はCu₂Oである。
- ・Cu₂OはCu²⁺がCuで還元される反応で生じる。

$$\text{Cu} + \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu}_2\text{O} + 2\text{HNO}_3$$
- ・Cu²⁺は次の反応で生じる
 CuとAgNO₃との反応

$$\text{Cu} + 2\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{Ag}$$
 Cu₂OとHNO₃との反応

$$3\text{Cu}_2\text{O} + 14\text{HNO}_3 \rightarrow 6\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO} + 7\text{H}_2\text{O}$$

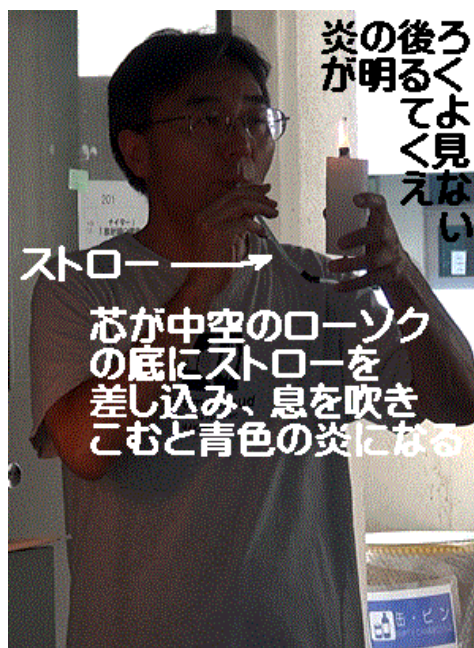
$$\text{Cu}_2\text{O} + 6\text{HNO}_3 \rightarrow 2\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{NO}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$$
 溶存酸素による反応

硝酸と溶存酸素によって、Cu₂Oが増えるというものです。

時間がなかったのものですから、早口で説明してしまいましたが、詳しくはレポートをご覧ください。

4 炎色ローソク

(藤田 勲 埼玉)



このローソク、芯が中空なんですね。ストローで、息を吹き込むと芯が短くなって青い炎がでますよね。完全燃焼してガスバーナー

と同じような色になるわけですね。完全燃焼すれば、炎色反応するわけですから、芯のまわりのろ紙に塩化銅をしみ込ませるんです。すると、これ銅の炎色反応がおきます。「オオーッ!!」こっちは塩化リチウムをしみ込ませているわけですから、赤い炎になります。「オオー!!」こういうローソクができます。授業では、ローソクが燃えるとススがでる話と完全燃焼するとスガが消えてなくなり、このまわりには CO_2 がでてくる。もう一つは、酸素を通せば完全燃焼して、青い炎がでるよという話をします。元素の中には、炎色反応をするものもあるよと説明しています。

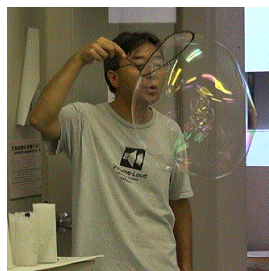
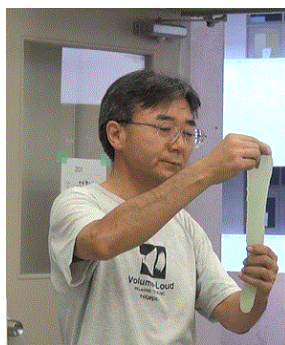
新PVAスライム

洗濯ノリ（ポリビニルアルコール）を使ったスライムに、タラガムを加えてスライムを作ると、結構弾力のあるスライムになるんですね。これがタラガムという豆からとった、食品用のノリです。これにプロピレングリコールを入れて、かき混ぜてノリを分散させます。よく分散させたら、2倍に薄めた洗濯ノリを入れます。こうすると手にくっつかない、弾力の強いスライムができます。ここに硼砂の飽和水溶液を 20mL いれます。これをかき混ぜるわけですね。

