

平成 30 年度日本財団助成事業

【「光」を総合的に学習する巡回型展示物の制作】の  
展示物制作業務

展示物制作概要

公益財団法人日本科学技術振興財団

## 目次

はじめに	P3
No1 紫外線	P4
No2 可視光線	P5
No3 赤外線	P6
No4 直進性・集光	P7
No5 回折・干渉	P8
No6 偏光	P9
No7 透過・散乱・吸収	P10
No8 屈折・反射	P11
No9 赤外線(応用) I	P12
No10 赤外線(応用) II	P13
No11 偏光(応用)	P14
No12 夕焼け原理(応用)	P15
No13 導波路(応用)	P16
No14 赤外線非線形結晶(技術)	P17
No15 ソーラーパネル(技術)	P18
No16 特定波長カットメガネ(技術)	P19
No17 光による造形(技術)	P20
No18 紫外線(技術)	P23
その他	P24

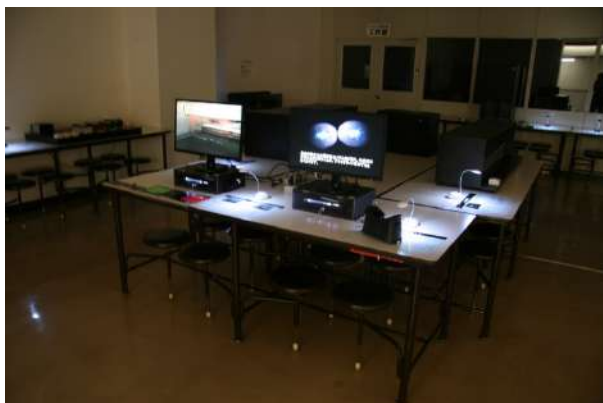
## ■はじめに

この事業では、【「光」を総合的に学習する】というコンセプトのもとに、①原理や特性を学べ、体験を通じて再認識できるもの、②身近にあるもので、原理や応用した事例や商品化された製品に関する紹介をし、利用する観点からより伝達できる、という2つのカテゴリーを元に15点程度制作することを当初の計画としていました。

外部の有識者の方に加わっていただき、さまざまなご意見をいただきながら、結果的に18点の展示物を制作することができました。

「光」は人間の生活に密接しているものであるため、制作した展示物を体験、また解説パネル等を読むことで、「光」とはどのようなものか、どのような性質を持ち合わせているのか、どのように技術に活かされるのかということ、を、認識いただけるきっかけになれば幸いです。

なお、本展示物の設置にあたっては、会場となる場所はある程度暗転の必要があります  
下図に会場での展開の一例の写真を掲出いたします



## ■No1 紫外線

### ◎展示概要

2種類の絵があります。この絵はブラックライトをあてると絵が浮き出てくる特殊な印刷が施されたもので、白色の蛍光灯の下で見える見えかたと、ブラックライトを照射したときの絵の違いを実際に確認します。



展示物全景



ブラックライト照射前



ブラックライト照射後

- ・展示本体装置：W650 mm×D400 mm×H887 mm 電源要 1口 20W  
(ブラックライト:TOSHIBA FL10BLB 10W、白色灯 FL10WB 10W)
- ・絵(トリックポスター、グループ A) A4 サイズ
- ・絵(トリックポスター、グループ B) A4 サイズ

