

実験ショー「見えない光を見てみよう！」実施報告

木村 友美 *

概要

2011年2月11日に行われた第2回科学実験大会において、可視領域外の光を題材とした実験ショー「見えない光を見てみよう！」を実施した。赤外線の確認や、紫外線による発光、日焼け止めクリームの効果について演示を行った。本稿ではその内容について報告する。

1. はじめに

光に関するサイエンスショーは過去に分光¹⁾・偏光・発光²⁾などを題材としたものがあるが、今回、可視領域外の光に注目して実験ショーを作成した。

赤外線・紫外線は、私たちの生活に大きく関わっており、特に紫外線は日焼けやしわなどの皮膚への影響だけでなく、白内障やがんの原因となり健康面に大きな影響を及ぼすことが知られている。また、温暖化やオゾン層の破壊といった環境問題を考える上でも重要な要因の一つとなっている。しかしながら、これらの光は直接見ることが出来ないため、その存在を認識する機会は限られている。そこで、今回、見えない光を様々な方法で可視化することにより、その存在および私達とのかかわりについて考える機会とした。

2. 実験内容

2-1. カメラによる赤外線の確認

デジタルカメラや携帯カメラなどは、可視光領域のみならず、より長波長の近赤外線領域まで感知することが知られている。そこでカメラを用い、赤外線の存在を確認した。今回は備え付けのCCDカメラを用い、モニターで確認したが、携帯の普及率を加味するならば、会場の大きさによっては、見学者のカメラを用いて見ていただく形式も可能と考えられる。

一般の電化製品のリモコンは、リモコン(送信機)と本体(受信機)の間で、赤外線による通信が行われている。まず、CCDカメラでリモコンを撮影しながら動作させ、リモコンの送信部が点滅する様子を観察し、カメラ

が赤外線領域をとらえられることを確認した。

赤外線を撮影する場合、赤外線透過フィルター等で可視光を遮断する必要があるが、こういったフィルターは高価であるものが多い。身近なものでフィルターの代用品となりうるものとしては、カラーネガフィルムの露光済み部分が知られている。しかしながら、今回は天井に備え付けのカメラを使用したため、これらフィルムをカメラに直接取り付け赤外線カメラを工作して使用することが出来なかった。そこで、今回は赤・青・緑のセロハンを4枚ずつ重ね、対象物の前に置いて実験を行った。赤・青・緑は光の三原色であり、三色のセロハンを重ねることで、ほぼ可視光を遮断することが出来ると考えられる。

まず、加熱している電気ストーブからの赤外線を確認した。肉眼で直接ストーブを見た場合はほとんど光が見えないが、カメラ画像では電熱線がまぶしく光っている様子が観察された。このことで4重のセロハンをすり抜けてくる見えない光、すなわち赤外線が出ていることを確認した。こたつや電気ストーブなどの暖房機具は輻射を利用しており、赤外線が放射されていることを説明した。

次に、外見(形・色調)の似た白熱電球と電球型蛍光灯を用意し、同様の方法で両者の赤外線を比較した。図1のように、蛍光灯に比べ電球は熱を発しており、赤外線を放出している。どちらが電球であるかを考えてもらう過程で、電球と蛍光灯の発光機構を解説し、両者の消費電力が異なることを説明した。大人の方でも、蛍光灯のほうが電気代は安くなることは知っているも、その理由すなわち電球と蛍光灯の発光機構の違いまで知っている方はあまり多くなかったようである。

*大阪市立科学館 科学デモンストレーター
tomomik0308@gmail.com



(a) (b)

図1. 照明からの赤外線比較

(a)は、白熱電球(左)と電球型蛍光灯(右)を点灯させて撮影したもの。(b)は、同じものをセロハンをフィルター代わりにして撮影したもの。

2-2. 紫外線による発光

身の回りの物品の中に紫外線を当てることで、発光するものがあることを観察した。紫外線は、350nm付近の紫外線を放射するブラックライトを使用した。

ブラックライトによる発光は、日常では飲食店の演出など屋内での視覚効果に使われることが多いが、その他にも偽造防止などの犯罪防止や製品の非破壊検査にも使われ、医学・生物学の分野でも多用されている。いずれも蛍光剤や蓄光剤を用いて行われるが、身の回りにもこのように発光を放するものがあることを確認した。

表1. 紫外線による発光例

物品名(通常光下の色)	発色光
白衣(白)	青
洗濯用洗剤(白)	青
蛍光ペン(ピンク・オレンジ・黄色・緑・青)	各色
栄養ドリンク(黄)	黄緑
入浴剤(黄・緑)	黄緑・緑
缶の底	青
紙幣	緑・オレンジ
配達済みハガキ	オレンジ

