

分光器とスペクトルに関する教材の紹介

戸倉 則正

京都府立向陽高等学校 tokuran@jade.dti.ne.jp

キーワード：炎色反応、分光器、スペクトル

(受付け：2000年4月7日)

Ⅰ．はじめに

光やスペクトルの現象を指導するときの演示実験に用いる工作や工夫の例を紹介する。ご批判をいただければ幸いである。

理科離れが叫ばれて久しいが、私が日々相手にしている高校生のなかにも理科はもちろんのこと、高等学校での学習そのものに何の興味も価値も見いだせないでいるかのような生徒が増加してきているように思える。このような状況のなかでは、自分自身が経験してきた、いわゆる座学中心の講義形式の授業はなかなか成立しにくくなってきている。それよりも、つまらなさそうにじっと50分間をあたかも"行"のごとく耐えているようにも見える生徒を目の当たりにすることは、むしろこちらの方がつらくなる。このような状況に対する特効薬は見いだしていないが、まず何をさておいても学習内容に興味・関心を持たせることが先決となる。テレビゲームなどの激しい刺激に慣れた生徒は並の演示ではおどろいてくれない。先人の実践に学びながら、生徒の実態に合わせ自分なりに工夫をすることにより、少しは生徒達に好評だったものを紹介する。

なお、以下の実践の一部は、第4回スペクトル研究会にて実演を交えた口頭発表をしており、参照されたい(戸倉、1999)。

Ⅱ．授業への導入段階

1. スペクトルをまず説明抜きで見せる

それには低分散のレプリカグレーティングを用いる。商品名はレインボーシート(購入先：大阪の東急ハンズ江坂店など、30cm×30cmで\1000程度)といい、このシート越しにクリスマスツリー用の点滅ライトを観察する。このアイデアは左巻・滝川(1998)による。四方八方に虹の光芒が見え、思わず歓声上がる。教室を暗室にできれば最高である。クリスマス前に見せると、かならず「神戸のルミナリエに行くから貸してくれ」と言う生徒がやって来る。写真1にレインボーシート越しに撮った夜景写真を示す。

2. 虹製造器で虹をつくる

フィルムケースとストローで簡単に工作できる。馬場(1994)を参考に生徒一人一

台作成させた。今よくあるプッシュ式の霧吹き器ではなく、一世代前の口で吹くタイプの霧吹き器である。教室を出て野外で小一時間あそべる。

太陽と虹の位置関係や虹の七色の順序を押さえる。聞くと、案外生徒は自然の虹を見ていない。こんなところにも実体験の貧弱さが現れているのではないだろうか。悪天候の場合には、実験室を暗室にして高輝度の投光器などを点灯してもよいが、野外で見る方が概して好評である。写真2に作成させた虹製造器を示す。

3. 虹ビーズの観察

交通標識の塗料に混ぜる、微小なプラスチック製の透明球を紙に貼り付けたものを作製して、太陽光や電球で円形の虹を観察する。前述の虹製造器では本物と同じく微小な水滴であったが、これは無数のプラスチック球にその役目をさせている。内川他(1981)に入手方法等の詳細は述べられているが、最近は理科教材屋等で簡単に入手可能となった。写真3に光源にクリヤ球を使い、観察される円形の虹を示す。

III. 簡易分光器の製作

1. 牛乳パック分光器

これは牛乳パックのリサイクル工作で、別名"地球に優しい分光器"と呼ばせている。何の空き箱を利用してもよいので、予め予告して生徒に自宅より持参させてもよい。

製作にあたってポイントは2つある。一つは、レプリカグレーティングを35ミリスライドフィルム用マウントを利用して、従来の実践例より贅沢にグレーティングを使用している。このことによりスペクトルが見やすくなった。ただ、レプリカであることから部分的に不良グレーティングが生じるが、これぐらい大きく使用することで視点をずらせば、必ずスペクトルが観察できる。「完成すれば、そこそこ見えるものが必ず作れる」という点が大事である。安かろう悪かろうでは、製作意欲そのものがそがれてしまう。