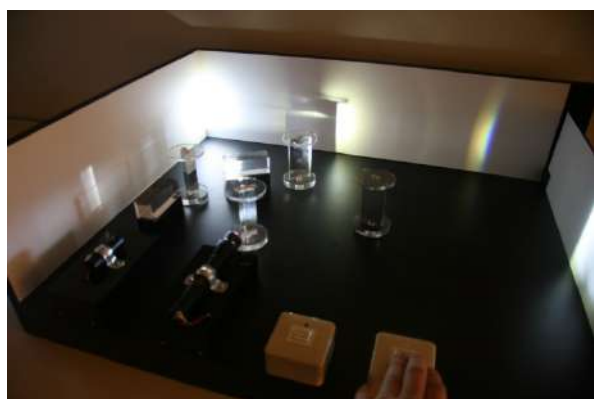
## ■No2 可視光線

### ◎展示概要

多くの波長の光で構成されているハンディ型の白色光と、緑色のレーザー光をプリズム、鏡を使ってスクリーンに投影します。プリズムはその光の持つスペクトルを色として分光することができ、鏡は光が反射する様子を体験を通じて学びます。白色光は虹のように7色のスペクトルが、レーザー光は緑色一色のスペクトルが含まれていることがわかります。



展示物全景



白色光の場合



レーザー光(緑)の場合

・展示本体装置: W800 mm × D600 mm × H265 mm 電源要 1口 6W

## ■No3 赤外線

### ◎展示概要

人間の目に見える、紙に書かれた文字や、3色のライトの前に、赤・緑・青の亚克力板を重ねていくと、亚克力板の重なったところが黒くなり、その後ろにある紙に書かれた文字や、ライトの光は見えなくなります。これを赤外線を感じできるビデオカメラで撮影すると、人間の目では見えない文字やライトも透明な板を見ているように、透過して見ることができます。紙の文字に反射する赤外線やライトからの赤外線を感受するビデオカメラで見ると透けて見える様子を体験します。



展示物全景



- ・展示本体装置：W1,500 mm × D600 mm × H665 mm 電源要 1口 25W
- ・ビデオカメラ(kenuo FHD WITH NIGHT SHOT)W125 mm × D58 mm × H57 mm 電源要 1口 60W
- ・モニター(IODATA EX-LD2702DB-B2)W620 mm × D240 mm × H440 mm 電源要 1口 34 W

## ■No4 直進性・集光

### ◎展示概要

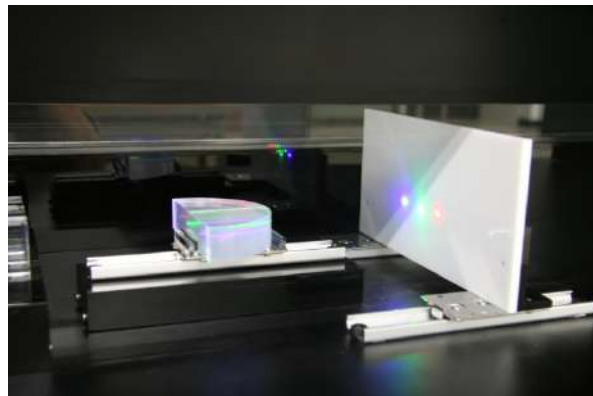
光は光が進む空間が同じ物質でできている場合は、まっすぐ進む性質があります。

また、空気中からガラス、ガラスから空気中と違う物質でできている空間を進もうとすると、その境界面に垂直な方向に光が進むと違う物質同士を進む光もまっすぐ進みますが、境界面に対して垂直でない角度で光があたると、異なる物質の中を進もうとする光は屈折します。このことから凸レンズを用いて平らな面に中央、両端から光をあてると凸レンズから出てきた光は、焦点という 1 個所に集まる場所ができます。

この展示では、光がまっすぐ進む様子、また凸レンズを介して焦点ができる様子、また凸レンズとスクリーンの位置関係を多少動かせる仕組みになっているので、焦点距離についても確認することができます。