なお、見学者層や時間配分により、上記項目から数点を選び演示を行った。

まず、白衣にブラックライトを当て、青白く光る様子を観察した。次にそれが、黄ばみを消す目的で洗濯用洗剤に含まれている蛍光増白剤によるものであることを示した。

次に蛍光ペンの発光を確認した。身近に使うものがそれぞれの色に鮮やかに光るためか、見学者の反応は非常に良かった。

続いて栄養ドリンクの発光を確認した。栄養ドリンクにはビタミンB₂(VB₂:リボフラミン)が含まれているため、

紫外線により発光する。比較の為にVB₂を含まない栄養ドリンクも用意し、栄養ドリンクの成分により、発光が起こることを確認した。

最後に、缶の底、紙幣や配達済みハガキでの発色を観察し、紫外線による発光の実利面を紹介した。

2-3. UVカット効果

紫外線と聞き、多くの方がまず頭に浮かぶこととして日焼けの問題がある。過度の日焼けは皮膚の老化などを進めるため、日焼け対策を行っている人も多い。

現在、多くの日焼け対策用品が売られているが、実際使っていてもその効果を確かめる機会はそう多くない。そこで日焼け止めクリームの効果についてブラックライトを用いて確認を行った。雑貨店でも購入可能な紫外線発光ビーズを用いて日焼け止めクリームの効果を確かめる例はあるようだが、実験ショー規模では不向きである。そこで今回は、カメラを用いずに多くの人が直接変化を確認できるよう環境教育教材として販売されている紫外線絵具(フォトクロミック色素)を利用し、実験を行った。紫外線絵具は紫外線により可逆的に発色する。この絵具をあらかじめ塗っておき、図2左上に示すように、その上に透明シートを敷き、その上から日焼け止めクリーム、UVカット効果のない乳液をそれぞれ塗り、ブラックライトを30秒間放射して比較を行った。

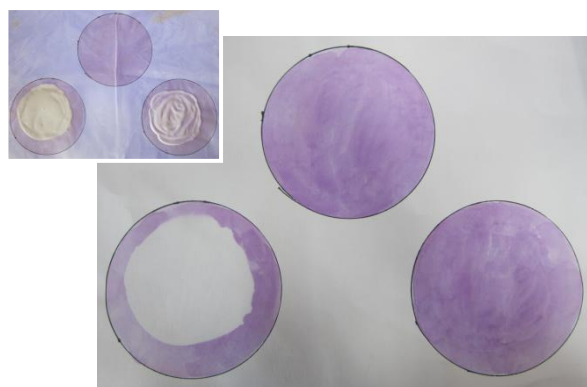


図2. 日焼け止めクリームの効果判定

日焼け止めクリーム塗布(左下)、乳液塗布(右下)、なし(真中、上)。左上はブラックライト照射中の様子。

上図で示すように、何も塗っていない場合や、乳液の場合ではブラックライトによる発色が見られたが、日焼け止めクリームを塗布した部分は、その発色が見られず、日焼け止めクリームが紫外線をカットしていることを確認した。

最後に、家でも実践可能な実験として、バナナの皮を用いた紫外線チェック法³⁾を取り上げた。バナナの果皮は紫外線により茶褐色に変化することが知られて

いる。そこで、図3左のようにアルミホイルでバナナを半分包み、良く晴れた日に終日直射日光を照射し、その後2日間暗所に静置しておいた。その結果、図3右のように直射日光を照射した部分では茶褐色に変化した。なお、太陽光を当てなかったものでは、色の変化は見られていない。



図3. バナナの果皮による紫外線作用の確認
太陽光照射前(左)、太陽光照射後(右)。なお、真中は比較の為同日数暗所に静置したものである。

これらの実験は大人特に成人女性の見学層で特に反応がよく、「驚いた・おもしろかった」等の感想をいただいた。

3. 実験解説

3-1. カメラによる赤外線の確認

カメラは赤外線領域まで感知することができるため、カラーセロハンを合わせて使い、赤外線の確認を行った。その中で本実験ショーでは、白熱電球と電球型蛍光灯の比較実験を行っている。白熱電球は電力の多くが、赤外線や熱として放出されるため、発光効率が低く、日常用いられる100W白熱電球では、可視放射10%、赤外放射72%、残りが熱伝導による消費になっている。一方、電球型蛍光灯は、白熱電球に比べて、製品寿命が長く、省電力である。白熱電球比約20-25%の電気消費量で同様の照度が得られ、結果として発熱も少なく、赤外放射も少なくなる。この差が、図1で示したような違いをもたらすようである。

3-2. 紫外線による発光

本項目は、発光のサイエンスショーを元に作成した。実演した実験の基本的な内容は変わらないため、その詳細については、参考文献2)を参考にされたい。

3-3. UVカット効果

日焼け止めクリームの効果を確認するために、本実験ではフォトクロミック色素を用いて、実験を行っている。光によって、物質の光物性(色・蛍光など)が可逆的に変化する現象をフォトクロミズムといい、この現象を示す物質のことをフォトクロミック物質という。図4はジアリールエテン誘導体の一種で、九州大学の入江教授らにより、開発されたフォトクロミック分子である⁴⁾。図4で示すように無色の分子は紫外線照射により、結合生成を起こし共役長が変化するため、青色に変化する。構造を適切に修飾することで、開環・閉環構造での色や、変化に必要な波長を変化させることが出来る。

