

NETWORK 第22号

2010. 6. 24 理科実習教員研修会

6月13日の深夜、小惑星探査機「はやぶさ」が、7年ぶりに旅を終え、地球に帰還しました。飛行距離は、60億キロメートル、いろいろなトラブルにもめげず、奇跡の帰還でした。本体は、成層圏に突入した時の摩擦で、燃え尽きてしまいましたが、小惑星「イトカワ」の砂が入っている可能性のあるカプセルは、断熱材で覆われていたため燃えずに、無事、オーストラリアの砂漠に着陸しました。その中身に期待が寄せられるとともに、日本の宇宙科学技術のすばらしさに感服しました。

さて、今回は、発光する「**オワンクラゲ**」と「**ウミホタル**」をとりあげ、一昨年12月、ノーベル化学賞を受賞した下村脩氏の業績を紹介したいと思います。

また、昨年の研修所でご記入いただいたアンケートの中から「**アンケートの回答に答えて**」を、さらに、実験室からのレポートとして「**実験室の名脇役 ピニールテープ**」を掲載いたします。現場での仕事に少しでも参考になれば幸いです。

「オワンクラゲ」と「ウミホタル」

先日、生物の授業の際、演示実験で「ウミホタル」をとりあげました。乾燥ウミホタルをすりつぶし、水を加えて混ぜると発光が観察できるというものです。ウミホタルは、『ルシフェリン』と呼ばれるタンパク質が『ルシフェラーゼ』という酵素と化学反応することで青白く発光します。暗くした部屋で、ガラスの乳鉢が青く光るのには生徒も感動します。では、熱水を加えるとどうなるでしょう・・・？

ところで、一昨年ノーベル化学賞を受賞した下村脩氏は、当初、緑色に光るオワンクラゲもホタルやウミホタルと同じメカニズムで発光すると考え、『ルシフェリン』の抽出を試みました。しかし、いくら実験を繰り返しても『ルシフェリン』は見つかりませんでした。そして、1962年、下村氏は発光物質として『イクオリン』というタンパク質を抽出しました。しかし、『イクオリン』が出す光は青色で、オワンクラゲが出す緑色の光とは違っていました。下村氏は研究を進め、緑色に発光するもとなる緑色蛍光タンパク質 (Green Fluorescent Protein GFP) を発見したのです。『イクオリン』がカルシウムと結合することによって青く発光し、『GFP』は、『イクオリン』の青色の光 (エネルギー) を受けて緑色に光って見えることがわかりました。

さらに、オワンクラゲの発光メカニズムはウミホタルとは決定的に違っていました。ウミホタルの場合は、すりつぶしたものに熱水を加える (あるいは、煮沸する) と発光しませんが、水を加えて発光し終わったウミホタルに、熱水を加えた後のウミホタルを入れると、再び発光します。つまり、熱水を加えることで、発光酵素『ルシフェラーゼ』が壊れてしまいましたが、発光素の『ルシフェリン』は壊されず残っていたため、水を加えたウミホタルに残っていた発光酵素『ルシフェラーゼ』と反応して発光したのです。このことは、ウミホタルが『ルシフェリン』と『ル

シフェラーゼ』の二つの物質がそろわないと発光をしない、すなわち、酵素がないと発光しないということを示しています。これに対して、オワンクラゲ内では『GFP』と『イクオリン』の複合体が形成されており、オワンクラゲが刺激を受けるとカルシウムイオンの濃度が高まり、緑色の光を発するので、オワンクラゲには、酵素は必要ないということです。今では、酵素を必要とせず、『GFP』のみで発光するという特性を利用した研究がいろいろな方面でなされています。

1990年代になり、『GFP』をつくる遺伝子の配列が同定され、他のタンパク質につけて細胞に組み込む方法が開発されました。大腸菌や線虫の体内にGFP遺伝子を組み込み、発光させることに成功しました。また、『GFP』のアミノ酸の並び方を変えて、いろいろな色の発光タンパク質をつくりだすことにも成功し、複数のタンパク質の分布や相互作用を同時に調べることができるようになりました。現在では、これを応用することによって、生物を生きたままの状態で組織や細胞、その中の分子の動きまでもリアルタイムで観察できるようになりました。たとえば、動物実験でがん細胞にGFPを組み込んでおくことによって、がんの転移先がわかることや、アルツハイマー病で神経細胞がどのように壊れていくのかなどが解明されます。また、爆薬の中のTNT（トリニトロトルエン）が分解してできるDNT（ジニトロトルエン）があるときGFPが発光するような酵母を遺伝子組み換えによってつくる研究もされています。この酵母を地雷が埋められている土地に撒くと地雷があるところだけ光るというもので、地雷撤去の安全性を高めることが期待されています。