展示物全景



・展示本体装置：W1,200 mm × D450 mm × H365 mm 電源要 1 口 8W

## ■No5 干渉・回折

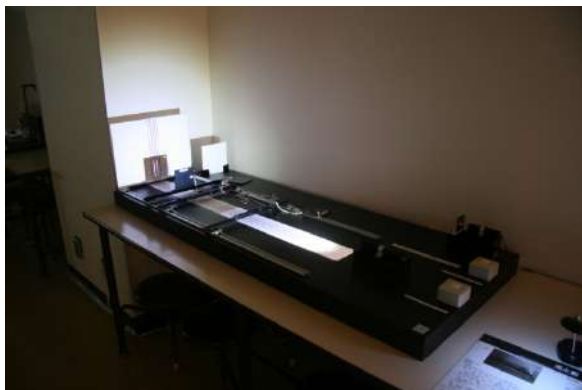
### ◎展示概要

板に対して縦方向に長方形の孔(スリット)が開いています。このスリットを通った光は、光源側と反対側の孔から出た後、球面波として広がります。スクリーンなどにスリットを透過した光を投影すると光源とスクリーンの位置関係によって、スリットから出た光の球面波としての広がり具合を確認することができます。

レーザー光の場合は、縦方向に孔が開いているスリットに対して、スクリーンでは横方向に広がっている様子が確認できます。



展示物全景



・展示本体装置：W1,600 mm × D600 mm × H365 mm 電源要 1口 6W



## ■No6 偏光

### ◎展示概要

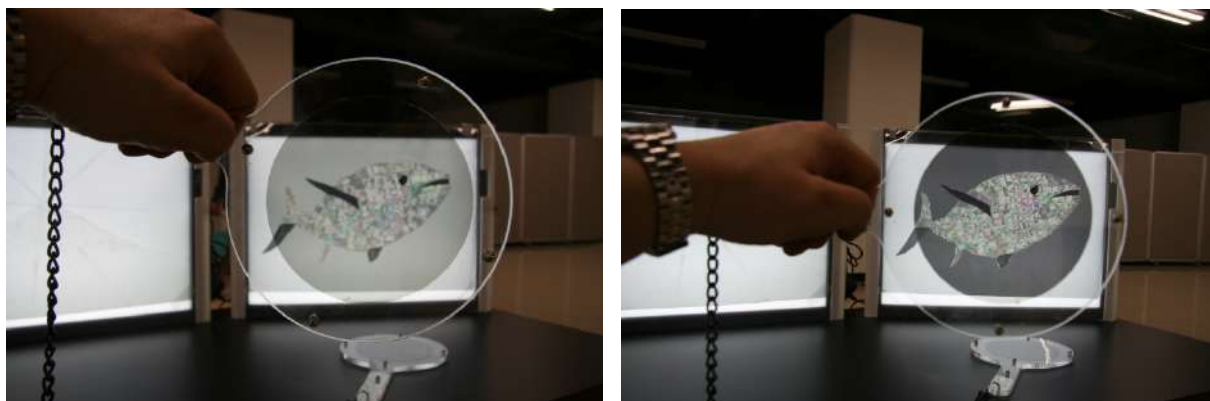
偏光板は、波の性質を持ち光源から放射状に照射された光のうちある特定方向に進んだ光のみ透過させることができる板(フィルム)です。