「タラガムって、何の高分子ですか。」多糖類です。マンノースのポリマーに、ガラクトースがついている豆類の多糖類です。これが、弾力のあるスライムですね。

新スーパーシャボン玉

私の従来のシャボン玉液、これにゼラチンを入れると強いシャボン玉液になるんですね。1L ビーカーにグリセ

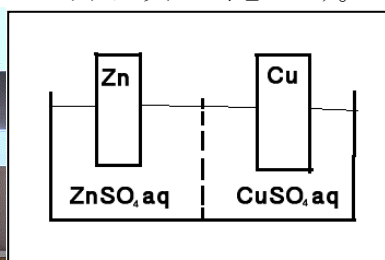


リン 200g、0.1%ヒドロキシエチルセルロース/1%ゼラチン溶液(1%ゼラチン水溶液 100g に 0.1g のヒドロキシエチルセルロースを加えたもの)、10%ブルラン 100g、1%砂糖水を加えてよく混ぜます。次に、市販の台所用コンパクト洗剤「チャーミー・クイック」(24%、ライオン)55gを加えて泡立たないように静かに混ぜお盆や鉢受け用のトレイに移します。

大きめの弾むシャボン玉液を作るには針金の輪が便利です。園芸用カラーワイヤーで直径 10 cm 程度の輪を作り、その輪に細いカラーワイヤーを巻きつけた道具でシャボン玉を作り、起毛したアクリル製の手袋で弾ませてみましょう。そっと受け止めてから押し返すようにするとうまくいきます。

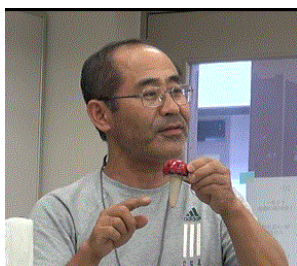
5 かわいいダニエル電池 (住吉隆明広島)

かわいいダニエル電池 1 個だけの紹介です。題名につけ加えて下さい。とても簡単にできる…。ダニエル電池というのは、高校時代苦手なものでして、こうしていっちょ前に化学の教師やっているんですが…。亜鉛板と銅板があって、ここまでは普通なんですけど、あいだに素焼き板の板というわけのわからん物質があって、これが私はよくわからなかったです。そして、こちらは硫酸亜鉛で、こちらは硫酸銅という二つの溶液があるのもよくわからなかったんです。ボルタ電池は、なんとかわかるようになったんですけど、イオン化傾向などの関係で……。今回は、半分が発表で、半分は商売です。この段ボール 1 箱、これはお楽しみ広場の売れ残りです。もし、いいなと思ったら、ぜひ買って帰って授業で使っていただければうれしく思います。



ダニエル電池の素焼き板ですが、セロファン紙という

半透膜を使う場合もあります。塩橋という塩化カリウムを溶かした寒天を使う場合もあります。私の場合は、百均で見つけた、素焼きでできた植木鉢に水をやるウォーターキーパーというものです。この中に水を入れておくと、ジワジワ水がしみ出て、いちいち水やなくても大丈夫というものです。これは、ダイソーで売っています。これが素焼きになって、2つの液がいつべんには混ざらない。ゆっくりジワジワ混ざっていくんですが、それ



よくわかる。さらに、百均でこういうものが売っている。アンティークスチールミルク缶といいまして、鉄でできています。表面に亜鉛メッキがしてある、トタン



(写真1)
100 円ショップで見つけたダニエル電池の材料
(左)素焼きの
「ウォーターキーパー かわいいマスコット」
(ダイソーで購入)
(右)亜鉛メッキのスチール製
「アンティークスチールミルク缶」
(セリアで購入)