第2点目はスリットに透明アクリル棒(直径4～6mm程度)を使用したことである。これは京都府立桂高校の蔦本実澄先生の考案であるが、これによって、従来この種の透過型レプリカグレーティングを利用した分光器の製作実践で最大の難点であった生徒の工作精度を補うことができる。実際に、このスリット製作上の難点を見事に解決してくれた。せっかく作っても見えなかったら何にもならない。

仕上げには色とりどりの折り紙や千代紙等のきれいな紙を貼る。これで、とても手作りとは、また分光器とは思えないインテリアとしても利用できる?ものの完成となる。写真4に完成した牛乳パック分光器を示す、左はグレーティング部、右はスリット部を示す。

2. ます寿司分光器・・・またの名を"どこでも分光器"

上記の実践例では、筐体(きょうたい)がしっかりしたものになりすぎ、箱のままではかさばる、という難点が次なる工夫をもたらした。それは富山県名物の寿司の容器を近所のスーパーでおこなわれていた駅弁大会で見つけたことで解決された。折り畳み式でいつでもどこでも誰とでも?!が可能となるのだ。これなら折りたためばノー

トにでも挟んで携行でき、外出先であやしい光を見つけたらすぐ、その場でスペクトルを確かめることが可能となる。この駅弁容器を参考に展開図（図1）をB5版の厚紙に印刷し、生徒一人1台分光器を製作させてスペクトル観察をさせている。また、学習後は家庭に持ち帰らせ、様々な光源の自主的な観察を勧めている。写真5に折り畳み式の容器および展開図から作った分光器を示す。なお、分光器の構造及び製作に関しては、戸倉（1986）を参照されたい。