白色の光を放つライトボックスの表面に偏光板に色々透明テープを貼り合わせて作った切絵を置き、さらに偏光板を挟んだ虫眼鏡で絵を見てみます。

虫眼鏡を回転させると、ライトボックスに貼った絵の明るさや色などが変化して見えます。



展示物全景

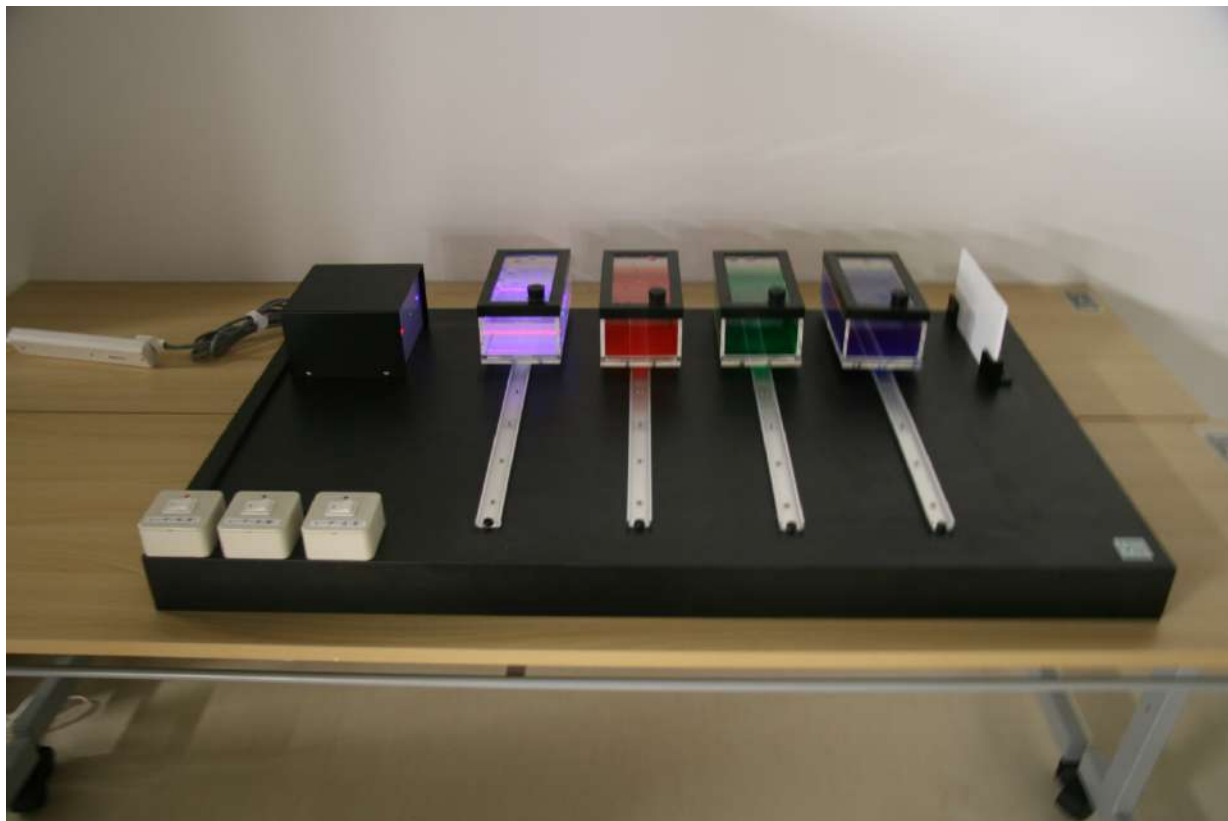


・展示本体装置:W1,500 mm×D600 mm×H386 mm 電源要 3口 24W 8W/1口

## ■No7 透過・吸収・散乱

### ◎展示概要

赤・緑・青色のレーザー光を照射し、スクリーンに光が届くまでに、色のついた水をさまざまな組み合わせで配置することで、色のついた水の中を通り抜ける色のレーザー光、吸収・散乱されてスクリーンまでレーザー光が届かない現象を、体験します。



展示物全景



・展示本体装置：W1,000 mm × D600 mm × H165 mm 電源要 1口 6W

## ■No8 屈折・反射

### ◎展示概要

水が入った水槽の中に、種類の光源が出る装置があります。この装置は手で回転させることができますが、光源から出た光が水の中を通り、空気中に出るときに境界面で屈折したり、水面下で全反射して水中に折れ曲がったりする現象を体験することができます。



