

「光のスペクトルメーター」を用いた実験講座の研究 および新規演示実験への導入

*黒田祐子

Yuko KURODA

要旨：千葉県立現代産業科学館では、来館者向けに科学に親しむための実験を毎日実施している。今年度は、光のスペクトルメーターを使った2つの実験講座を計画・実施した内容を検討し、常設展示である演示実験に新規導入することとなった。そこで、今年度実施した光や色彩に関する2つの実験講座の内容を中心に、導入への取り組みについて報告する。

キーワード：光 色彩 スペクトル 虹 ニュートン 演示実験

1 はじめに

当館では、来館者向けに科学に親しむための実験を毎日実施している。どの実験も当館の展示や歴史上の科学者の発見に関連するもので、来館者の科学への興味関心を高めるための内容が工夫されている。

今年度、公益財団法人双葉電子記念財団の青少年創造性開発育成事業の一環として、光のスペクトルメーターを使用した実験が助成を受けることとなった。そこで、千葉県立市川工業高等学校の単位認定支援事業 第9回講座とクリスマス実験講座の2つの場で、光と色彩に関する実験講座を実施した。さらにこの2つの内容を元に、常設展示として行っている演示実験への新規導入を平成30年度以降実施できるように計画を行うこととした。

2 千葉県立市川工業高等学校単位認定支援事業

(1) 目的

この講座は、博学連携の一環として高校生の科学および博物館活動に対する理解の深化と学習活動や教育活動の支援を行うことを目的としている。

今回は、新規事業開発への協力として「光と色彩の不思議」について実験を体験し、学習する場とした。受講生にはインテリア科に所属する生徒もいたため、光だけでなく色彩の見え方にも重点をおいて行った。

(2) 内容

第9回講座「光と色彩の不思議」

実施日 平成29年10月29日(土)

受講している高校生3名を対象に、当館の主任技術員川井氏が45分間の講座を行った。



図1 第9回講座「光と色彩の不思議」の様子

ア 光を調べる

まずは光の基本知識として、プリズムやCDを用いて光を屈折させ、光の波長によって、赤外線・可視光線・紫外線に分類できることを学習した。



図2 CDの裏面を使った光の屈折の様子

可視光線以外についても触れた。紫外線や赤外線は聞きなれた用語であるためか、高校生は熱心に話を聞いており、紫外線を当てると発光する様子ほどの生徒にも印象強く残ったようだった。

イ 照明と光の色味

ここでは、光の色味の違いを温度ごとに説明した。太陽光の色味が応用され、蛍光灯でも様々な色に分類されて照明として使用されていることを確認した。



図3 照明と光の色味に関する説明画面

ウ いろいろな光を測ってみよう！

次に、様々なものを対象に光のスペクトルを測定した。簡単に測定でき、その光に含まれる光量をグラフではっきりと見ることができると、高校生も積極的に活動した。



図4 光のスペクトルメーター

測定は以下の5点の光について行った。

- (ア) 太陽光
- (イ) 白熱電球
- (ウ) 蛍光灯電球
- (エ) LED電球
- (オ) 水耕栽培用LED（有限会社葉っぱや提供）



図5 LED電球の測定の様子

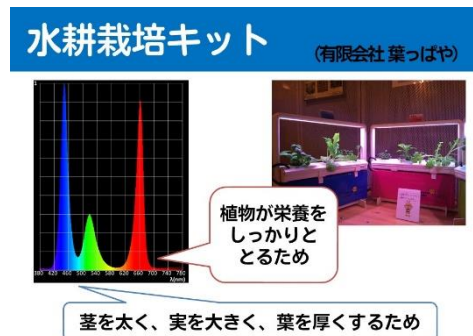


図6 水耕栽培用LEDの光を測定した結果

館内で使用されているその他の照明やスポットライトについても、あらかじめ測定したデータを用いて比較した。(オ)水耕栽培用LEDでは赤と青色が顕著に含まれるスペクトルの結果が得られ、植物育成に必要な光を確かめることができた。これには職員の関心も集め、常設展示にも応用できる事実であった。

エ ものの見え方を評価する～演色性～

最後に、演色性を利用した例として、スーパー等で使用される照明の違いについて取り上げた。実際に肉やりんごに照明を当ててみると、色見え方が異なることを体感することができた。

