

# 「虹ボード」を用いた可視スペクトルを 実感する教材

—「虹ボード」の製作から小・中学校の理科教育への応用まで—

松 村 敬 治

UV-Spectroscopy Visual Aids Using a "Rainbow-Board"  
Made of Light-Emitting Diodes :

The "Rainbow-Board" Production and Its Applications to Science  
Teaching in Primary and Secondary Education

Keiji Matsumura

## はじめに

地球温暖化やオゾンホールなどの地球レベルの環境問題が私たちの生活に身近に影響を与えるようになり、こうした環境問題について一般の人を対象に話をする機会が多くなった。地球温暖化の解説において、大気中に大量に含まれる窒素や酸素が無関係で、0.04%しか含まれない二酸化炭素が温暖化の原因となるということを言葉だけで説明するのは難しい。また、オゾンホールの問題において、漂白・殺菌などに使われているオゾンが高層大気中にたくさん存在し紫外線から地球を護っているということを言葉で説明しても、なかなか実感してもらえない。そんなとき、「虹ボード」を用いて演示実験を行いながら話を進めると理解が容易になる。「虹ボード」は、発光ダイオードを波長順に基盤上に並べてセットした「ボード」に対して筆者が付けた名称で、それを点灯すると明るい光の帯が「虹」のように見えるので「虹ボード」と呼ぶことにし

た。この虹ボードを用いた可視スペクトルの演示実験の概略は『化学と教育』51巻6号<sup>1)</sup>で紹介した。本稿の目的はその論文で割愛したところを中心に、虹ボードの理科教育や環境学習への応用について詳しく解説することにある。

本稿において先の論文に加筆した項目は次のとおりである。虹ボードの演示実験は光の色で実験結果が表示されるので、カラー写真で紹介して、はじめて実際の様子が理解できる。先の論文では虹ボードスペクトルをモノクロ写真で紹介したため、光の吸収の様子がわかりにくくなり、虹ボードの性能と用途について十分説明しきれなかった。本稿においては、虹ボードを用いた可視吸収スペクトルをカラー写真で紹介することで、虹ボードスペクトルの実験が直感的に視覚(色覚)で認識できる実用性の高い演示実験に使用できることを示す。また、本稿で紹介する虹ボードには、紫の発光ダイオードが新たに加わったので、応用範囲が広く信頼性の高い可視スペクトルの観察が可能になった。先の論文では誌面の制約で、虹ボードスペクトルの紹介にのみとどめ、性能についての解説と使用方法についての説明は省略していた。本稿では虹ボードスペクトルの特性について詳しく述べた後、小学校や中学校の理科や総合学習の教材としての使い方についても述べる。この虹ボードを用いた演示実験は、小学生や大学生を対象に実際行ってみたが、大変好評であった。そのときの状況についても合わせて報告する。

最近、小学生や中学生の理科離れが問題になっている。この原因はいくつか考えられるが、その一つに、理科で学ぶ内容と実生活で出会う現象が結び付きにくくなったことが挙げられる。しかし、理科は星や宇宙などの遠い世界のことだけでなく、身の回りの現象も対象としている。とりわけ、「光と色」に関する現象は、人間の目が直接かわり、日常生活で頻繁に体験したり観察したりするので、興味を持ちやすい内容を含んでいる。本稿では、理科に対する興味を喚起する目的で、虹ボードの教材と「光と色」に関する学習の提供の仕方についても考察する。

## 1 虹ボードを必要とする理由

プリズムや回折格子などを用いて、光を波長の順に並べる操作を分光と言い、

光を分光して得られたものをスペクトルと呼ぶ。太陽光や白熱電球の光を分光すると、波長の長い方から赤・橙・黄・緑・青・藍・紫の虹のようなスペクトルが得られる。実は虹も雨粒がプリズムの働きをしてできた太陽光のスペクトルである。身の回りにはさまざまな色があるが、目で認識される色には、純粋な光を見て感じる色と、混合した光を見て感じる色がある。例えば、同じ橙色に見える光にも、トンネルの照明に使われるナトリウムランプの明かりのように純粋な橙色（化学では黄色と呼んでいる）の光を見ている場合もあるし、ローソクやガス燈の明かりのように、赤や黄などの光が混合してできた橙色の光を見ている場合もある。そのため、物質がどの光を吸収するかは、見かけの色だけからでは判断できない。ある物質が特定の光を吸収することを明確に示すためには、純粋な光を波長順につきつぎに物質に照射して、それぞれの光に対して吸収の有無を示さなければならない。そのためには純粋な光の集合、即ち「虹のようなもの」があると便利である。この虹のようなもの（以後、虹と呼ぶ）を作ることができれば、物質を虹の前に置いて透過光を見ることにより、虹のどの色が物質に吸収されるかが確認できるので、肉眼で可視スペクトルが確認できる。それゆえ、可視スペクトルの演示実験を行うには、明るく大きな虹の製作が不可欠になる。

虹を作る定番は、プリズムや回折格子を使用する方法である。しかし、プリズムを使う方法は、光源とプリズムの配置がやっかいな上に、一部の光しか虹にならないので、暗い虹しかできない。一方、回折格子の場合は、1 m四方の回折格子フィルムも市販されているので、明るく大きな虹を作ることができるが、装置が大きくなることと、虹の位置が見る角度により異なるので、演示実験には適していない。そこで、全く別の発想で虹を作ることにした。発光ダイオードの出す光が明るく、ほぼ純粋な光であることを利用して、発光ダイオードを発光波長順に並べて虹を作ることになったのである。

## 2 虹ボードの製作

今回使用した発光ダイオードを表1に示す。この中で、赤、橙、緑、および青の発光ダイオードは明るさが2000mcd以上の高輝度タイプのもを使用し

表1 虹ボードに使用した発光ダイオード (LED)

No.	発光色	発光波長(nm)	動作電圧(V)	備考
1	紫・紫外	405	3.6	a
2	青	470	3.5	a
3	青(青緑)	495	3.5	a
4	緑	525	3.5	a、c
5	緑	525	3.5	a、c
6	橙(アンバー)	590	2.0	b
7	橙	605	2.0	b
8	赤(赤橙)	615	2.0	b
9	赤	644	2.0	a

- a) (株) 秋月電子通商 ([http:// akizukidenshi.com](http://akizukidenshi.com)) のカタログから  
 b) アールエスコンポーネンツ株式会社 ([http:// www.rswww.co.jp](http://www.rswww.co.jp)) のカタログから  
 c) 虹ボードの隙間を少なくするために重複使用

た。写真1の左側の素子は透明プラスチックのキャップ部分の外径が5 mmの青色の発光ダイオードで、この素子の長い方の足に+極、短い方の足に-極を接続して15mAの電流を流すと、キャップの部分が青色に発光する。この青色の光は470nmを中心に35nmの半値幅（発光強度がピーク値の半分になるときの線幅）のほぼ純粋な光から構成される。表1に掲載した他の発光ダイオードも紫色のものを除いて、似たような性能を持つ。紫色発光ダイオードは、発光強度が22mcdしかないが、発光領域は紫外線にまで及んでいる。

図1は虹ボードの製作に使用した回路図である。この回路の特徴は、定電流

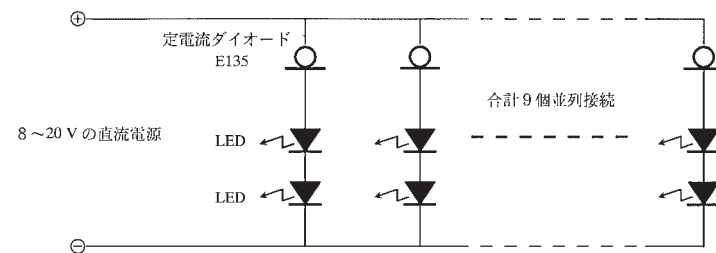


図1 定電流ダイオードを用いた発光ダイオード(LED)の発光回路

ダイオードを用いたことにより 8V から 20V までの幅広い電源電圧で動作可能にしたことにある。写真 1 の右側の素子は今回使用した定電流ダイオード E-153 で、上側のリード線を + 極として 4V から 20V までの電圧を両端に印加すると、15mA の定電流が流れる。この定電流ダイオードは発光ダイオードに直列に配置するなら、どの位置に配置しても良い。発光ダイオードは表 1 に示すとおり、1 個点灯すると 2.0V から 3.6V の電圧降下を生じるので、1 つの電源で直列接続することのできる発光ダイオードの個数は、

$$(\text{発光ダイオードによる電圧降下の和}) < (\text{電源電圧})$$

を満たせばいくつでも良いことになる。実際には、図 1 に示すとおり、定電流ダイオード 1 個と発光ダイオード 2 個を直列接続した組を 9 組まとめて電源に並列接続した。図 1 の定電流ダイオードの代わりに抵抗を用いても良いが、その時は、電源電圧によって抵抗値を変える必要があるので厄介である。回路の組み立ては、ソルダレス・ブレッドボード上で行った。このボードを用いれば、半田付けを行わずに、ソケットにプラグを差し込む感覚で回路を組み立てることができる。このとき、発光ダイオードどうしの間隔が発光波長間隔に対応するように物指しでチェックしながら発光ダイオードをボードに差し込めば、スペクトルの観察のとき便利になる。