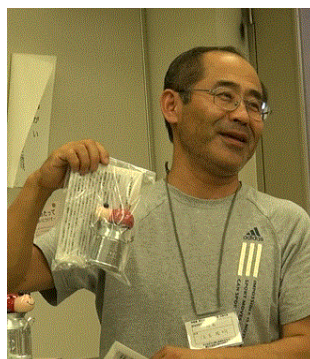
です。だからこれは、亜鉛極板になります。この缶に、硫酸亜鉛を入れます。この缶は、お部屋の飾り用であって、水を入れるものではありません。だから、反応してくると、穴があいて、液が漏れ出すかもしれません。実際こぼしたことがあるんです。それで、穴があくところにハンダ付けして補強してあります。これで、ダニエル電池の左側はできあがりです。

そして、さっきのウォーターキーパー、これはてんとう虫ですが、カメとかクマとかカエルとかいろいろな種類があります。今日はテントウムシでやります。この中に硫酸銅の液を入れればいわけです。そして銅管がありましたので、これをいれればダニエル電池が

できあがるというわけです。これも百均で電子メロディーといって、押したら鳴るやつですね。ここの電池の部分を取りとって、リード線をつけたものです。これをつなげるわけです。ダニエル電池の電圧は、1.1V です。銅がプラスで、亜鉛がマイナスですね。「♪♪♪・・・」鳴っていますね。ダニエル電池は、実用電池の最初のもので、電池の最初はボルタ電池ですけど、あれはすぐに分極をおこして、短時間で使えなくなる。ダニエル電池は分極がおきない。正極で水素が発生しない、銅イオンが銅になるわけですから、極板の表面で、反応が途絶えることはない。これは、一定時間起電力を維持できるということで、これをもとに電気化学工業が発展したといわれています。ボルトという電圧の単位がありますけど、ダニエル電池の起電力をもとに単位を決めたといわれています。これが、

1 ボルト。でもこれは正確に言えば、1.1V くらいあるんですけど、もともとはそうだとされている。それだけ安定している電池です。ただ電球はつきません。電流の量

が少ないので、並列につなぐとか、LED も電圧が低いので、直列につないで、なんとかつきます。4 ページには、生徒実験の例、5 ページには指導メモがあり、一番最後のページにはダニエルの伝記です。授業では、時間が余ったときなど、読ませて感想を書かせます。



これをキットにしております。ダイソーセリアと歩き回って、買い集めておりますので、1 セット 800 円ですが、

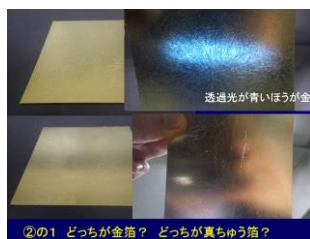
ぜひよろしくお願いします。

6 金箔と銀箔

(四ヶ浦弘 金沢)

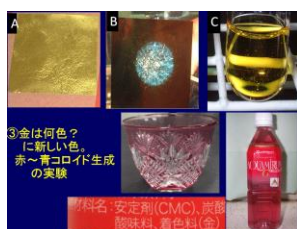
金沢は北陸新幹線が通って、修学旅行生も増えました。何をやっているかという、金箔貼り体験をやって、兼六園ブラブラして帰るという旅行です。もう少し、サイエンスをやる街をつくりましょうということで、高校生と一緒にやっていることを紹介します。もともと金沢は、砂金の街なんですね。砂金と砂鉄が入っています。磁石で砂鉄はつくけれども砂金はつかない。それでより分けられるよ。ここにかわいい絵を描いてもらって、金沢のお土産として、金沢駅や兼六園で売る予定です。売れなかったら、私がそこでむしろを敷いて売って、警備員が来たら逃げるつもりです。この砂金をもとに、昔から作られてきたのが金箔なんですね。金箔が金沢の特産、全国のほぼ100%が作られています。実は、この技術を使って、ニセ金箔（真鍮箔）も銀箔も、すべて金沢で作っています。でも、すべて美術用です。サイエンスには全然使われません。それで、どう使うかということを紹介したいと思います。