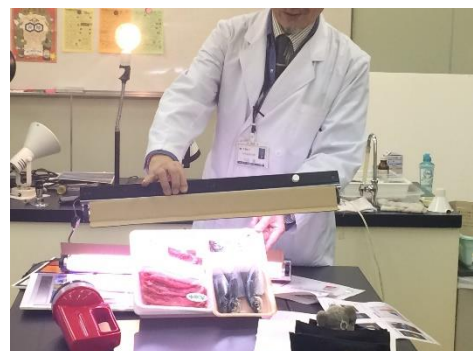


図7 野菜売り場での照明を当てた場合

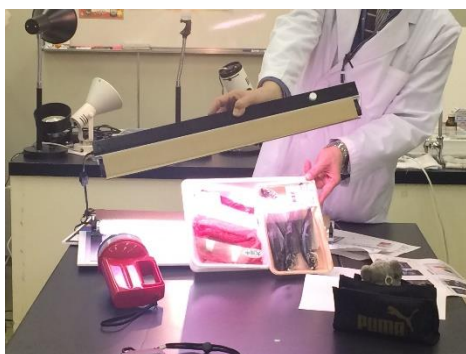


図8 肉売り場用の照明を当てた場合

また、青色付近の波長の光には、睡眠ホルモンの分泌が抑制される効果があるという研究内容も紹介された。パソコンやスマートフォンに興味が高い高校生にとっては、日常生活にも直結するよい学習の機会にもなったとも考えられる。

(3) 考察

少人数で行うことができたため、光のスペクトルメーターを全員が体験することができたのがよかった。また対象が高校生であったことから、光についての基本知識があり、講師の説明とともに日常生活で見られる光が連想できたため、スペクトルの違いと演色性の関連性が理解しやすいものであった。また光について幅広い視野で話を進めていくことができたため、大人も楽しみながら納得できる内容となった。

最終的には、常設展示の演示実験に平成30年度から新規導入をする。そのため、短時間でできる内容、参加者の年齢に相応する難易度について今後検討していく課題が生じた。

3 クリスマス実験講座

(1) 目的

この講座は、イギリスの科学者ファラデーが1860年からクリスマス休暇に王立研究所で行ったクリスマスレクチャーにちなみ、当館でも毎年12月に実施している。

主として幼児または小学生を対象とした参加型のサイエンスショーで、科学の現象や実験に親しむ機会を提供することを目的としている。

なお「1 千葉県立市川工業高等学校単位認定支援講座」を受講した高校生が補助役として参加した。

(2) 内容

「虹をつくる光のひみつ」

実施日 平成29年12月23日(土)

およそ30分間の内容で、幼児から大人まで合計59名の参加があった。小さな子どもを対象とした内容で「光はたくさんの色が合わさってできている」ことを体験してもらうことを中心に行った。

ア 虹を見てみよう

まず、「光はたくさんの色が合わさってできている」ことを確認するために虹を見た。虹ビーズを張り付けた巨大虹シートに懐中電灯の光を当てると、光源のまわりに立体的な虹ができる。虹のできる詳しい説明についてはあえて省略したが、虹を見たことがある子どもたちは、雨が降っていない会場に虹が現れたことに興味を示していた。



図9 巨大虹シート(写真左側)

イ 太陽の光は何色？

光のスペクトルメーターを使って代表者に太陽光を測定してもらった。



図10 太陽光のスペクトルを測定する様子

測定したデータをもとに、太陽の光は白色に見えるが、虹と同じようにたくさんの光があつまっていることを説明した。

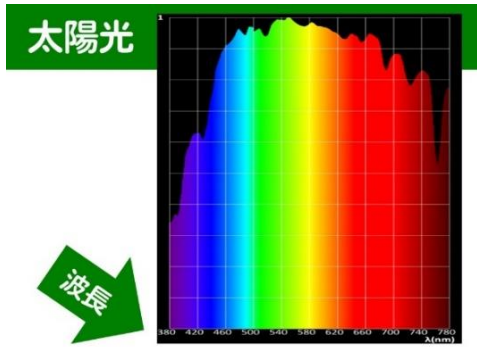


図11 太陽光のスペクトル



図 14 赤色に反応しているライトの様子

波長やスペクトルといった言葉は小さい子どもにとっては難しいが、スペクトルのグラフを大画面に写すと色ははっきりと見ることができたため、白色だけではないことが理解できたようだ。