平成20年10月29日朝日新聞、平成22年5月25日読売新聞ネット

ニュートン2009年1月号参考、くらしとバイオニュース（くらしとバイオプラザ21のHP）

研修会アンケートの回答に答えて

昨年度の教育研修所主催実習教員研修会でおこなったアンケートの回答をご報告し、ご質問にお答えします。

日頃困っていることはありますか？

Q 炭素と鉄を使った発熱反応の実験後、ビーカーについての鉄の赤い汚れが取れにくい。

A 器具の洗浄は、まず「理科実習助手のための実験準備マニュアル 一般編 第3章器具 1. 器具の管理・整理」をご覧ください。ガラス器具の汚れの洗浄方法としては、硫酸+過酸化水素水、塩酸、硝酸などにつけるのが一般的です。硫酸+過酸化水素水は酸化還元の実験の応用、汚れ落としによく硝酸が使われるのは硝酸塩が水溶性の場合が多いからです。有機の汚れは油汚れ用の洗剤(原液)にしばらく浸けておくのも効果的です。浸け置き専用のバケツなど用意しておいても便利です。取り扱いに気を使うため最近の使用を敬遠されがちですが、クロム混液(ニクロム酸カリウム+硫酸)はかなり多くのタイプの汚れに対応できます。以前のように大型の容器に大量に用意するのではなく試験管数本程度に対応する

量を少量のみ用意しておく方が扱い易いです。また、汚れた器具はその実験専用にしてしまうのもひとつの方法です。ヒビや破損のあるガラス器具を強熱する実験に再使用しないよう注意してください。

クロム混液の作り方

純水 200mL にニクロム酸カリウム 10 g を加えて溶かす、さらに濃硫酸 60mL をゆっくりと加える。(パーフェクト化学実験全書[基礎編] 監:大塚明郎 東陽出版(株))

- ・濃硫酸を加える際はかなり発熱するので、かき混ぜながらゆっくりと加える。ビーカー全体を水で冷やしながらおこなうとよい。
- ・調製した溶液は液の色が緑色に変化するまで繰り返し使える。不要になった場合は実験廃液として処理する。含クロムなので、すすぎ水の処理にも配慮する。
- ・クロム混液の濃度が薄くてもある程度の汚れは落とせるので、バケツなどに水を入れ、そこで器具のすすぎ洗いをし、その水を汚れ落としに使用してもよい。

☆通常は濃厚な状態で酸化剤と強酸性物質を混合するのは大変に危険である。ニクロム酸カリウムと硫酸の組み合わせは特別な例外である。使用する薬品を間違えないように注意する。(化学実験の安全指針 編:(社)日本化学会 丸善(株))

Q 種類の違う実験が連続して行われる場合、器具等の入替えをスムーズに行う方法を知りたい。

A 何人かのアイデアをお聞きしてみました。できるだけ日や時間、場所を変えていただくようお願いするのが基本のようでしたが、次のような工夫をしておられました。

- 教室の前後左右に場所をかえて実験器具を用意しておく。
 - ・教室内の棚や長机、廃棄する生徒机、(生徒数が少ない場合は)使用しない実験机を利用。
 - ・生徒が間違えないよう実験タイトルを大きく紙に書く、器具を入れるバットの色を変えるなどしておく。
- 可動式のワゴンやコンテナ、ラックなどを使用する。
 - ・各班のバットが並べられる大型のものが複数ある学校や手作りの稼動棚を使用している学校もある。
- 基本的な実験器具を教室内の棚に用意し、生徒は棚から必要なもの(または数種の基本的な器具を班ごとにセットし箱に入れておく)を取り出して使用、実験後洗浄して棚に返却。次のクラスの実験でもその器具を使用する。特別な器具や薬品は別にバットに用意しそのつど入れ替える。
- 時間中に取替えが必要な器具は順次回収しておく。

以上のようなやりかたを組み合わせ準備をおこなっておられるようです。いずれにしても、バットやビーカー、試験管など基本的に必要な器具は何クラスかが連続しても大丈夫なよう多めに購入しておくとお安いです。予算に余裕があれば、ワゴンや可動式の棚やコンテナ、ラックも複数用意しておきたいですね。