まず、金箔と真鍮箔です。これは光をあてて、透ける方が本物ですね。



これは、ペット板に接着剤で本物の金箔がしっかり貼り付けてある金箔でいろんなところに使える。金箔は $1/10000\text{mm}$ で、真鍮箔は $3/10000\text{m}$ ですから、金箔は光を通すけれども、真鍮箔は光を通しません。次の見分け方ですけど、硝酸をたらすと、ニセ金、真鍮は溶けて銅の青色がでるけど、金箔は溶けないんですね。さらにここに塩酸を加えて王水にすると金箔も溶けるんですね。金は何色といったら、表面の金色、透過光の青色、王水に溶けたときの黄色、これで三色でしょ。ところがまだあるんですね。何かといったら金がコ

ロイド粒子になって、ガラスや水溶液の中に入ったときの赤色なんですね。これは、ファイテンというところを出しているスポーツ飲料ですけども着色料は金、金コロイド。



これを作れるようにしようということで、うちの科学部でずっと研究をやってきました、確実に1分間

でピタッとできるようになりました。でもそれは、テトラクロロ金酸溶液からだったんですね。これを金箔からできないかということで、やってみました。これ金箔です。9V乾電池につなぎます。電解液は食塩水です。食塩水で金箔陽極にすると、これわかりますか。溶けてテトラクロロ金酸溶液になっているんです。つまり王水を使わなくても、テトラクロロ金酸溶液をつくることができます。これはリアルタイム早送りしていませんので、こういう感じでつくることができます。ここから、金赤を発色させようというわけです。この時には、保護剤が入ります。保護材、何を使っているかというところセロファン紙を使っています。セロファンを敷いておくと、セロファンが保護材となって、セロファンの上にビタミンCを入れます。これで、紫色になったところは、粒子が大きいところですよ。70ナノくらい。赤い方が30ナノくらいの大きさです。このように青色コロイド、赤色コロイドを乾電池、食塩水、ビタミンCという簡単なものでつくるできるようになりました。今日は、陽極金で、なんでそうなるかという説明は省きます。

次は、銀箔と白金箔です。これは、どちらが銀で、どちらが白金箔かわかりますか。これは白い方が銀なんですね。白金は白い金と書きますが、白金は白くないんですよ。金属の中で一番白いのが銀、しろがね。これの見分け方は、色で見分けられるけれども、

電気の伝導度も銀が一番なんで、豆電球のテスターでやると、この箔で、銀は赤々と着くけれど、白金は伝導率が10分の1です。ちょっとしか着かないよ。これで見分けられるというのがわかります。

さらに銀は錆びるんですね。硫黄と反応して、硫化銀になります。銀硫化液というのが市販されています。彫金に使うもので、東急ハンズで売っています。1本1500円くらい。これは銀箔の硫化にも使えますので、これが一つあると便利です。この液を薄めて、この中に銀を入ると瞬時に錆びてしまいます。でも、銀錆び液買うのめんどくさいなと思ったら、ゆで卵なんです。銀箔を切って、ゆで卵にさし込むんですね。このように錆びる。卵のどこに硫黄があるかわかりますか。白身なんです。黄身じゃあないんですね。システイン、メチオニンというタンパクがあって錆びる。そしたらこの錆びを取りましようということになる。どうするか、食塩水の中でアルミ箔を押しつけます。するとスーッと錆がとれます。それよりも瞬時にとれてしまうのが、マグネシウムです。マグネシウムバーを押しつけると、一発でとれて感動的です。じゃあ白金はなんかいいことがあるか。50倍も高い。これは触媒作用なんですね。白金を焼いて、水素を吹きかけると反応します。あとでやってみます。

この箔は、手でもってスパスパ切ることができるので、アート作品ができるんですね。これで、どれが金、どれがニセ金、どれが白金、どれが銀ということを子どもらがつくって。家に帰ってお父さんやお母さん相手にお話ができるというオリジナルカードをつくることができます。これ小学校2年生の女の子と男の子です。青少年の科学の祭典で、夢中になってつくってくれました。高校生が先生になって、子どもたちに銀の錆を取る方法なんかを教えてくださいました。修学旅行の高校生が、金の科学館にやってきて、教えたりもし