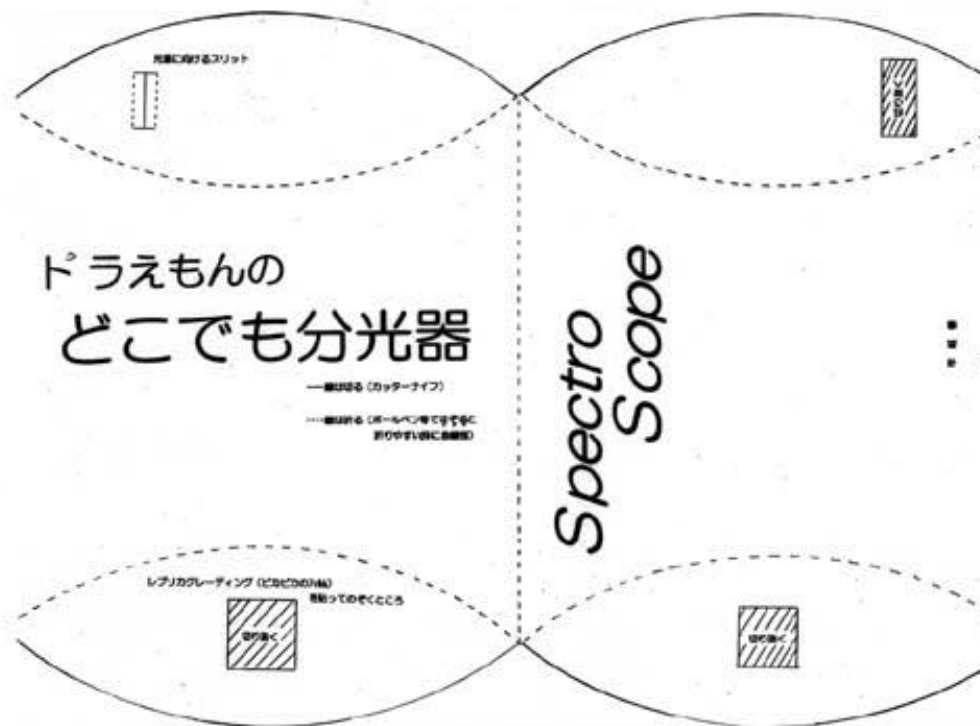


図1：分光器の筐体展開図

IV. スペクトルの観察例

1. 太陽光のスペクトル観察

直接太陽光を観察することはせず、教室の窓のほうにスリットを向ければよい。むしろ曇天時の方が明るすぎなくて良い。見え具合はグレーティング次第である。今後の授業展開を考えるとせめてフラウンフォーファー線は見えないと話にならないのだが、どうしても見えない場合もたまにある。そういったときには思い切ってグレーティングを交換することである。レプリカであるから作製時にどうしても精度不足の部

分が生じるようである。筆者の初期の実践時には、グレーティングがレプリカされていないシートの端の部分を使用したため、スペクトルそのものが見えず、あわてたという失敗もあった。

前述のように、フラウンホーファー線は明るすぎると見えない場合があるが適度な光度下においては必ず見えるので、逆にこれが観察されないようなら工作のどこかに失敗があると見てよい。

2. 蛍光灯のスペクトル観察

なかに封入された水銀の鮮やかな輝線が見えて非常に興味を引くものである。ここで問題、「同じ大きさ、ワット数でも値段が倍ほどちがう、高い蛍光灯と安い蛍光灯の管球が市販されているが、これは何がちがうのだろうか?」という発問を生徒にすると、おおよそ次のような予想が出てくる。

- ア)出す光がちがう…ピカピカ!の光
- イ)電気代が安い…管球の値段が高くても電気代が安ければ元は取れる
- ウ)長持ちする…管球の値段が2倍でも3倍長持ちすれば元は取れる
- エ)変わらない…ブランド名にだまされているだけ
- オ)その他

みなさんはいかがお考えだろうか?

答は写真6に示すとおり、明らかに高額の方が多いの輝線が見えていることが分かる。

3. 白熱電球のスペクトル観察

日曜大工用品店で売られている様々な白熱電球を片っ端から観察してみた。普通の白熱電球のスペクトルはもちろん連続スペクトルだが、なかに気になるスペクトルを示すものがあった。

松下電器製の"グルメランプ"のスペクトルには吸収線(?)が見える。線というより帯といった方がいいだろう。黄色が抜けているのである。左巻・滝川(1998)によれば、「電球に封入された、何らかの気体が白熱したフィラメントの出す連続光のうち、モノをきたなく見せる黄色い光を吸収している」としている。これはフラウンホーファー線の原理を説明するのに使えないかと検討中である。写真7に黄色が抜けているように見えるグルメランプのスペクトルを示す。

4. ペット用の虫よけランプのスペクトル観察

肉眼では黄色である。このスペクトルを見ると、生徒達の予想は見事裏切られる。つまり、黄色の光を出しているのではなく赤と緑の2色の合成で黄色く見えていることがはっきりわかるのである。おそらく、虫よけの意味は、ヒトにはあかりと認められるが、蝶をはじめ昆虫類は青から紫外域に良く感じる眼をもっているので、彼等には見えない、ということからついたネーミングであろう。その説明よりむしろ、人間の視細胞のうち、色を感じる錐体細胞はTVとおなじくRGBの3色のどれかの色に反応する物質が含まれていて、色の見分けを行うつくりになっており、赤と緑の信号を

脳内で合わせることにより黄色をつくる、という人の眼の説明に最適ではなかろうかとも思われる。なおこのことに関しては、村上（1995）に詳しく述べられているので参照されたい。写真8には信号機の各色のランプのスペクトルを示す。これも、黄は赤と緑の合成から成ることがわかる。

V. 余興・・・ついに大道芸人！？となる

炎色反応を観察するとき、教科書によくある白金線を用いたチマチマした演示に変わるものはないか？といういろいろ試行錯誤をしてきた。現在、以下の方法によって効果を得ている。