虹ボードの製作に使用した部品はパーツショップ<sup>2)</sup>から通販で購入した。写真 2 に完成した虹ボードを示す。この虹ボードは、写真 2 に示すように、電源入力端に標準の DC ジャックを取り付けているので、そこに電源プラグを差し込んで虹ボードを発光させている。写真 2 は単三乾電池 6 本を組み込んだ 9V の電源を用いているが、AC アダプターを用いても同様に発光させることができる。写真 2 の虹ボードは、消費電力が約 1W と小さく、乾電池電源を用いても 1 時間以上発光させることができた。

### 3 虹ボードによる可視吸収スペクトルの観察方法

一般に分光光度計は光源部、分光部、吸収セル部、および検出部の 4 つの部分から成り立つ。虹ボードを用いた可視スペクトルの測定では、1 つ 1 つの発光ダイオードが純粋な光を発光するので (表 1 および写真 2 参照)、虹ボード

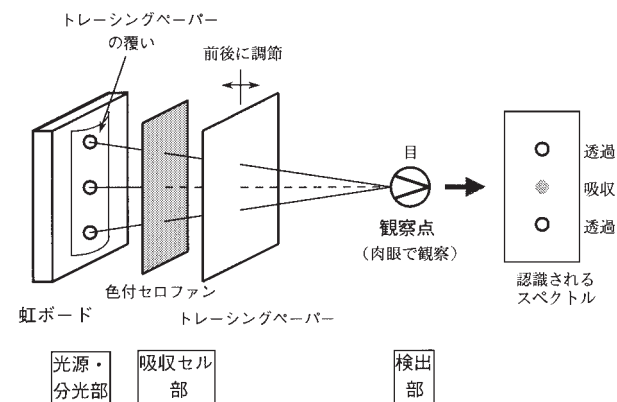


図 2 虹ボードによる可視スペクトル観察の模式図

が光源部と分光部の両方を兼ねることになる。そこで、虹ボード分光計では、図 2 に示すように、光源・分光部に虹ボードを用い、観察者の目が検出部となり、吸収セルを挟んで見える虹ボードの虹の明暗が可視吸収スペクトルとなる。このとき、むき出しの虹ボードでは、発光ダイオードの発光が強すぎて吸収が見えにくいので、トレーシングペーパーでボードを覆って光を減衰・分散させると良い。また、吸収セル部と目の間にもトレーシングペーパー入りのカードケースを置くと更に見え易くなる。図 2 は、吸収セル部に色付セロファンを挿入したときの配置を示しているが、その位置に透明ガラスの容器を置けば、溶液の可視吸収スペクトルの観察も可能となる。

虹ボード分光計の性能テストには、色付セロファンの可視スペクトルの観察が適している。色付セロファンを吸収セル部に挿入するときは、あらかじめ、写真 3 のように、色付セロファンをカードケースに入れたものを用意すると良い。写真 4 はむき出しの虹ボードを立てて発光させた場合であるが、発光が強すぎるので、写真 5 のようにトレーシングペーパーでボードを覆って光を減衰・分散させた。写真 6 は写真 5 の前に赤セロファンを置いたものである。写真 5 と写真 6 の比較から、赤セロファンの可視吸収スペクトルが議論できなくはないが、赤セロファンの赤色が強く見え過ぎて、肉眼で直感的に判断するのは少

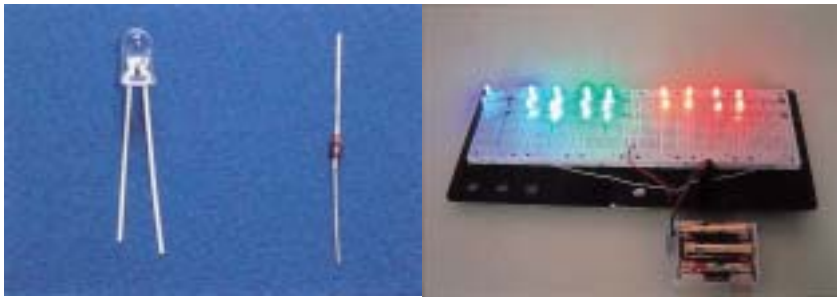


写真1 発光ダイオード（左）と定電流ダイオード（右）



写真2 単三電池6本で点灯した虹ボード

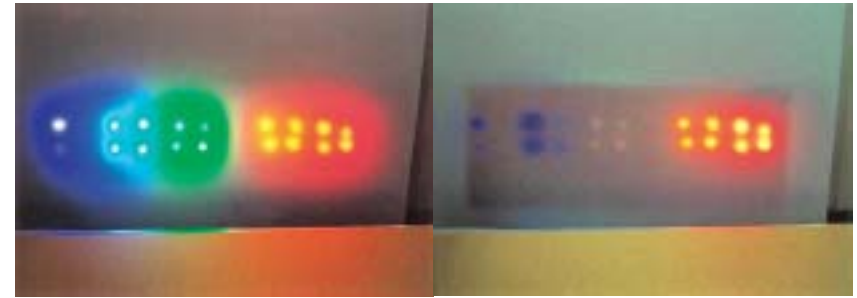


写真7 対照スペクトル：写真5の前に写真3のトレーシングペーパーを置く。

写真8 赤セロファンの可視吸収スペクトル：写真7の吸収セル部に赤セロファンを挿入。



写真3 カードケースに入れた色付セロファン（上4枚）とトレーシングペーパー（下1枚）



写真4 虹ボードの発光：むき出しのLEDの発光がまぶしい。



写真9 常夜灯電球とソケット：左から、ナツメ球、LED電球、ソケット、フード付ソケット。



写真10 テーブルタックに装着したLEDの常夜灯



写真5 トレーシングペーパーで前面を覆った虹ボード：LEDの発光が減衰し、分散する。



写真6 赤セロファンの可視吸収スペクトル：写真5の前に赤セロファンを置く。



写真11 LEDの常夜灯の点灯：左から青、緑、黄（橙）、赤のLED常夜灯。



写真12 常夜灯の発光スペクトル：写真11の前にトレーシングペーパーを置く。

し難しい。そこで図2の配置に従って、写真3の下側のトレーシングペーパーのみ入れたカードケースを吸収セル部と目の間に置いて、位置を適当に前後させると吸収スペクトルが鮮やかに見えるようになる。写真7は吸収セル部に何も置かなかったときの虹ボードスペクトルで、写真8は赤セロファンを置いたときのスペクトルである。写真8と写真7の比較から、赤セロファンが緑や青や紫のスポットを吸収していることが分かり、この段階で赤セロファンの可視吸収スペクトルが肉眼で直感的に理解できるようになったことがわかる。写真7のように吸収セル部に何も置かなかったときの虹ボードスペクトルを「対照スペクトル」と呼ぶことにする。以下の節では、虹ボード分光計の可視吸収スペクトルを、写真8のような吸収セル部に被測定物質を置いたときのスペクトルと写真7のような対照スペクトルを比較することによって議論しようと思う。

#### 4 性能チェック：色付セロファンの可視吸収スペクトル

虹ボードの性能をチェックするために、最初に色付セロファンの可視スペクトルを測定した。ここではこの結果と島津分光光度計 UV-2400PC で測定した UV-スペクトル（紫外・可視吸収スペクトル）を比較することで、虹ボードスペクトルの性能について厳密に議論する。