次に光が合わさると白色に見えることを、ニュートンの「光の三原色」の実験で示した。これは、常設展示の演示実験でも扱っている内容である。



図12 ニュートンの光の三原色の実験の様子

ウ 身近な光は何色？

身近な光として、代表者が測定した展示室内のスポットライトのスペクトルや、あらかじめ測定したデータを画面上で紹介し、使い方によって色の組み合わせに違いがあることを説明した。

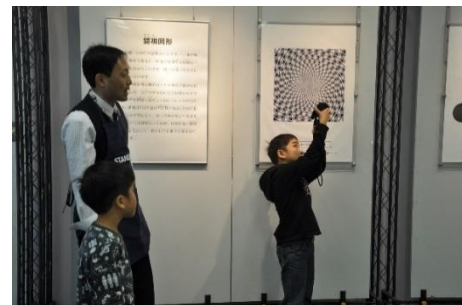


図15 展示室内のスポットライトのスペクトルの測定

また、この部分が子どもたちにとって一番難しく大切な知識となるため、インテリア用のライトを使って別の演示実験を見せることで再度確認をした。このライトは赤・青・緑の3色のLEDの光を調整して合わせることにより、センサに反応した様々な色を光で再現することができるものである。インパクトが強く、子どもにも大人にも大変人気であった。



図 13 黄色に反応しているライトの様子

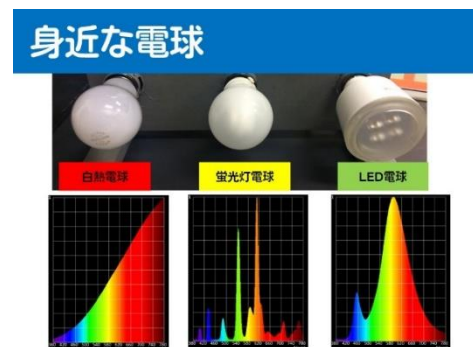


図16 電球による光のスペクトルの比較（説明画面）

最後に、近隣のスーパーで撮影協力をお願いした肉売り場での照明についてクイズとした。

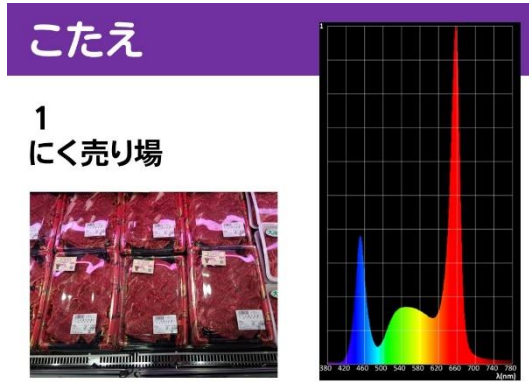


図17 クイズ「どの売り場の照明のスペクトルか？」

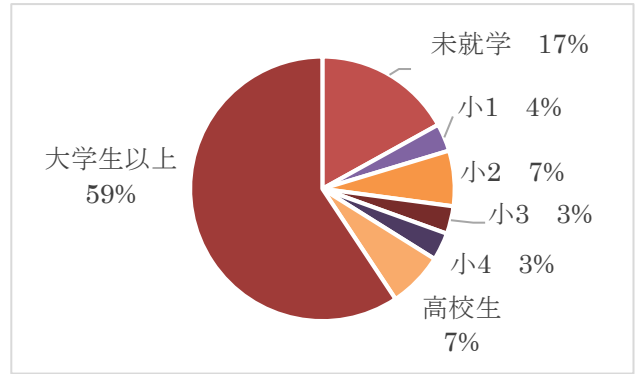


図20 参加者の年齢割合

エ まとめ

「光はたくさん色が合わさってできている」という内容を再確認するため、最後に回折格子を全員に配布した。回折格子をかざして照明を見ると、回折した様々な色の光が現れた。