○ 現在飼育している動物・植物はありますか？

動物	植物
ゾウリムシ(六甲、淳心学院、明石清水、須磨友が丘、星陵)	ムラサキツユクサ(尼崎小田、六甲、淳心学院)
ブレファリスマ(明石城西、川西緑台)	オジギソウ(尼崎小田、川西緑台、明石清水)
プラナリア(川西緑台、明石清水、須磨友が丘、星陵)	ユキノシタ(尼崎小田、淳心学院)
イモリ(篠山鳳鳴、川西緑台)	オオカナダモ、藻類(尼崎小田)
アホロートル(尼崎小田) ショウジョウバエ (六甲)	観葉植物(篠山鳳鳴) ワタ(淳心学院)
アフリカツメガエル (明石城西)	苔園(神戸女学院)
アジアアロワナ(三木)	イチゴ、コダカラベンケイ、ムラサキオモト(川西緑台)
川の魚、ザリガニ(篠山鳳鳴) メダカ(加古川北)	アオミドロ(明石清水) ミカヅキモ(須磨友が丘)
オイカワ、カワムツ、ヨシノボリ (川西緑台)	シャジクモ(星陵)
カワバタモロコ、クラゲ、イソギンチャク(須磨友が丘)	

※ 動物の飼育や植物栽培については今後の「NETWORK」で取上げていきたいと思っています。皆さんの疑問や工夫などをお教えてください。

その他の質問には「解剖実験について簡単で興味深い材料があれば教えて欲しい」「役に立つ本」「授業以外でクラブ実験、特別予算などいただいたの長期実験、SSH などでの取組みが知りたい」などがありました。

実験室からのレポート

実験室の名脇役ビニールテープ

ビニールテープは、駒込めピペットに巻きつけると、各班に数本ずつ配るのに配りやすく、色に応じて使用する試薬を指定すると実験もうまく進むこともあって、どこの学校でも日常的に使用していることと知りつつ少し書かせていただきます。

先日、「2つの試薬を絶対に混ぜない状態をたもって、1年生に実験させたい。これを研究授業としたいので、すべての使用器具を色分けしてほしい。」と言われ、ビーカー・ロート・ガラス棒・白金耳に色テープを貼りました。どんな授業が展開されるのか、実習教員サイドで観察してみました。

まず準備段階。テープの色はこのままずっとテープを貼ったままにする場合も考慮してシンプルに赤と青としました。ガラス棒は、ほぼ同じ長さのものを選び、先がきれいに切られているほうを残し、反対側をテープでくるみました。太さの一定の棒に幅の等しいテープを巻くのですから、ピペットに巻くとき同様きれいです。白金耳も、簡単に巻くことはできますが、黒い柄に赤や青のテープはあまりはつきりしません。

次はビーカーです。100mL ビーカーの目盛りがかくれない様に、生徒から見にくい方向にならぬ様目盛りの近くに、加熱によるテープの変質を避けて中央より上よりに、できればすべてのビーカーのほぼ同じ位置に同じ大きさの物を貼りたい。このぐらいの気は使って貼りました。最後に残ったロートはビーカーの筒状の面に貼るのとは勝手が違い、円錐状の面にしかも目盛りのような目標もないところに貼るので、テープの向きも考慮の対象になり、思うように貼るのはかなりたいへんでした。

ビニールテープは引っ張ると伸びるので、完全に同じ大きさに切ること自体むずかしく、それ故、テープの幅をそのまま使って巻いて使う駒込めピペットがきれいなのだと、再確認しました。

さて、色テープのおかげでいつになくにぎやかな感の器具を並べての実験です。再三「ここは赤で、」「ここは青で、」と言いながらの授業でしたが、ほぼ全員、色を守ってくれて、『その効果あり。』でした。でも、『3年生の授業なら、こんなことをしてはいけない。』という思いがあります。特に理系の生徒が同じことをするとしたら、各自で意識的に器具を持ち替えてくれるよう、育てていくのも実習教員の仕事かと思えます。

生徒の中には準備された器具をすべて使うことなく、適当に使いまわして、「こんなに少ない器具ですますことができました。」と得意顔をする者もいます。こういう生徒に対し、今回のテープ貼りは『化学の実験は、時にはぜいたくに器具を使ってでも、不要な混入を防ぎ、きれいな結果を求めるものだ。』と主張したかたちになったと思えます。