##### 4-A 赤セロファンの吸収スペクトル

赤セロファンの吸収スペクトルを図3に示す。図3において、上側の曲線は島津分光光度計 UV-2400PC で測定した紫外・可視吸収スペクトルのチャートで、下側の2本の帯状のカラー写真は虹ボードのスペクトルを示す。紫外・可視吸収スペクトルは横軸が光の波長で、縦軸が吸光度を示している。一方、虹ボードのスペクトルは、横軸がほぼ光の波長に対応しており、写真で見える LED の光のスポットの強度がその波長における透過光の強さを表す。図3の2本のスペクトルのうち、(a)は、図2の吸収セル部に赤セロファンのカードケースを挿入したときの虹ボードスペクトルを、(b)は対照スペクトル、即ち、吸収による光の減衰が無いときの虹ボードスペクトルを示す。ここで、図3(a)と図3(b)は、それぞれ、写真8と写真7を図3の上側のチャートに対応

するように長方形に切り取ったものである。対照スペクトルの発光ダイオードのスポットは表1に示した素子の順に発光している。即ち、図3(b)の9組のスポットは左から順に紫・青・青緑・緑・緑・アンバー・橙・赤橙・赤色で発光している [ただし、図3(b)の各スポットの発色は写真や印刷の都合で本来の色よりも変色している]。図3(b)の対照スペクトルと図3(a)のスペクトルを比較しながらながめることにより、赤セロファンの可視吸収スペクトルが虹ボードを用いて肉眼で直感的に観察できることがわかる。即ち図3(a)の赤と橙のスポットは(b)のものとはほぼ同じ明るさであるが、(a)の緑から紫までのスポットは(b)のものより暗くなっているため、赤セロファンが赤と橙を除いた可視光を吸収することがわかる。また、(a)を見ると、緑のスポットが青や紫よりも暗くなっているため、赤セロファンは緑の吸収が青や紫よりも大きいことがわかる。こうした結果は、図3上側の紫外・可視吸収スペクトルが 350~580nm の範囲の光を吸収し、400nm と 530nm に吸収極大を持つことに良く対応している。

##### 4-B 黄セロファンの吸収スペクトル

黄セロファンの吸収スペクトルを図4に示す。図4の上側のチャートは紫外・可視吸収スペクトルを示し、下側の2本の帯状のカラー写真のうち、上側 [図4(a)] は黄セロファンの虹ボード可視吸収スペクトルを示し、下側 [図4(b) 対照スペクトル] は吸収の無いときの虹ボードスペクトルを示す。黄セロファンは 570nm より短波長の領域で強い吸収を持つ。虹ボードスペクトル [図4(a)] は青のスポットが少し暗くなり、紫のスポットは完全に吸収されて暗くなっているのが見える。この結果は図4上側の紫外・可視吸収スペクトルと良く一致している。

##### 4-C 緑セロファンの吸収スペクトル

図5には緑セロファンの吸収スペクトルを示す。図5の上側のチャートは紫外・可視吸収スペクトルを示し、下側の2本の帯状のカラー写真のうち、上側 [図5(a)] は緑セロファンの虹ボード可視吸収スペクトルを示し、下側 [図5