図18 回折格子を通して蛍光灯を見た様子

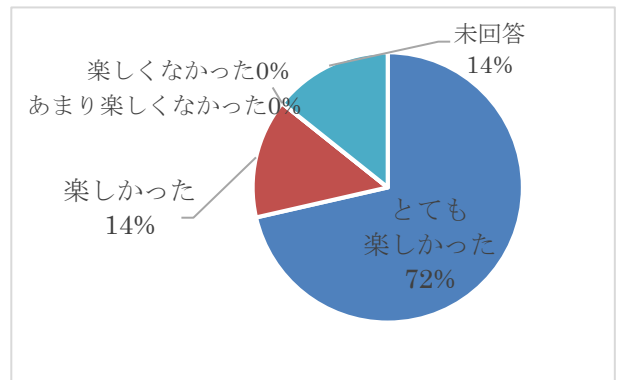


図21 参加者の満足度



図19 回折格子を一人ずつ持って体験している様子

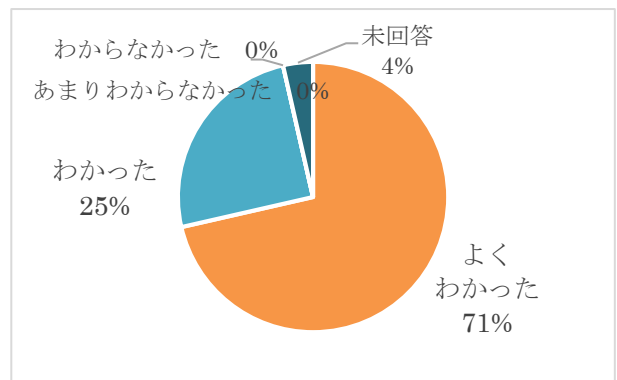


図22 参加者の理解度

今回は小さい子どもを対象とした内容であったので可視光線のみ焦点を当てたが、目に見えない光については常設展示の演習実験で行っていることも紹介した。

(3) 考察

ア アンケート集計結果

家族ごとにアンケートを記入してもらったところ、以下ようになった。

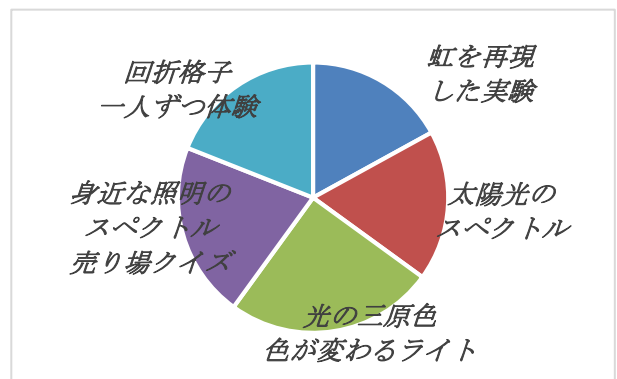


図23 印象に残った内容

通常の来館者と同様、小学校低学年以下の家族連れが多かったため、対象を小さな子どもとして説明したのは適切であった。また、大学生のグループがいたが、子どもだけでなく大人も満足度が高かったといえる。

内容については、親子連れは「虹を再現した実験」や「光の三原色で色が変わるライト」「回折格子で一人ずつ体験」が印象に残っていたようだ。その一方、光に興味を持って来館した子どもや大人は、太陽光や照明について「光のスペクトルメーター」を用いた実験内容に興味が集まったようである。身近な照明のデータを見ることができ、個々が持っている知識や日常生活につながる内容だったためと考えられる。

イ 「新規演示実験」への導入と今後に向けて

アンケートの意見では、「色や光のことをもっと知りたい」「三原色があればほとんどの色が作れることがわかった」「光の三原色をやってみたい」という意見が多く、光や色は子どもたちにとって驚きなど印象に残ったり、身近に感じやすい題材であることがわかった。サイエンスステージでの実験「ニュートンの発見」や常設展示にもつながる内容にもなり、今後も「光の色」について取り上げる効果は大きいと考えられる。

今回取り上げたそれぞれの実験道具について今後どのような活用方法があるか、道具別に以下に示す。

(7) スペクトルメーター

スペクトルメーターのデータの測定は、装置が 2 台しかないため体験が減ってしまうという課題がある。また説明が多くなってしまうため、小学校中学年以上の対象または少人数での実施がよりよいと考えられる。この少人数の点において、常設展示の実験カウンターでの新規導入は適しているといえる。また、肉売り場の照明のスペクトルを見せたクイズでは、大人は正解であったのに対し、子どもたちは野菜売り場という考えが多かった。小学校低学年以下ではグラフの読み取りに慣れていないため、色は把握できるがグラフのどの部分をみて判断すればいいのかまだ難しいようだ。新規演示実験の導入の際には、発問方法に工夫が必要であると感じた。

(4) 虹シート

「虹の再現実験」は会場が暗くならないと実施できない。そのため、照明を切ることができない実験カウンターの場所では実施が難しく、今回と同様、サイエンスステージの方が活用しやすいと考えられる。常設展示の演示実験「ニュートンの発見」の導入部分等で見せると、興味を引くきっかけづくりとしては効果が大きいであろう。また、A1 パネル 6 枚で巨大虹シートを作成したため、1 枚ずつの実施も可能である。