アルコールに、炎色を呈する薬品を溶解させるのが手軽である。が、さらに欲が出て、もっとハデにやりたいということで始めたのが、ポンプ式の霧吹き器の利用である（愛知・岐阜・三重物理サークル、1999）。アルコールに薬品（ナトリウムを見せたいなら食塩や味の素で充分）を溶かして、噴霧してマッチやライターで火をつけるだけである。というより、実際には予め点火したライターに向かって噴霧するという形である。写真9はエチルアルコールにホウ酸を溶かして噴霧しているところを示す。ホウ素の炎色反応で緑色の炎となっている。

最後に、最近では、さらにエスカレートして霧吹きの代わりに我が身を使って吹き出し、点火することにより人間火炎放射器（あるいはゴジラ）と化している。これは、上記の霧吹き器を用いた実験のおり、ふと漏れ聞いた生徒の挑発「なんぼ戸倉でも、まさか口ではできひんやろな」に乗って、ついはいじめてしまったのだが、今では病みつき（？）となってしまったのである。実は、米沢（1991）の実践により以前から知ってはいたが、実践の勇気がなかったのである。やってみれば、思うほど難しくはなかった。ただ、口からの噴出の勢いが強すぎて、マッチやライター程度の弱い炎では、吹き出したアルコールに点火する前に火そのものを吹き消してしまうので、点火にはブタンガスの携帯ポンプを利用したバーナーを用いる工夫をした。

やり方は少し練習を要するが、以下の要領である。水で60～70%程度に薄めたエチルアルコールに少し色付け用に食塩を溶かし、口に含んで霧吹きの要領で、バーナーに向かって勢いよく吹きかける。すると2mほどの炎を口から吹いているように見えるのである。この演示はかなりのインパクトを生徒に与えること請け合いである。写真10に人間火炎放射器となった筆者を示す。室内では火災報知器に注意のこと。筆者は卒業式後の余興として教室で実践し、非常ベルを鳴らせてしまい慌てた経験がある。

VI. おわりに

最後に、このような授業を受けた生徒がどのような感想を持っているのか、いくつか紹介しておく。学年末試験の折りに一年を振り返らせた文章の一部抜粋である。

・・・(略) 授業の内容は私らが普段よく見ているモノで、知っているようで知らないことを題材にいろんな実験をしてくれるのです。普段よく見ておるからこそはじめのうちは知らないことが恥ずかしいと思うかもしれないけどみんな同じやし全然恥ずかしいことじゃない。それよりも人の意見に合わせるより、自分の意見をしっかり持

って、友達と一緒に意見言い合ったり正解したかどうか確かめ合ったりするのはすごく楽しいし、それが一番のテスト勉強になる。いろんな実験があって、しかも家ではできないモノとか、一人でやってもおもしろくないモノとか、こんなこと出来るんや。っていうのをいっぱいやってくれるから授業に出られへんかったらくやしくなるぐらいのモノです。・・・(略) 小学生に戻ったつもりで自分の世界を広げるべし。その意味では教師になりたい人には絶対おすすめかもしれない。いつでも、童心に帰ることは必要やし楽しく勉強したことは絶対に忘れないから。(3年・女)

・・・(略) とくらせんせいの授業は”極スーパーミラクルスペクタクル感動超大作”なのです。とくらせんせいの一挙一動から目がはなせません!! 素晴らしい最新技術(おもちゃ)をつかってめぐる感動の世界!! 素晴らしい材料(そこらへんにあるもの)を使っての新しい発見!! 素晴らしい助手(近くにいる生徒)と共に行われる楽しい実験! とくらせんせい自らが走り・歩き・飛び(?) たまには休憩も入れて行われるすてきな授業!! もう、とくらせんせいからめがはなせない!! ・・・(略)
(3年・女)

この授業から学んでほしいこと。授業に参加するということの大切さ。好奇心を持つことの素晴らしさ。身の回りにある物の意外な事実。”楽しむということのおもしろさ。学ぶということのおもしろさ。などなど・・・(略) (3年・男)

以上いささかほめすぎで、多少なりとも面はゆいものだが授業の雰囲気的一端でも味わってもらえれば幸いである。ここまでやるか! と同僚に半ばあきれられながらも、たとえ一人でも以上のような感想を持ってくれる生徒がいることを励みに、今後ともからだを張った授業に取り組んでゆく所存である。

さらに楽しい実践をご存じの方は、ぜひ互いの交流をさせていただきたいものである。

文献

愛知・岐阜・三重物理サークル 1999. 「いきいき物理わくわく実験」. 118-119.