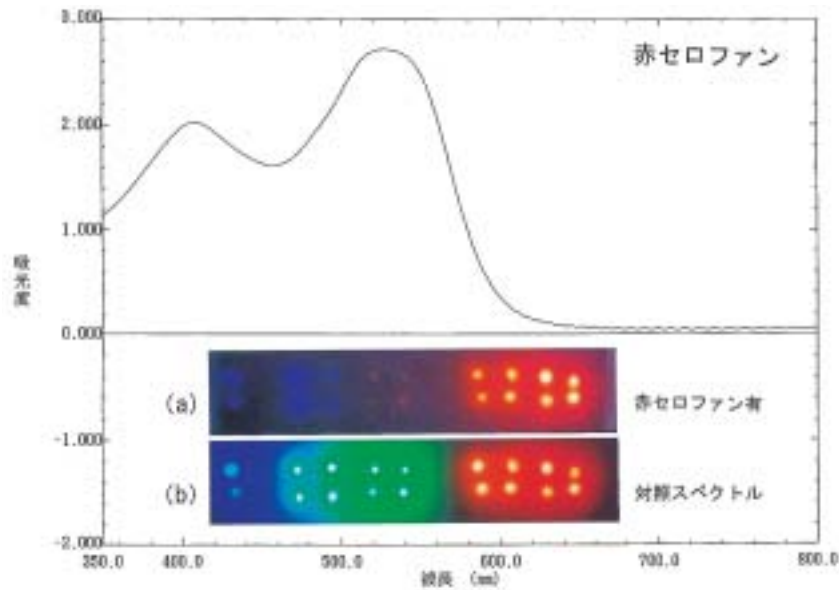


図3 赤セロファンのUV-スペクトルと虹ボードスペクトル

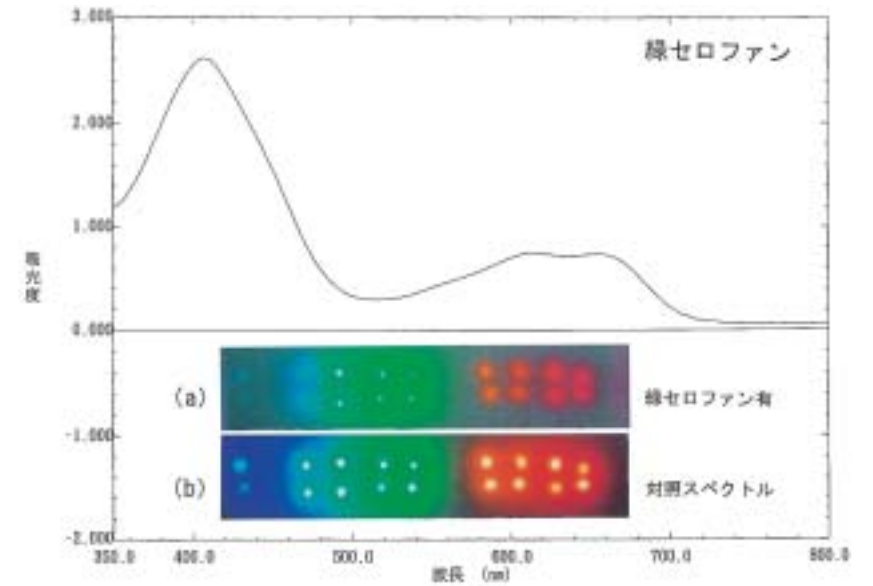


図5 緑セロファンのUV-スペクトルと虹ボードスペクトル

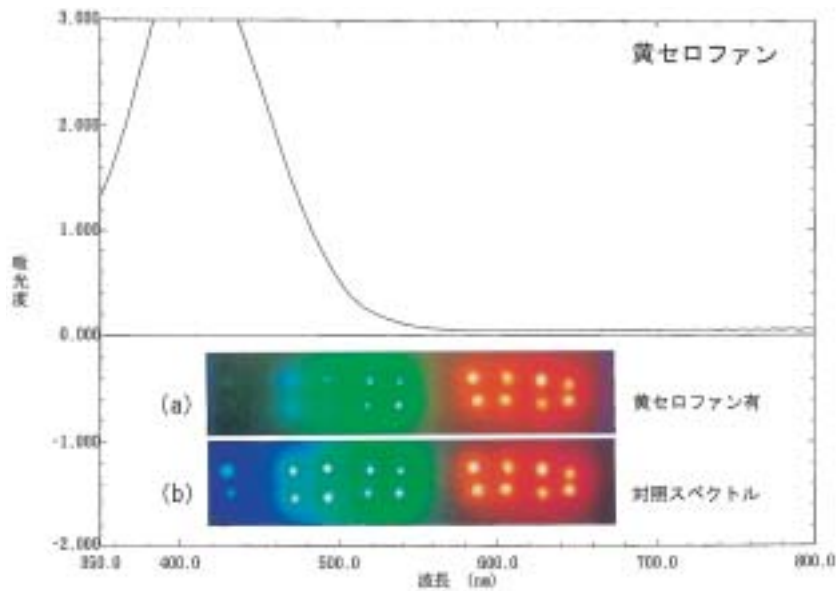


図4 黄セロファンのUV-スペクトルと虹ボードスペクトル

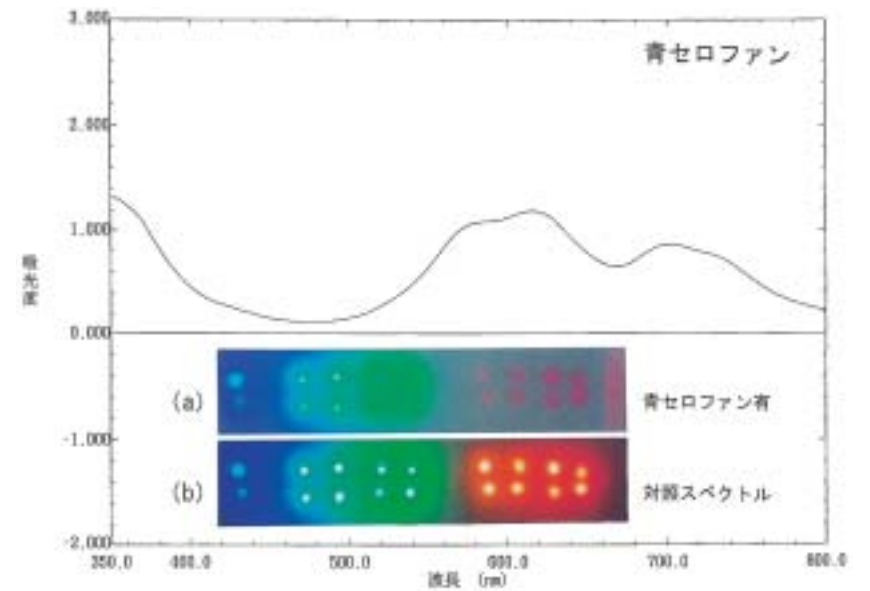


図6 青セロファンのUV-スペクトルと虹ボードスペクトル

(b)対照スペクトル] は吸収の無いときの虹ボードスペクトルを示す。緑セロファンは図5の上側のチャートが示すとおり赤の部分(560~680nm)と藍の部分(470nmより短波長の領域)に吸収を持つ。虹ボードスペクトル[図5(a)]は赤と橙のスポットが暗くなり、青と紫のスポットも暗くなっているが、緑と水色のスポットは暗くなり方が小さい。この結果は図5上側の紫外・可視吸収スペクトルのチャートと矛盾しないが、表現が少し曖昧になり、虹ボードスペクトルが微妙な吸収については直感的にコメントできないことを示している。

#### 4-D 青セロファンの吸収スペクトル

図6には青セロファンの吸収スペクトルを示す。図6の上側のチャートは紫外・可視吸収スペクトルを示し、下側の2本の帯状のカラー写真のうち、上側[図6(a)]は青セロファンの虹ボード可視吸収スペクトルを示し、下側[図6(b)対照スペクトル]は吸収の無いときの虹ボードスペクトルを示す。青セロファンは図6の上側のチャートが示すとおり赤と橙を中心(550~760nm)に吸収を持つ。虹ボードスペクトル[図6(a)]は赤と橙のスポットが暗くなり、緑のスポットが少し暗くなっている。この結果は図6上側の紫外・可視吸収スペクトルと良く一致している。

以上、4種類の色付セロファンに対して行った虹ボードスペクトルと市販分光光度計による紫外・可視吸収スペクトルの比較から、虹ボードが信頼のおける可視吸収スペクトルを与えることがわかった。また、図2の吸収セル部に、クロマト用のパッドを吸収セルにして置けば、色のついた液体の可視吸収スペクトルも観察できた。以上の性能テストから、虹ボードは光や色に関連するさまざまな演示実験に使用できることがわかる。

### 5 虹ボードを用いた授業例：理科教育や環境教育への応用

虹ボードを用いて演示実験をすれば、物質の色が見える仕組みや、光のエネルギーが物質に吸収される仕組みについての理解が容易になる。この節では、

虹ボードを用いた授業の実践例を詳細に解説する。

#### 5-A 赤い色はなぜ赤い? : 色が見える仕組みの説明

色が見えるという現象は、自然科学的要素だけでなく、心理学的要素も含まれるので複雑である。ここでは、深いレベルの説明は省いて、日常生活で知っておけば便利と思われるレベルの解説を行う。

虹ボードを用いた演示実験で色が見える仕組みを解説するとき手順は次の5つのステップを踏んで行っている。

ステップ1 最初に、「『赤い鳥、小鳥、なぜなぜ赤い。赤い実を食べた。』という童謡<sup>3)</sup>がありますが、この童謡は、‘赤い鳥’がなぜ‘赤い’かを説明していますが、‘赤い実’がなぜ‘赤い’かは説明していません。これからやる演示実験は‘赤い実’がなぜ‘赤い’かを説明する実験です。」と実験の目的を述べる。

ステップ2 次に、「太陽から来る可視光をその成分に分解すると、この虹ボードの虹のように七色の光になります。」と述べ、虹ボードの電源を入れ、吸収のないときの虹ボードスペクトル[写真5または図3(b)対照スペクトル参照]を見せる。

ステップ3 「『物質がある色を示す』ということはその物質が特定の色を吸収しているからです。では、この赤セロファンをこの(吸収セル部の)中に置くと何が起きると思いますか?虹ボードの赤いスポットの周辺が吸収されて暗くなると思いますか?あるいは青いスポットの周辺が吸収されて暗くなると思いますか?」と述べ、実験結果を予測させる。

ステップ4 赤セロファンのカードケースを吸収セル部の中に入れて、虹ボードの可視吸収スペクトル[図3(a)のスペクトル参照]を観察させる。

ステップ5 ステップ4の結果を考察して、「赤セロファンが赤く見えるのは、赤セロファンに含まれる赤の色素が、太陽光(七色の光)から赤色の光以外の光を吸収することで相対的に赤の光が残るので赤く見えるのです。」と述べて、赤色が見える仕組みを理解させる。

この演示実験は文科系の大学生を対象とした教養の自然科学や小学5年生を対象とした総合学習の中で行ったが、受講生はおおむね内容を理解したようで非常に好評であった。

ステップ1は演示実験の導入部分であるが、北原白秋作詞・成田為三作曲の「赤い鳥小鳥」<sup>3)</sup>の歌を紹介することで実験に興味を持たせ、実験の目的を理解させることができる。ただし、「赤い鳥小鳥」の歌は、親しみやすい歌にも関わらず、小学生も大学生も殆ど知らないことを留意する必要がある。ステップ2で初めて虹ボードを発光させるが、その色の鮮やかさに驚く受講生が多く、それをきっかけに実験に興味を持つようである。そのとき、必要に応じて、「太陽から来る光は、一番身近な自然界の光なので自然光と呼びますが、その光もプリズムで分光するとこのような虹色のスペクトル(写真5参照)が観察されます。実は、雨のあと空にかかる美しい虹も小さな雨粒がプリズムの働きをしてできる太陽のスペクトルなのです。」という言葉添えることもある。

赤い物質が赤く見えるのは、その物質が自然光から赤以外の色の光を吸収するために、赤い光のみが残って目に見えるからである。しかし、ステップ3で受講生に実験結果を予測させると、学生の場合は約70%が、児童の場合は100%が「赤セロファンは赤い光を吸収する。」と間違った予測した。こうした受講生も、ステップ4で実験観察をさせると、驚きを持って結果を見つめ、同時に自分の勘違いに気付き、正しい考え方を習得して行く。この段階で、殆どの受講生が「物質が特定の色を示す理由は、その物質の色素がその特定の色以外の色を吸収して、特定の色が強調されて目に見えるからである。」ということに気付き、赤以外の色付きセロファンの可視吸収スペクトルの予測もできるようになる。

#### 5-B オゾンはいかにして地球を守っているか？：オゾンホールの説明

地上25kmから45kmの大気中にオゾン濃度の高い空間が存在し、その空間はオゾン層と呼ばれている。オゾンは紫外線を吸収する性質があるが、この性質のおかげで太陽から来る有害な紫外線がオゾン層でカットされ地上に届かなくなり、私たち生命が地球上で安全に暮らせる環境が保障される。ところが、