今回用いた紫外線絵具の構造式は明らかとされていないため、どのような反応が起きているかは不明であるが、紫外線照射により、同様の反応が起こり、発色したと思われる。

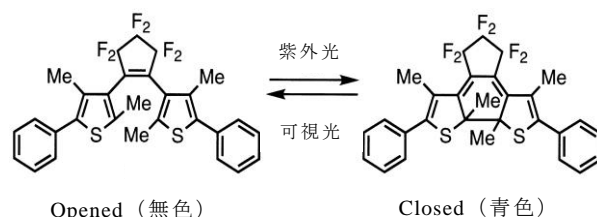


図4. ジアリールエテン誘導体

ジアリールエテンのエテン部と1, 2位の置換基は紫外光を照射することで、閉環し六員環状構造(右)を形成し、青色を発色する。

現在、フォトクロミズムは、調光材料や光記録材料、光スイッチ、機能性インクなど様々な分野で、応用研究が進められており、21世紀のフォトニクス時代を支える材料の1つとして期待されている。

今回、この紫外線絵具を用い、先に述べた結果を得た。日焼け止めクリームの強度には、SPF、PAといった指数が用いられている。SPFとはSun Protection Factorの略で、UVB波の防止効果を表す指標である。一方、PAとはProtection Grade of UVAの略でUVA波の防止効果を表す指標である。本実験で使用した日焼け止めクリームはSPF50・PA+++のものである。今回使用したブラックライトはUVAの領域に属するため、PA値により差異がみられるかも確認したが、SPF20・PA++のものであっても、本条件下では差異は見られていない。

今回の結果では、日焼け止めクリームを推奨するような結果になってしまったが、日焼け止めクリームはSPF・PAの値が高いものでは特に皮膚への負担が大きくなるという側面もあり、こういった用途で使うかを加味して選択するべきである。今回の演示方法では、そういった日焼け止めクリームの功罪についての側面が弱くなるため、こういった別側面を演示実験の中でどのように示していくべきか今後検討したい。

次にバナナを用いて、紫外線チェック法³⁾の紹介を行った。バナナの果皮は、クロロフィルを含み緑色をしているが、熟するに従い、クロロフィルが壊れ、黄色に

変化する。この状態のバナナはクロロフィルによる紫外線のカット効果が少ないため、強い紫外線に当たるとバナナの果皮の DNA に損傷を受け茶褐色に変化する。この実験は、季節・天候に左右されるため、数日前からの準備が必要となる場合がある。

- 3) 松田仁志,「植物の観察と実験を楽しむ」裳華房(2004年)
- 4) Masahiro Irie, *et al.*, Science, 291, 1769(2001年)

4. 考察

日常生活において、赤外線・紫外線とも暖房器具や日焼け・がんといったキーワードとともに耳にすることが多く、言葉は知っているという方が多いと思われるが、非可視光ということもあり、その存在を実際に感じることは難しい。今回の実験ショーではカメラやセロハン、UVクリーム、バナナなど身近な道具を使い、家でも再現可能な方法でこの見えない光の認識に挑戦した。子供は発光などの光る反応に対し、反応が大きかったのに対し、大人はUVカット効果の結果に対し、反応が大きかった。大人も子供も楽しめるショーにできたのではないか。

我々科学デモンストレーターは、「おでかけサイエンス」というスーツケースにまとめた実験道具を用いて行う出張サイエンスショーを行っている。光をテーマとしたサイエンスショーとしてはすでに「分光」と「偏光」がスーツケース化されているが、このうち「分光」のサイエンスショーと本実験ショーを組み合わせることにより、可視光から不可視光へと展開することも可能と考えられる。既存のサイエンスショーでは1回20-30分程度の内容となっているため、学校の授業内で行う場合など1回40-50分程度の演示する場合には、演示者に工夫が必要とされる。しかし、このような関連領域のテーマを充実させ、組み合わせることにより、様々な演示時間や見学者層への対応が可能となり、演示者のレベルによることなしに「おでかけサイエンス」の幅をさらに広げることが出来ると思われる。

謝辞

本実験ショーは、当館の学芸員・補助スタッフ・科学デモンストレーター等の皆様にご助言いただき、無事に演示することが出来ました。

特に斎藤学芸員・小野学芸員・岳川学芸員には日頃よりサイエンスショーの演示に関して丁寧な指導・ご鞭撻いただいております。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 長谷川能三,「光きらきら」実施報告,大阪市立科学館研究報告,第18号(2009年)
- 2) 小野昌弘,「光れ!もえろ!かがくパワー!」実施報告,大阪市立科学館研究報告,第17号(2008年)