ロートのテープは貼り具合に満足できない、ビーカーのテープは次の実験の使いまわしに支障がでるのではがします。ガラス棒と白金耳はしばらくこのままにしておきます。

ビニールテープは上記のような使用目的の指定のために使うほか、準備室用の器具の目印にする、少量の試薬を試験管で配るときのラベルにする、色分けして班の中でマイホールピペットを見分ける等、年中使用しています。

ウニの発生段階の観察のときは、発生段階ごとに色分けしたホールスライドに胚を入れ、多色プレパラートセットを班に配っています。生徒たちは、「この色は桑実胚」、「こちらはプリズム胚」、「次はあの色を見てみたい」とにぎやかにやってくれます。ただし、ぴったり貼り付けられるタイプのテープではホールスライドがうまくできませんでした。

試薬ビンのラベルとしても使用しています。試薬ビンに余裕があれば、滴定用標準液・硫酸鉄・デンプン溶液等、使用のたびに調整の必要な試薬のビンにはビニールテープのラベルを貼ります。実験が済んだらラベルをはがさずにビンだけ洗って保管しておく、次はラベルを書く手間はないので、準備が容易になります。ビーカーや試験管で配ったり教卓に取りに来させたりするより実験もスムーズに進みます。

試薬ビンの数を減らす工夫にも使っています。本校では、同じ試薬でも実験書によって5種類も6種類もの濃度の液を指定され、硫酸や水酸化ナトリウムのストック本数が急激に増え、置き場にも困るようになってきました。濃度の部分だけそのときに応じてテープをはりかえ、中味を入れ替えて本数の制限を図っています。

市販のラベルに合わないような、滴ビン・ポリ滴ビン等にも、小さく切って使用しています。多少の酸や塩基にも耐えてくれるので、日常的に使用する試薬ビンも少しずつビニールテープに替えています。

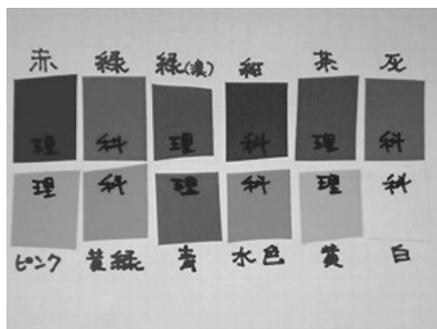
ビニールテープには、1.8cm 幅のものだけでなく、3.5cm ほどの幅のものもあります。本校では現在使用していませんが、100 円ショップで見かけたことがあります。以前勤務した学校では、体育館の床に貼るような 3.5cm 幅テープが戸棚から出でて使っていました。120mL 試薬ビン用のラベルを切り出すのに、ちょうどよい幅で、普通試薬は白、劇毒物は黄と、さんざん使いました。赤・青・緑等の濃色のテープに黒マジックで文字を書くと読みづらいので、試薬ビンのラベルにはできません。だから、劇毒物は黄色です。

テープは単価が安く、1 本あれば長期間使える、いろんな色を少しずつ欲しいと学校のシステムの中で買うのはとても面倒な物です。1 本ぐらい私費を投じてもいいかと文具店に出かけると、つい目移りして予定外の色まで買ってしまいます。わたしが好きな色ばかり、嫌いな色は無意識に避けています。いつの間にか、青に『紺』と『空色』ができてしまい、生徒には徹底しきれず、このテープを採用した私まで混乱しそうになりました。ここまで、色覚特性を持つ生徒についてまったく配慮していなかったことに気づきました。今後、きれいな色だとかはっきりしている色だとかだけでなく、すべての生徒にはっきりわかる色分けに改めていかなくてはならないと思っています。

ビニールテープは、色で区別・識別して実験準備を手早くこなし、生徒に能率的に実験させるために使い始めたのですが、酸は赤・塩基は青などと決めて机上也頭も整理して実験を効率的に進める、試薬の危険度をそれとなく警告する等大いに役立ってくれていることを実感します。

< 参 考 >

ビニールテープの色の見え方



ビニールテープを使用するときは、赤・緑・青などが見分けにくい色覚特性を持つ生徒に配慮してください。この写真のようにモノクロで見たときにそれぞれの色がどのように見えるか考え、色の明度や彩度にも変化をもたせるようにしましょう。また、テープ上に黒で文字を書いたときの見やすさにも考慮が必要です。