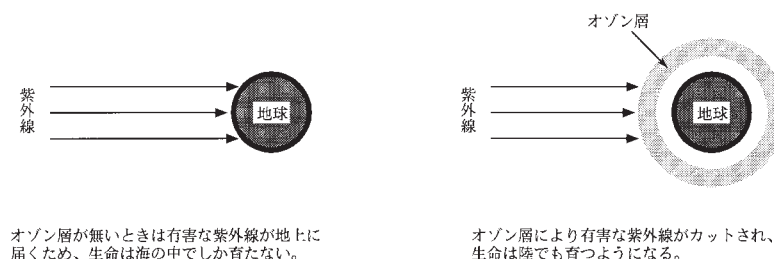


図7 地球の生命を保護するオゾン層

1980年代から南極上空にオゾン濃度の極めて小さい空間が、10月上旬をピークに出現することが確認された。この空間は「オゾンがスッポリ抜けた穴」という意味でオゾンホールと呼ばれている。オゾンホールの出現は、南極の出来事であるが、地球全体のオゾン層破壊の目安となり、地球の生命環境の保全に対して警鐘を与えている。

図7は、地球の生命が成層圏のオゾン層によって保護されているということを説明する模式図であるが、この図でオゾン層の働きは理解できても、オゾンホールの問題がいかに身近で切実な問題であるか理解しにくいと思われる。

そこで虹ボードの登場である。虹ボードを用いると成層圏のオゾンがいかに地球を守っているか実感でき、オゾンホールの問題を身近で切実な問題として捉えることができる。虹ボードを用いてオゾンホールの問題を教えるときの手順は次の6つのステップを踏んで行っている。

ステップ1 「太陽からはたくさんのエネルギーが放射され、その一部がいろいろな種類の光として地球にも届いています。その中には可視光のように目に見える光も含まれていますが、赤外線や紫外線のように目に見えない光も含まれています。可視光は、光の中のごく一部の光ということになりますが、目に見えるということで私たちにはバラエティに富んだものとして感じられ、いわゆる虹の七色と呼ばれる7種類の色で認識されます。即ち、可視光は、エネルギーの小さい方から赤・橙・黄・緑・青・藍・紫の7色に分類されます。赤よ



りエネルギーの小さな光は‘赤の外にある目に見えない光’ということで赤外線と呼ばれています。また、紫よりエネルギーの大きな光は‘紫の外にある目に見えない光’ということで紫外線と呼ばれています。このように太陽からは可視光以外にたくさんの赤外線や紫外線も地球に降り注いでいます。」と述べ、太陽から来るエネルギーと光の種類について解説する。

ステップ2 「紫外線はエネルギーの大きな光でいろいろな物質に作用します。夏に海水浴で日焼けを起こしたり、屋外に曝したプラスチックの袋がボロボロになったり新聞紙が変色したりするのも紫外線の効果です。また、紫外線には殺菌効果があり、この効果を利用して殺菌灯や日光消毒で微生物をやっつけることができます。しかし、この効果は人間まで及び、皮膚癌などの疾病を引き起こすと言われています。紫外線の生命に対する影響の大部分は紫外線が遺伝子DNAを損傷することから来ています。オゾンホールが拡大して紫外線が地上にたくさん降り注ぐようになると生命は地上には存在できなくなります。」と述べ、紫外線の生命に対する影響を説明する。

「現代の人間の活動が地球規模で自然を変化させ、環境問題が発生していることをご存知のことと思いますが、人間以外にも地球環境を大きく変えた生物がいるのです。実は、大気中の酸素は総て植物が光合成で生産したものなのです。」と、大気中の酸素の由来について解説する。

「地球は約46億年前に誕生しましたが、そのときの大気は酸素を含まなかったため、オゾン層が存在せず、太陽からの紫外線は直接地表まで届いていました（図7左側参照）。そのため、最初の生命は紫外線の届かない海の中に誕生し、進化を繰り返して植物が誕生しました。その植物が光合成により酸素を放出し、大気中の酸素濃度を増大させます。その酸素が成層圏に達すると、太陽からの紫外線の作用でオゾンが生成し、オゾン層を形成します。そのオゾン層のおかげで地上に有害な紫外線が届かなくなり、生命が陸上でも安全に暮らせるようになり、陸上で生活する生物が生まれました（図7右側参照）。」と述べ、オゾン層が生命にとっていかに大切なものであるか説明する。

「これから行う演示実験はオゾン層がいかにして地球の保護膜になっているかを実感する実験です。」と実験目的を述べる。

ステップ3 虹ボードの電源を入れ、「太陽から来る可視光をその成分に分解すると、この虹ボードのスペクトルのようになります。ここでエネルギーの小さな光がこの虹ボードでは赤の側の光で、エネルギーの大きな光が青や紫の側の光です。紫よりもエネルギーの大きな光は目に見えなくなり、紫の外側であることで、紫外線と呼ばれています。」と述べ、虹ボードの発光を指差しながら説明する。

ステップ4 「実は、目には見えませんが、この紫の発光ダイオードのスポットからは可視光だけでなく紫外線も出ています。ここでは、この虹ボードを太陽とみなし、青や紫の光を紫外線とみなして話を進めて行くことにします。」と述べ、続いて「この虹ボードの光を太陽からの光と思って見てください。今、皆さんの方から青や紫の光が見えるということは、皆さんの方に有害な紫外線が届いているということを示します。この紫外線を取り除いて皆さんに安全な光だけ届くようにするためにはどうしたら良いでしょうか？」と述べ、少し考える時間を与える。

しばらくして、黄セロファンを高く掲げて、「この黄セロファンがオゾン層の役目をします。このオゾン層を太陽光（虹ボード）と皆さんの間に置くとこのようになります」と述べて、黄セロファンのカードケースを吸収セル部の中に入れて、虹ボードの可視吸収スペクトル [図4(a)のスペクトル参照] を観察させる。

ステップ5 ステップ4の観察結果を考察して、「このオゾン層（黄セロファン）のおかげで有害な紫外線がカットされ、皆さんには安全な光だけが届くようになりました。この様に、実際の地球でも成層圏のオゾン層が生命の保護膜となって私たち生命を有害な紫外線から守ってくれます。」と述べて、オゾン層の大切さを実感させる。

ステップ6 続いて、フロンによりオゾン層が破壊される現状について解説し、ウィーン条約やオゾン層保護法などによってフロンの生産や使用を制限するなどの国際的な取組みが行われていることについて解説する。

この演示実験ではオゾン層の役目をするものとして黄セロファンを用いたが、

赤セロファンを用いても実験できることを付記しておく。

この演示実験は文科系の大学生を対象とした教養の「化学」や「環境科学」の時間の中で行った。受講生は虹ボードを使用することでおおむね内容を理解したようで、好評のうちに授業を終えることができた。上の例では、ステップ6まで説明したが、与えられた時間に応じて適当に省略して解説するのも良いと思われる。

これに関連して、近隣の小学校から「総合学習の時間に、小学5年の児童約30名のグループがオゾンホールについての課題学習をしているので、90分程度で指導してほしい」という要請があった。そこでステップ1からステップ6までの内容を全て教えることにしたが、そのままでは難解なので図を加えたり、語句の説明を加えたりした。また、必要に応じてクイズ形式で問いかけることで、興味を引き付けたり、見通しを持たせたりした。また、テスラーコイルを用いてオゾンが発生させ、オゾンの生臭い刺激臭を嗅がせることで、オゾンに対する印象付けを行った。以上の工夫をしてステップ6までを提示し、まとめをノートに記入させた。所々に質問や対論の時間を設けたが、活発に質問や意見が出され、専門的な議論まで飛び出したのには驚いた。そのときは、オゾンホールに対して特別な関心を持った児童を対象に指導したので、少々難解な話でも受け入れてもらえたのかも知れないが、それでも、虹ボードを用いることにより、学習の理解が高まることを実感した。

### 5-C 二酸化炭素でなぜ地球が暖まるか？：地球温暖化の説明

近年、石油・石炭などの化石燃料の消費の増大により、大気中の二酸化炭素の濃度が増大している。二酸化炭素は温室効果ガスとも呼ばれ、地球温暖化の原因の最大のものでされている。地球は、本来、昼間に太陽エネルギーを受けて暖まり、夜間に放射冷却して冷えるというサイクルを繰り返して一定の温度を保ってきた。しかし、大気中に温室効果ガスが増えると夜の放射冷却の効率が悪くなり、地球が冷えなくなり、その結果温暖化が進むと言われている。