新生出版, 東京.

内川英雄他2名 1981. 「人工虹の研究」. 第12回東レ理科教育賞受賞作品集,
(財) 東レ科学振興会.

左巻健男、滝川洋二 1998, 「たのしくわかる物理実験事典」. pp246. 東京書籍, 東京.

戸倉則正 1986. スペクトルの観察実習(レプリカ・グレーディングを利用した
簡易分光器の製作とその教材化). 地学教育と科学運動. 15:67-70.
地学団体研究会.

戸倉則正 1999. 第4回天体スペクトル研究会集録. 27-30.

馬場勝良 1994. 「たのしい科学あそびストローの実験」. 48-51. さ・え・ら書房, 東京.

村上元彦 1995. 「どうしてものが見えるのか」. 岩波新書413, 79-92. 岩波書店, 東京.

米沢剛至 1991. 化学実験NG集. 理科教室№2. 60-61. 新生出版, 東京.

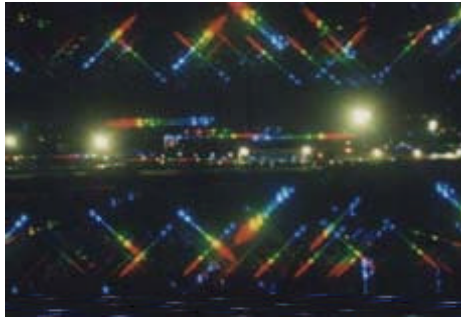


写真1：レインボーシート越し
に撮った夜景写真

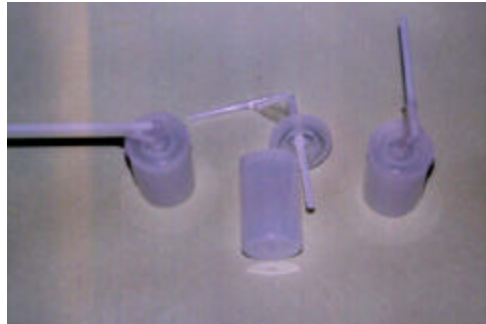


写真2：虹製造器



写真3：光源にクリヤ球を
用いた円形の虹



写真4：完成した牛乳パック分光器、
左はグレーティング部、右はス
リット部から見た様子



写真5：折り畳み式の駅弁容器と図1の展開図から作った分光器

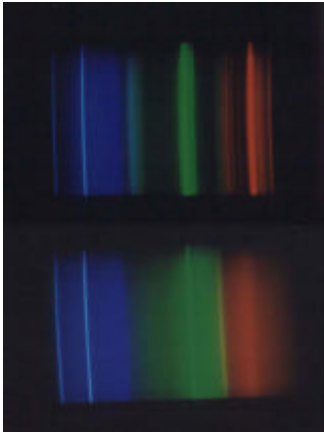


写真6：管球によるスペクトルの見え方の違い。
上が¥580、下が¥280

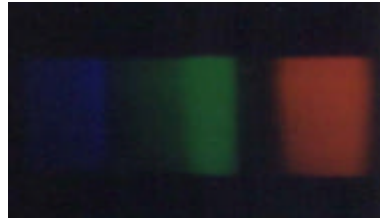


写真7：黄色が抜けているグルメリ
ランプのスペクトル。



写真8：信号機の各色の
ランプのスペクトル



写真9：ホウ素による緑色の炎



写真10：人間火炎放射器、室内では火災
報知器に注意のこと