(5) 回折格子とホロスペックスフィルム

講座の最後に配布した「回折格子」では、全員がすぐに体験できるというのが利点であった。さらには、持ち帰って他の光でも見ることでできるのが魅力であったろう。また講座後に「光の回折や干渉の応用」として「ホロスペックスフィルム」を紹介した。希望者のみ体験だったが、参加している子どもたちの大半が興味を持って集まっており、喜んで見ている。



図 24 講座後の「ホロスペックスフィルム」の体験

光の回折や干渉の現象についての理解は高校生以上でないと難しいものである。ただ、懐中電灯の光をフィルムを通してみると、ハートやスマイルマークが飛び出してみることができたため、小さな子どもでも楽しめる素材としては利用効果は高い。参加者の年齢によって、理解度は異なるが、現在常設展示で実施している「光の実験」等でも「回折格子」と「ホロスペックスフィルム」の活用を検討したい。

4 新規実験の導入

(1) 目的

当館では、実験シアター・実験カウンター・放電実験・サイエンスステージの4つの場所での実験を毎日実施している。その中でも実験カウンターは平日に3回、土日休日は4回、22種類の実験がある。平成29年度は、実験装置の故障の関係で21種類の実験で実施しているため、それに代わる実験として光のスペクトルメーターを用いた実験を、平成30年度から導入する。

6月	曜日	2019年06月	2019年06月	2019年06月	2019年06月
		(平日11:35~11:50) (土日休10:10~10:25)	(平日13:15~13:30) (土日休11:35~11:50)	(平日14:50~15:05) (土日休13:15~13:30)	(平日14:50~15:05) (土日休14:50~15:05)
1日	木	スターリングエンジン	温度差発電実験	キューリーエンジン	
2日	金	ポルタの電池	水飲み鳥実験	光の実験	
3日	土	美しい科学実験	不思議なゲル	スターリングエンジン	温度差発電実験
4日	日	キューリーエンジン	ポルタの電池	レーザー加工実験	水飲み鳥実験
5日	月				
6日	火	電流により温度差をつくる	バイオメテックス	バイオテクノロジー実験	
7日	水	太陽光発電実験	形状記憶合金実験	手回し発電実験	
8日	木	高分子吸収体実験	フラクタイト	圧気発火実験	
9日	金	放射計実験	磁石で遊ぼう	フォトクロミック染料実験	
10日	土	光の実験	電流により温度差をつくる	バイオメテックス	バイオテクノロジー実験
11日	日	太陽光発電実験	形状記憶合金実験	レーザー加工実験	手回し発電実験

図25 実験カウンターでの実験の実施予定

1 太陽光発電実験 光でトンボがはばたく	9 磁石で遊ぼう 色々な実験から磁石の秘密を解き明かす	17 水飲み鳥実験 動きつづけるガラスの鳥
2 形状記憶合金実験 60度で形の記憶を再現する	10 光の実験 紫外線で発色する不思議な染料	18 光の実験 光ファイバと偏光板を使った実験
3 超音波浮遊実験 水滴を空中に浮かべる	11 美しい科学実験 びんの中に入っていき不思議なゴム風船	19 電流により温度差をつくる 電気が冷やしたり暖めたり
4 手回し発電実験 ハンドルを回して人力発電	12 不思議なゲル たまごが落ちてもわれないゲルといういろいろなゲル	20 バイオメテックス いきものつくりまねしものづくり
5 高分子吸収体実験 水が通る？数百倍の水を吸収する不思議な粒	13 スターリングエンジン 温度差を利用した熱機のエンジン	21 バイオテクノロジー実験 ホテルの鏡光から酵素のはたらきを知る
6 フラクタイト 自に発えないフラクタイトで発るものを握る	14 温度差発電実験 冷たさと暖かさから電気をつくる	22 レーザー加工実験 プレート表面をレーザーで削って絵を描く
7 圧気発火実験 空気を圧縮して紐や紐を燃やす	15 キューリーエンジン 磁性がなくなる温度(キューリー温度)を利用したエン	見た実験はどれか チェックらんにレを 入れていこう!
8 放射計実験 白色よりも黒色が熱を吸収する	16 ポルタの電池 1800年に発明されたポルタの電池の原理をさぐる	

図26 22種類の実験内容(現在、実験3は中止)