「二酸化炭素が増大して、地球が温暖化する」という言葉を聞いて、「石油・石炭が燃焼して二酸化炭素を放出するときの発熱により地球が温暖化する」と

誤解する人が多い。しかし、実際は大気中の二酸化炭素が赤外線を吸収するために放射冷却が弱められて温暖化が起きるのである。通常は、地球が昼間に太陽から光エネルギーを受けて暖まり、夜間に熱エネルギーを赤外線の形で宇宙空間に放出して冷えている。しかし、大気中の二酸化炭素の濃度が増大すると、二酸化炭素が宇宙空間に放射されるべき赤外線を吸収して放射冷却できなくして、地球温暖化が起きるのである。しかし、この説明を聞いて、温暖化の原因は理解できても、二酸化炭素の何が温暖化を起こしているか、理解しにくいと思われる。

そこで虹ボードの登場である。虹ボードを用いると、二酸化炭素がいかにして地球から赤外線が放射されるのを妨げているか実感でき、地球温暖化が起きる仕組みが理解できる。虹ボードを用いて地球温暖化の問題を教えるとき手順は次の6つのステップを踏んで行っている。

ステップ1 前節のオゾンホールの演示実験のステップ1と同じ内容の解説をする。即ち、「太陽からはたくさんのエネルギーが放射され、その一部がいろいろな種類の光として地球にも届いています。その中には可視光のように目に見える光も含まれていますが、赤外線や紫外線のように目に見えない光も含まれています。可視光は、光の中のごく一部の光ということになりますが、目に見えるということで私たちにはバラエティに富んだものとして認識され、いわゆる虹の七色と呼ばれる7種類の色で認識されます。即ち、可視光は、エネルギーの小さい方から赤・橙・黄・緑・青・藍・紫の7色に分類されます。赤よりエネルギーの小さな光は‘赤の外にある目に見えない光’ということで赤外線と呼ばれています。また、紫よりエネルギーの大きな光は‘紫の外にある目に見えない光’ということで紫外線と呼ばれています。このように地球には可視光以外にたくさんの赤外線や紫外線も太陽から降り注いでいます。」と述べて、太陽から来るエネルギーと光の種類について解説する。

ステップ2 「赤外線は光1粒のエネルギーが小さな光ですが、その分、放射され易い光です。暖められた物体はたくさんの赤外線（熱）を放射することにより、冷えて行きます。赤外線は分子や結晶格子の振動運動を活発にして物体

を暖める効果があります。これから行う演示実験は二酸化炭素がいかにして地球が冷えるのを妨げているかを実感する実験です。」と、実験目的を述べる。

ステップ3 虹ボードの電源を入れ、「太陽から来る可視光をその成分に分解すると、この虹ボードのスペクトルのようになります（写真5）。ここでエネルギーの小さな光がこの虹ボードでは赤の側の光で、エネルギーの大きな光が青や紫の側の光です。赤よりもエネルギーの小さな光は目に見えなくなり、赤の外側にあることで、赤外線と呼ばれています。」と述べ、虹ボードの発光を説明する。

ステップ4 「ここでは、この虹ボードを地球とみなし、赤の光を赤外線とみなして話を進めて行くことにします。」と述べ、続いて「皆さんは宇宙からこの虹ボードの地球を眺めています。今、皆さんの方から赤の光が見えるということは、皆さんの方に地球から赤外線が放射されて地球が冷えているということを示します。一方、この虹ボードの赤の光が二酸化炭素に相当する物質によりカットされ皆さんのところに届かなくなれば、その物質が原因で地球が熱（赤外線）を放射できなくなり、地球は温暖化に向かうこととなります。では、二酸化炭素に相当する物質とはどのような物質でしょうか？」と述べ、少し間を置く。続いて、青セロファンを高く掲げて、「この青セロファンが大気中の二酸化炭素に相当する物質になります。地球（虹ボード）の大気に二酸化炭素が存在するとこのようになります。」と述べ、青セロファンのカードケースを吸収セル部の中に入れて、虹ボードの可視吸収スペクトル [図6(a)のスペクトル参照] を観察させる。

ステップ5 ステップ4の観察結果を考察して、「このように大気中に二酸化炭素（青セロファン）があると、皆さんの方には赤外線が届かなくなります。即ち、宇宙空間には赤外線が放射されなくなり、熱が地球に溜め込まれることとなります。この様に、二酸化炭素が大気中に増えると地球が温暖化することとなります。」と述べ、温暖化の起きる仕組みを実感させる。

ステップ6 続いて、地球温暖化の影響について解説し、地球温暖化の防止が、環境問題の中で一番緊急の課題であることを解説する。また、温暖化防止のために、気候変動枠組条約や京都議定書など、国際的な取組みが為されているこ

とについても解説する。

地球温暖化が大気中に大量に存在する窒素や酸素で起こらないことに関しては、無色透明なセロファンを虹ボードの吸収セル部に置いて、光を吸収しない物質が存在することを確認することで説明しても良いし、ただ単に、「窒素や酸素は赤外線を吸収しないから温室効果ガスではありません。」と、言葉のみで説明しても良い。また、温室効果ガスには二酸化炭素の他にもメタンや窒素酸化物やフロン等があることを言及しても良い。

#### 5-D 身の回りのものが機能する仕組みの解説：サングラスなどを例に

ここでは、虹ボードの教材を使ってサングラスや日焼け止めクリームなど日常生活で使われているものが働く仕組みについて解説する。ここでの内容を児童・生徒に提示するときは、5-A から5-C までの解説を終えた上で提示するのが適当である。それゆえ、ここでの解説も5-C までの解説を終えたものとして行う。サングラスの働く仕組みを虹ボードで説明するには次の手順を踏むと良い。

##### ステップ1

前口上として、「紫外線は、皮膚癌や白内障の発生、免疫機能の低下など、人の健康に重大な影響をもたらします。近年オゾンホール拡大により、地上に降り注ぐ紫外線が増加傾向にあるため、色々な対策が取られています。その対策の一つとして、オーストラリアでは一部の地域で小学生がサングラスをかけて通学しているそうです。ここでは『紫外線よけのサングラスのガラスの色はどんな色が良いか?』という問題を考えます。」と述べ、問題を提起する。

##### ステップ2

赤と青と黄色のセロファンのカードケースを見せて、「どの色のサングラスが紫外線対策として良いか、予想して答えて下さい。」と問いかける。（この問いの正解は黄色であるが、この問題を学生に出したところ、過半数の学生が青と答える傾向にあった。）

### ステップ3

虹ボードの電源を入れる。可視光はエネルギーの小さい方から大きい方へ、赤・橙・黄・緑・青・藍・紫の成分に分かれることを説明し、紫の外側に紫外線があることを説明する。

### ステップ4

赤、青、および黄色のセロファンのカードケースを一枚ずつ順に図2の虹ボードの吸収セル部に挿入する。赤、青、および黄色のセロファンの可視スペクトルは、それぞれ、図3(a)、図6(a)、および図4(a)のようになる。このとき「赤のセロファンは緑から紫までの光を吸収しているので、紫外線も吸収することが予想されます。青のセロファンは青や紫の光を透過させているので、紫外線も透過させることが予想されます。一方、黄色のセロファンは青と紫の光を吸収するので紫外線も吸収することが予想されます。」と述べて、「この結果、紫外線を吸収するサングラスの色は赤か黄色が適当であることが予想されますが、赤は光が偏り、物が見えにくくなるので、最適な色は黄色になります。」と結論を述べる。

以上のステップを用いて解説すれば、紫外線とサングラスの関係は理解できるはずである。サングラスはこれ以外にもいろいろな目的で使われており、その目的に応じて様々な色のサングラスが使用されていることを申し添えておく必要がある。

このように、虹ボードを使うとサングラスが太陽光から紫外線を吸収する様子が疑似体験できるので、学習の理解が一段と進む。一方、日焼け止めクリームがどのようにして紫外線を防いでいるかについては、黄色のセロファンを用いて説明できる。即ち、黄色のセロファンが紫外線を吸収することを虹ボードで示し、続いて、日焼け止めクリームの中に黄色のセロファンと同様な紫外線を吸収する成分が入っていることを説明すれば良い。また、熱線吸収ガラスがどのようにして熱線（赤外線）を吸収するかについては、青のセロファンを用いて説明すれば良い。即ち、青のセロファンが赤外線を吸収することを虹ボードで示し、続いて、熱線吸収ガラスの中に青のセロファンと同じような赤外線