ています。

それでは、白金箔の触媒作用の実験をやります。白金を少し加熱します。そして水素を吹きかけるんですね。[3/100秒マ送り写真]



こんな感じです。黒板が曇りますから水ができていのもわかると思うんですけど、これまで使っていたのは、白金の粉末。白金黒を使うと吹き飛んでしまうんですね。箔は安い、そしてこの箔は耐久性もありますので、これで金沢の白金箔がどんどん売れるようになっていけばいいなと思っています。

マグネシウムで銀の錆を取るというのだけ最後にお見せします。これは食塩水です。さっきの銀錆び液を入れて、表面が硫化銀の黒い錆で覆われています。これでどうですか。シュー！！「オオー！！」一瞬です。見えなか



った人いますか？そこまで見せに行きます。アルミでもとれるんですけど、速度は遅いです。イオン化傾向の差がはっきり出ます。さすがだね。じゃあ亜鉛でやったらどうかなと



よ。アレっと思って考えてみたら、アルミの酸化皮膜ですね。その酸化皮膜をとって、こすると凄く速くとれる。これ(マグネシウムバー)と銀とアルミニウムと亜鉛で、イオン化傾向とか酸化皮膜とか、いろんなことが勉強できるという教材の紹介です。

6 押したり引いたりすると色が変わる水

(峰島不可止 千葉)

はじめに予備知識ですけど、弱酸と弱酸の塩の緩衝作用、この時の水素イオン濃度は弱酸の濃度と弱酸の塩の濃度の比で決まる

$$[\text{H}^+] = K \frac{(\text{弱酸})}{(\text{弱酸の塩})}$$

という非常に便利な式です。今から圧力を

かけたり、圧力を減らしたりすると色が変わる水というのをやりますけど、二酸化炭素を出し入れして、色を変えたりするわけです。

$$[\text{H}^+] = K \frac{(\text{H}_2\text{CO}_3)}{(\text{HCO}_3^-)}$$

弱酸のところに炭酸が入り、塩のところに炭

酸水素イオンをいれます。炭酸の濃度が大きくなれば、水素イオン濃度が高くなって酸性側にシフトしますから、BTB は黄色になります。炭酸水素イオン濃度が高くなると水素イオン濃度が小さくなって、アルカリ側にシフトするから、色は青っぽく変わります。原理は以上です。準備するものは、炭酸水を圧力に強い方が良いので、丸底フラスコにいます。重曹 1.25g。BTB を先に入れちゃいます。炭酸水は、蓋を閉めた状態で5気圧くらいになっていると思うんですが、蓋を開ければ、どんどん1気圧に減っていくと思います。炭酸水なので、BTB で黄色になりますね。この黄色をこの重曹の中に入れると緩衝溶液になるんですね。アアーッ、凄い勢いで二酸化炭素が発生していますね。ちょっと想定した色より変わっちゃうかもしれません。



これで、私は二酸化炭素の溶解度とか、酸解離定数とかを調べて、1.25gの重曹を使うと、ちょうどこの炭酸水が1気圧になるときにpHが7になるように調整しました。

だいたい7の色ですね。それで、ここから圧力を減らしてやると、この中に溶け込むCO₂の量が減るだろう。そうすると、平衡のバランスが崩れて、炭酸の濃度が小さくなって、水素イオンの濃度が小さくなるからアルカリ側にシフトして、青くなるだろうというのを最初にやります。丸底フラスコに沸騰石を入れるというのがコツですね。そして、ゴム栓をして、中の空気を抜いてやる。CO₂の