(2) 実験のねらい

光は「たくさんの色のくみあわせ」であることを光のスペクトルメーターにより視覚的にとらえ、このことが応用されている身近な照明や光に関心をもつきっかけとなるようにする。

(3) 内容

新規実験「光と色のふしぎ」として、以下の内容で検討し、平成30年4月からの導入を目指す。

ア スペクトルメーターとは？

「光の色を測定することができる装置です。」

赤・青・緑それぞれのLEDの計測結果をもとにスペクトルメーターが光の色を感知する装置であることを確認する。



図27 赤色LEDで計測した結果

「では、別の照明は何色だろうか？」

白色に見える照明には、たくさんの光が含まれていることを測定により実感する。

イ 光を見てみよう

太陽光や館内の照明の計測を、少人数であれば館内を移動しながら測定する。測定したデータは実物投影機を通してモニターに写すこともでき、大人数の場合でも、結果を共有することができる。



図28 実物投影機に設置した様子

ウ 光によって見え方がちがう?!

「2つの照明での見え方のちがいを比べよう」

昼光色と電球色の切り替え電球を使って、それぞれどんな時間や場所で使用するのが適切なのか考える。

クイズ

「肉売り場では、どんな照明が使われているだろう?」

クイズを通して、肉売り場では赤い波長のスペクトルが顕著である照明を使っていることを確認する。ヒントとして、切り替え電球を生肉や果物のサンプルに当てることで売り場の状況を再現することもできる。

「照明には色々な種類があります。」

4 種類の照明（色評価用・精肉専用形・生鮮食品用・魚観賞植物育成用）が状況に応じて活用されていることを紹介する。

エ 応用

参加者の年齢層や人数, 時間等によって以下のパターン A~C を取り入れることも可能とする。

(7) パターン A：照明の違いともの見え方

4 種類の照明（色評価用・精肉専用形・生鮮食品用・熱帯魚観賞植物育成用）を食品サンプルや色見本に当てて照明の種類によって見え方が異なることを比較する。

(4) パターン B：色が見えるしくみ

同じ照明をりんごやバナナなどの果物サンプルに当て、それぞれから反射する光を測定すると、スペクトルが若干異なる。私たちが物体の色を認識するのは、光が物体で反射した光(吸収していない光)によるものであることを説明する。

(7) パターン C：光の性質を体験

小さな子ども向けに、色が変わるライト、回折格子、ホロスパックスフィルム、ホログラムシートやミラクルシートなど、光の性質を表す簡単な道具を見せ、体験して楽しむことができる。

(4) 新規実験導入に伴う変更点

これまで常設展示で実施していた「光の実験」では、光の反射や屈折、偏向、光ファイバーに関する実験を行っていた。今回の新規実験導入に伴い、「光の実験」の名称を「光のひみつ」と変更する。

(5) 光に関する実験への応用

当館では光に関する常設展示の演示実験として、サイエンスステージでの「ニュートンの発見」と実験カウンターでの「光のひみつ」がある。

「2千葉県立市川工業高等学校単位認定支援事業」お

よび「3クリスマス実験」で使用した実験器具について、以下のような活用方法を挙げる。

表1 光に関する実験器具の活用例

実験器具	予想される活用方法
光のスペクトルメーター 2台	「光と色のふしぎ」
エジソンの電球比較 ※サイエンスステージ 「エジソンの発明」で使用	「光と色のふしぎ」 でも併用可 ※ステージ優先
売り場専用の照明器具	「光と色のふしぎ」
虹シート	「ニュートンの発見」
色が変わるライト ※ステージ優先	「光のひみつ」 「光と色のふしぎ」 「ニュートンの発見」 で併用可
回折格子 ※それぞれ個数確保	「光のひみつ」 「光と色のふしぎ」 「ニュートンの発見」 で併用可
ホロスパックスフィルム	「光のひみつ」 「光と色のふしぎ」 ステージでも可

(4) 今後の課題

2回の実験講座を経て新規演示実験を作成したので、来館者の反応や興味により適した内容となり、様々な来館者に対応することができるだろうと考えられる。当館では、未就学の親子連れが来館者に非常に多いという特徴がある。産業や科学技術を紹介する科学館ではあるが、現状の展示では難しすぎるという課題であった。その解決策として、今回の新規演示実験では応用パターンを3つに分けて設定した。

また、実験を行う演者によっても向き不向きや使い勝手等あると考えられる。来館者と演者の両者の立場を考え、新規導入や場合によっては変更や調整をしていくことが必要であると考えられる。