を吸収する成分が入っていることを説明すれば良い。このように、日常生活で色にまつわるさまざまな問題は虹ボードの演示実験を用いると効果的に説明できる。

## 6 虹ボードの教材と小学校や中学校の理科

前の節では、大学生相手の教養の自然科学や小学生相手の環境学習で行った虹ボードの具体的な使用例について紹介した。ここでは、虹ボードの教材が小学校や中学校の理科をはじめとする正課の授業の中で使用される可能性について検討する。

一般に理科の学習は、自然に対する関心を高めて、自然の事物・現象を観察や実験を通して学んで行くことが理想的である。最近、憂慮すべき事態として、児童・生徒の理科離れが問題になっている。この原因はいくつか考えられるが、ここでは、理科で学ぶ内容と実生活で出会う現象が結び付きにくくなってきたことを挙げたいと思う。そして、その対策の一つとして理科などの正課の授業の中で「色と光」の学習の初歩的な部分を導入することを提言しようと思う。

理科が日常生活と結びつきにくくなった具体的な例として、日常生活で行う測定デジタル化が挙げられる。現代は、電子技術の発達で、測定装置が自動化・洗練化して便利になった反面、装置がブラックボックス化して中身が見えなくなり、数値だけが測定結果としてデジタル化した画面に表示されるので、測定の仕組みが見えなくなっている。その結果、測定装置の心臓部に小・中学校の理科で習う測定原理が使われているにもかかわらず隠されてしまうので、測定装置と理科のつながりが見えなくなっている。例えば、気温の測定に関して、昔は寒暖計の赤い棒（アルコール）の伸び縮みを読んで判断していたので測定の意味がわかり温度の変化が実感できたが、今はデジタル化された画面の数値を読むだけなので楽になったが、その分測定に対する印象が薄くなっている。このことは重さの測定についても言える。昔はバネの伸び縮みや天秤の棒の傾きで量っていたので、物の重さに応じた測定器具の動きで測定の仕組みや重さが実感できたが、今は装置の表面にある数値だけが重さを表わしているので測定の実感が湧きにくくなっている。このように、日常生活で行うさまざま

な測定において、理科との結びつくいろいろな部分が見えにくくなっている。

しかし、このことは、日常の測定のことだけでなく、日常生活そのものについても当てはまる。私たちは身の回りのさまざまな工業製品を利用して生活を便利に豊かにしているが、私たちが工業製品から得られる直接の恩恵を重視して工業製品を改良した結果、製品が働いている具体的な部分、即ち、理科と直接つながっている部分を意識的に覆い隠してしまっている。この結果、私たちは日常生活でさまざまな工業製品を利用していても、理科を感じることは殆ど無くなってしまった。このように、日常生活で理科を身近に感じる事が少なくなり、理科を主に学問の中だけでしか感じられなくなったことも、理科離れの原因になっていると思われる。

こうした理科離れの対策として、自然と触れ合う機会を増やしたり、日常生活に直結した項目を取り入れたりする方法も考えられるが、ここでは「五感を大切に理科教育」というものを考えてみたい。五感とは、目、耳、鼻、舌、および皮膚の感覚のことで、これらの感覚を通して直接体験する現象を中心に理科を組み立てようとするものである。

理科は星や宇宙のことも対象とするが、身の回りのあらゆる現象も対象としている。とりわけ、「光と色」や「音」に関する現象は、人間の目や耳に直接かかわり、各個人の日常生活で頻りに体験したり、観察したり、検証できたりするので、興味を持ちやすい項目である。にもかかわらず、「音」に関する項目は、平成10年の小学校学習指導要領第6次改定<sup>4), 5)</sup>により小学校理科から削られて中学校の理科に統合された。一方、「光と色」は昭和33年の第2次改定<sup>6)</sup>のときに中学校で詳しく扱われたこともあったが、現在では高校物理での軽い扱いになっている。ここでは議論を「光と色」の初歩的な学習と虹ボードの教材を小学校や中学校の正課の授業の中で取り上げることの可能性について考察する。

最初に、現在施行されている第6次改定の小学校学習指導要領<sup>4), 5)</sup>から検討する。小学校学習指導要領の理科で「光と色」に関連した項目は、第3学年と第4学年で出てくる。第3学年においては、学年の目標で、「(2)光、電気及び磁石を動かしたときの現象を比較しながら調べ、見いだした問題を興味・関

心をもって追究したりものづくりをしたりする活動を通して、光、電気及び磁石の性質についての見方や考え方を養う。」と述べ、「内容の取り扱い」の中の「B 物質とエネルギー」の項目で「(1)鏡などを使い、光の進み方や物に光が当たったときの明るさや暖かさを調べ、光の性質についての考えをもつようにする。」、「ア 日光は集めたり反射させたりできること。」、「イ 物に日光を当てると、物の明るさや暖かさが変わること。」と述べている。一方、第4学年においては、「内容の取り扱い」の中の「C 地球と宇宙」の項目で、「(1)月や星を観察し、月の位置と星の明るさや色及び位置を調べ、月や星の特徴や動きについての考えをもつようにする。」、「イ 空には、明るさや色の違う星があること。」と述べている。

この学習指導要領が意図する学習は、3年では、「光が直進したり、反射したりすることと、光がエネルギーを持っていること」だけを学ぶことであり、それ以上は言及していない。また、4年では「星には明るさや色に違いがあること」だけ学び、明るさや色が違う理由については扱っていない。このように、小学校学習指導要領が指定する理科の内容は限られているが、平成15年12月に告示された学習指導要領の一部改正<sup>5)</sup>では、「内容の取り扱い」に関して、「内容の範囲や程度等を示す事項は、すべての児童に対して指導するものとする内容の範囲や程度等を示したものであり、学校において特に必要がある場合には、この事項にかかわらず指導することができる。」(小学校学習指導要領第1章第2の2、第2章第4節第3の2(4)等)という項目が追加された。この結果、指導要領の範囲を越えた内容を児童に提供することが可能になった。この改正に従う形で、各教科書会社は、教科書の全頁数の約1割を限度として、本文と区別する形で、学習指導要領の範囲をこえる内容を「発展的な学習内容」として含む教科書を出版している。例えば、近隣の小学校で採択されている大日本図書の理科の教科書は、3年の発展学習のところで、「黒い手袋、白い手袋、アルミニウム箔を貼った手袋を作り、太陽光をあてたときの暖まり方の違いから、黒い色は光を吸収して暖まりやすいことを学ぶ実験」を掲載<sup>7)</sup>している。また、この教科書は、小学校学習指導要領第2章第4節第3の2(2)の「生物、天気、川、土地などの指導については、野外に出掛け地域の自然に親

しむ活動を多く取り入れるとともに、自然環境を大切に作る心やよりよい環境をつくろうとする態度をもつようにする。」を念頭に置いて、「生物のくらしと自然かんきょう」という単元の中で、「地球温暖化」の問題を取り上げて<sup>8)</sup>いる。

以上のことを勘案すると小学校理科において「光と色」に関する内容の一部を取り扱っても問題ないと思われる。しかし、その場合、指導する場所は、児童を混乱させないために、小学校理科の総まとめの部分であるのが望ましい。それゆえ、「光と色」に関する内容は、小学校3年の「光はエネルギーを持つ」ことについて学習するときよりも、小学校6年の「生物のくらしと自然かんきょう」の発展学習の「環境問題」の中で、地球温暖化やオゾンホールの問題に関連付けて補助的に取り上げるのが効果的であると思われる。