出入りをもっと敏感にしたかったら、HCO₃⁻をうんと薄くしてやる。そうすると話しかけただけで、色が変わります。ちょっと抜くと青くなったりとか。「ボンっ!!」(ゴム栓が抜けてしまうハプニング)これが壊れちゃった。どうしよう、これぐらいで勘弁してもらえないかな。

ここまでやったら二酸化炭素を押しこんで、色が変わるところを見せたいですよね。この時、この化け猫の力を借りるんです。この化け猫は、こう



やると外の空気が中にはいっちゃうんです。このペットボトルの中に溶液を移して、化け猫をセットしてポリ袋を覆って、その中にCO₂を入れるんです。ポリ袋をゴムで縛って、閉じてポリ袋の上からピストンを動かします。



(カチカチカチカチ……………)

オーッ！練習したときと違うな。猫も調子悪い。化け猫とか言ったからかな。



頑張ってやったら、ポリ袋がぺっちゃんこになって、CO₂のはいったのがわかるんだけどそうならない。どうですか？「ウーン！」そうか、わからない。人間は緑色の波長に敏感だというから、それを利用した実験なんですけど。もう少し黄色にしたいんで、次の大場さんやっていて下さい。どうもありがとうございました。

7 免疫 system と疾病 (大場健彦 長野)



明日の生物の分科会で、「免疫システムと疾病」というテーマでレポートをしますが、まず問題1です。下の疾病を、上の表ABCD欄に分類せよ。インフルエンザ、関節リュウ

マチ、がん、花粉症、結核、AIDS、アトピー性皮膚炎、全身性エリテマトーデス。この全身性エリトマトーゼスって聞いたことある人ってどれくらいいます。ありがとうございます。僕の発表に、価値がありますけど。

	外来抗原に対する免疫応答	自己に対する免疫応答
低すぎる	A	B
移植拒絶反応		
高すぎる	C	D

ここ(A)は、外来抗原に対する免疫応答ということで、低すぎる場合と高すぎる場合、どちらも病気になりますね。それから(B)、自己に対する免疫応答ということで、これもやっぱり、低すぎても高すぎても病気になる。だから免疫っていうのは、非常に微妙なバランスの上に成り立っているんだという問題になっているわけです。そして、それぞれの病気について勉強すると、免疫システムについて、すごくわかったような気になるというのが、明日のレポートの要点です。私が迷っているのは、この子宮内膜症というのをこの問題の中に入れた方が良いかどうかということなんです。子宮内膜症という病気を大体説明できるという方は、どれくらいいますか。ありがとうございます。僕は、子宮内膜症という病気に、ずーっと疑問を持ち続けていたんです。実は、十数年前にダイオキシンというのが非常に問題になったことがあります。アメリカのビスコルシン大学でアカゲザルの実験というのをしているんですね。その実験でダイオキシンをエサの中に入れて食べさせると、アカゲザルに子宮内膜症が増えるという報告をされていて、僕はその時に子宮内膜症なんて、たいした病気ではないのかなと思っていて、よく勉強しなかったんですけど。最近、日本人の60万人の人が子宮内膜症で病院に行っている。その数からすると推定260万人の子宮内膜症の方がいるのではないかと思います。例え、癌と比べると、

今年度の予測ですけど、罹患者が98万人、癌で亡くなる人が37万人といわれています。この数から比べると、子宮内膜症の数が多い。子宮内膜症というのは、排卵して、子宮で受精をして、あるいは受精をしないと外に出てくるわけですね。ところが、一部逆流をするやつがあるんですね。それが腹腔のお腹の中で、いろんなところで増殖をするんです。そういうのを子宮内膜症というんですが、普通は、外へ出てしまえば問題はないし、逆流するやつは、癌と同じように免疫システムがはたらいて殺しちゃうので、ふつう子宮内膜症は起きない。だから、この分類の中で、どこに入れるかという相談は明日したいなとおもっているわけですが。

高校の生物で、免疫細胞というのは、10種類くらいあるぞという話をしないと免疫システムの全体はとらえられないと思うんですが、この中で最新のは、先日NHKでやったTエフってやつですね。ちょっと前までは、サブプレッサーT細胞と呼ばれていましたが、最近では使われなくなって、同じものではないんですけど、Tエフ要するに免疫を抑制するっていうか、制御するTエフ細胞、これが最近一番の話題でありまして、このよい番組が放映されましたので、こいつ全体をまとめようという気になったわけです。この中(プリント2ページ目)で、◆マークがついているものが、自然免疫というやつで、食っちゃうという増殖細胞ですね。リンパ球だけについていうと、80%がT細胞なんですね。あとは、B細胞が1割、ナチュラルキラー細胞(NK細胞)が1割なんです。だからT細胞を勉強するってことが、免疫システムを勉強するときには重要だということです。

先ほどの答をやってしまうと、先ほどの答はこれなんですけど、全身性エリテマトーデスのいい解説ビデオがはいったので、それでこの一覧表ができたというわけですけど。

	外来抗原に対する免疫応答	自己に対する免疫応答
低すぎる	感染症	癌
	細菌	(子宮内膜症)
	Virus(インフルエンザ・HIV)	
移植拒絶反応		
高すぎる	アレルギー	自己免疫疾患・膠原病
	花粉症	関節リウマチ
	アトピー性皮膚炎	全身性エリテマトーデス

これらの病気については、それぞれビデオがあって、授業の時にはそれを映せば、解説は終わるみたいなものがあります。

この表の外に腸管免疫という言葉がありますが、人間の細胞は、60兆の細胞からできていますが、そのうち免疫細胞というのは2兆個なんですね。そのうち、腸にいるのが6割とか9割とかいわれていますね。少なくとも6割は腸にいる。従って健康を保つため、免疫機能を健全化するためには、腸を健全化することが大事であるということが一つです。もう一つ話したいことは、免疫寛容ということですね。なんでも異物だつてとらえてしまったら、いけないわけで適当に異物であったり、異物でなかったりしてくれないといけないわけで、要するに腸がしてくれないといけないわけですね。腸は第一の脳だといわれていますから。その免疫寛容のビデオと腸管免疫のいいビデオが手に入ったので、明日詳しく紹介したいということです。

高橋 ぴったり終了の時刻になりました。終わりの音を出したいと思います。岩手大会の開会行事で菅原さんが、100mのビニールチューブに、水素と酸素を入れて、会場全体で持ってもらって、バーンとやりました。その時に使った発火器はチャッカマンです。チャッカマンの一方の端子と別な端子からリード線を取り出して、カチンとやったわけです。予備実験するとき、うまくいくかどうかを試すときに、これくらいの短いビニールチュ

ープに水素と酸素を入れてやっています。たぶんうまくいくと思うんですが、やってみます。5 4 3 2 1 カチン ピュピュピュー。あれ、うまくいきませんでした。もう一度やってみます。アッ、ポリ袋に穴が空いている。うまくいかないかもしれないけど、もう一度やってみます。3 2 1 カチン ポー、という感じでうまくいきませんでした。

残念ながら、最後がうまくいかなかったのですが、これでナイターアルケミストの化学実験室を終わりたいと思います。質問のある方は、個々にお願いします。後片付けをしながら対応できると思います。

どうもありがとうございました。

パチパチパチ……！！



「アルケミストの化学実験室」の完全収録ビデオのお知らせ

「アルケミストの化学実験室」のビデオが、欲しい方は、下のアドレスまで連絡して下さい。送料含めて1000円です。このまとめがあればいいやと思うかもしれませんが、ビデオを改めて見ると、実験紹介された方々、暑い大阪なのになかなり熱い口調で話しています。聞いてみると、それぞれの実験にかなりの思いを込めているんだということがよく伝わってきます。**そんな熱い思いを 暑かった大阪を 思い出してみませんか。**

E-mail zkou@kbh.biglobe.ne.jp 高橋匡之