同様のことが、中学校の理科に対しても言える。第6次改定の中学校学習指導要領<sup>9),10)</sup>の理科で「光と色」に直接関係した項目は見当たらないが、環境問題と関連付けて虹ボードを教材として利用する箇所はいくつかある。理科の第1分野の「目標」(4)では「物質やエネルギーに関する事物・現象を調べる活動を通して、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養うとともに、自然を総合的に見るができるようにする。」と記述し、「内容」の(7)「科学技術と人間」の項目では「エネルギー資源の利用と環境保全との関連や科学技術の利用と人間生活とのかわりについて認識を深めるとともに、日常生活と関連付けて科学的に考える態度を養う。」と述べ、「イ 科学技術と人間」の項目では「(ア) 科学技術の進歩による成果として新素材などの利用が行われ、日常生活が豊かで便利になったことを知るとともに、環境との調和を図りながら科学技術を発展させていく必要があることを認識すること。」と記している。また、第2分野の「目標」(4)では「生物とそれを取り巻く自然の事物・現象を調べる活動を行い、自然の調べ方を身に付けるとともに、これらの活動を通して自然環境を保全し、生命を尊重する態度を育て、自然を総合的に見るができるようにする。」と記述し、「内容」の(7)「自然と人間」の項目では「微生物の働きや自然環境を調べ、自然界における生物相互の関係や自然界のつり合いについて理解し、自然と人間のかかわり方について総合的に見たり考

えたりすることができるようにする。」と述べ、その「ア 自然と環境」の(イ)では「学校周辺の身近な自然環境について調べ、自然環境は自然界のつり合いの上に成り立っていることを理解するとともに、自然環境を保全することの重要性を認識すること。」と記し、「イ 自然と人間」の(ア)では「自然がもたらす恩恵や災害について調べ、これらを多面的、総合的にとらえて、自然と人間のかかわり方について考察すること。」と記している。

以上のことを要約すると、中学校理科の第1分野と第2分野の「目標」(4)では、「身の回りの自然や日常生活での体験を通して、自然を科学的に、総合的に見るができるようにすること」と、「自然環境との調和を図りながら科学技術を発展させて行く方法を考えること」を目指しているように思われる。虹ボード教材を用いた「光と色」の項目は自然を身近に理解するための基本事項を含んでいるし、地球規模の環境問題を理解する項目も含んでいるので、中学校理科の目標に叶っている。実際に、中学校理科の第1分野と第2分野の最後には、「環境問題」を取り上げて、「自然と人間が調和していく」やり方について問いかけている。そこで、「光と色」の項目は、中学校理科を一通り終えた後に、発展学習の「環境問題」の中で取り上げるのが一番良いと思われる。

## 7 虹ボードの教材と小学校や中学校の総合的な学習の時間

結論から述べると、虹ボードを教材として「光と色」の中で扱う項目を「総合的な学習の時間」で取り上げることは適当であると言える。

平成15年12月に告示された小学校学習指導要領の一部改正<sup>5)</sup>の中で、「総合的な学習の時間の取り扱い」の項目で、「(2) 各教科、道徳及び特別活動で身に付けた知識や技能等を相互に関連付け、学習や生活において生かし、それらが総合的に働くようにすること(小学校学習指導要領第1章第3、2)。」という項目が追加された。この項目は、「小学校学習指導要領解説 総則編<sup>11)</sup>」で述べているとおり、「総合的な学習の時間の実施上の課題として各教科との関連に十分な配慮がなされないまま実施されている例が見受けられたこと」を踏まえて付け加えられたもので、「学校で学ぶ知識と生活との結びつき、知識の総合化の視点を重視し、各教科等で得た知識や技能等が学習や生活において生

かさね総合的に働くようにすること」をねらいとしている。また、同様のことが平成 15 年 12 月告示の中学校学習指導要領の一部改正<sup>10)</sup>の中の「総合的な学習の時間の取り扱い」の項目で述べられている(中学校学習指導要領第 1 章第 4、2)。

虹ボードの教材と「光と色」の項目は、「色」という観点からすると「理科」と「図画工作／美術」という教科に結びついており、「環境問題」という観点からすると、「理科」と「社会」という教科に結びついており、また、視覚で現象を確認できるという観点からすると実生活の経験にも結びついているので、総合的な学習の時間に取り上げる項目としてふさわしいと言える。総合的な学習の時間における虹ボードの教材と「光と色」の項目の具体的な取り上げ方については稿を改めて論じることにする。

## おわりに

本稿において、虹ボードの製作方法や性能について詳細に解説した。この中で、虹ボードによる色付きセロファン可視吸収スペクトルをカラー写真で紹介できたことは、今後の虹ボードの利用法を考える上で重要な意味を持つ。環境問題や自然科学の問題に対して、虹ボードを用いた演示実験のやり方についても具体的に示した。虹ボードの教材とそれに関連した「色と光」の項目の一部は小学校や中学校の理科の発展学習で扱えることがわかった。

このように、手許にあれば非常に利用価値の高い虹ボードであるが、五千円程度の材料費と組み立ての手間に躊躇する人もいると思う。そうした人のために発光ダイオードの常夜灯を用いた簡易虹ボードを提案する。一般家庭の常夜灯に使われるのは白熱電球タイプのナツメ球であるが、それと同じ明るさで消費電力が 5 分の 1 以下の発光ダイオード(LED)を組み込んだ省エネタイプの常夜灯用電球が市販されている。LEDの常夜灯用電球は、赤、黄、緑、青、および白の 5 色あり、ナツメ球とほぼ同じ外形を持っているので、市販のスイッチ付のソケットにセットして発光させることができる。写真 9 は、左から 5W のナツメ球、LEDの常夜灯電球<sup>12)</sup>、および百円ショップで購入したソケットにセットしたときの様子(フード無しと有りの場合)を示す。写真 10 は写真 9

の常夜灯 4 個をテーブルタックに装着した様子を示す。写真 11 は常夜灯を点灯したときの様子で、青、緑、橙、赤で発光していることがわかる。ここで、黄色発光として市販されているLEDの常夜灯は橙色で発光することを附記しておく。写真 12 は写真 11 の常夜灯の前面にトレーシングペーパー入りのカードケースを置いたもので、LEDの常夜灯を用いても写真 7 に相当するスペクトルが得られることがわかる。この簡易虹ボードを製作するために購入した部品は、LEDの常夜灯電球 4 個、ソケット 4 個、およびテーブルタック 1 個で、組み立ての手間を必要としないにもかかわらず、材料費は通常の虹ボードの半額で済んだ。この簡易虹ボードは 100V の一般家庭用電源で動作するが、明るさは十分あり、理科教育や環境教育の教材として使用できることがわかった。簡易虹ボードから得られる可視吸収スペクトルに関しては稿を改めて紹介しようと思う。

最後に、理科離れの対策として、五感を中心とした理科教育を行うことも一つのやり方であることを強調したい。そして、虹ボードの教材は五感の中で一番情報量の多い視覚に関する問題を扱うことができるので、理科教育の中で積極的な利用が期待される。

## 謝辞

虹ボードの教材の製作に関して富本良子氏の協力を受けた。ここに記して心からお礼申し上げる。

## 参考文献

- 1) 松村敬治：私のくふう 発光ダイオードの『虹ボード』を用いた可視スペクトルの演示実験—吸収スペクトルを実感する教材の開発—『化学と教育』51 巻 6 号 p.374-375 2003.
- 2) 電子部品の販売店：(株)秋月電子通商 (<http://akizukidenshi.com>)；アールエスコンポーネッツ株式会社 (<http://www.rswww.co.jp>) など
- 3) 北原白秋(著者)、津曲篤子(発行者)『日本の童謡 北原白秋童謡集』p.8 彌生書房 1976.

- 4) 文部省告示『小学校学習指導要領』5刷 財務省印刷局 2001.
- 5) 文部科学省『小学校学習指導要領』改訂版 独立法人国立印刷局 2004.
- 6) 中学校学習指導要領（昭和33年10月1日施行）：内容については教育情報ナショナルセンター（NICER）のWebサイト（<http://www.nicer.go.jp>）から検索
- 7) 戸田盛和、有馬朗人他47名：『新版楽しい理科3年』大日本図書 p.74-76 2005.
- 8) 戸田盛和、有馬朗人他47名：『新版楽しい理科6年下』大日本図書 p.58-65 2005.
- 9) 文部省告示『中学校学習指導要領』4刷 大蔵省印刷局 1999.
- 10) 文部科学省『中学校学習指導要領』改訂版 独立法人国立印刷局 2004.
- 11) 文部科学省『小学校学習指導要領解説 総則編』一部補訂 東京書籍 2004.
- 12) LEDの常夜灯用電球：株式会社オーム電機（<http://www.ohm-electric.co.jp>）