展示物全景



・展示本体装置：W650 mm×D400 mm×H365 mm 電源要 1口 50W

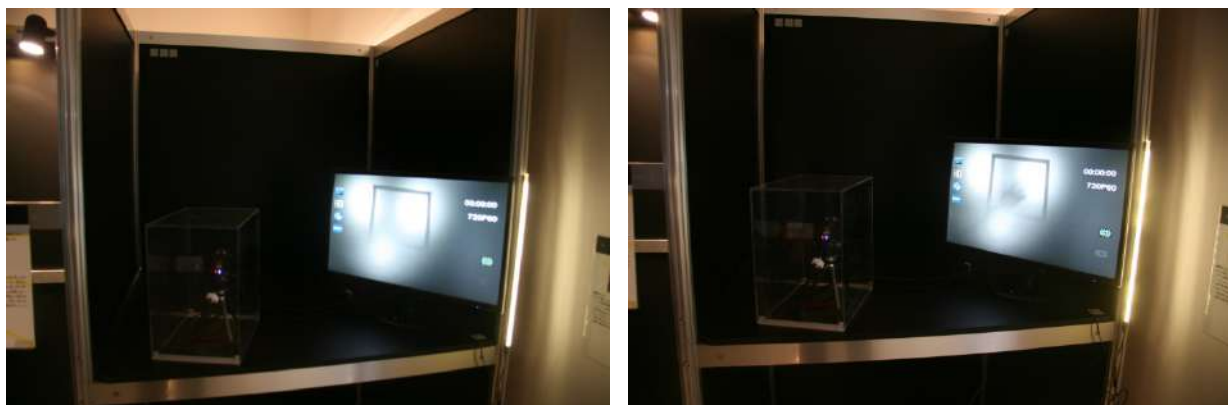
## ■No9 赤外線(応用) I

### ◎展示概要

黒いアクリル板の反対側は人間の目では何があるか、どうなっているか透けて見えることはありません。赤外線を感じるカメラ越しに見ると、アクリル板の向こう側の物体などの影が透けて見えるようになります。



展示物全景



- ・展示本体装置:W1,030 mm×D1,030 mm×H2,000 mm 電源不要
- ・モニター(24型)(IODATA EL-LD2381DB-B5) W560 mm×D205 mm×H410 mm 電源要 1口 30W
- ・ビデオカメラ(kenuo FHD WITH NIGHT SHOT)W125 mm×D58 mm×H57 mm 電源要 1口 60W

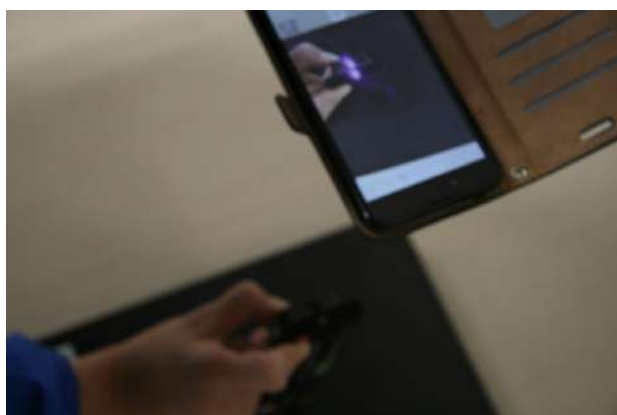
## ■No10 赤外線(応用)Ⅱ

### ◎展示概要

リモコンなどでは、信号の送信に赤外線を使用していますが、人間の目ではその信号に使う赤外線を見ることができません。スマートフォンの撮影機能などでは、赤外線を透過させるレンズが装着されていることが多く、リモコンのボタンを押すと、赤外線が照射されている様子を、スマートフォンの画面越しに視認できます。



展示物全景



- ・展示本体装置: W300 mm × D300 mm × H60 mm 電源不要
- ・リモコン W × D × H 電源不要(乾電池単四 2 本で駆動)

## ■No11 偏光(応用)

### ◎展示概要

下から照射されているスポットライトの上に偏光板を置き、その上に濃度の異なる水溶液が入ったコップを置き、さらにその上に回転させることができる偏光板を置きます。最上部の偏光板を回転させるとコップの底面から透過してくる光の明暗が変化したり、見える光の色が変わる現象を体験することができます。



展示物全景

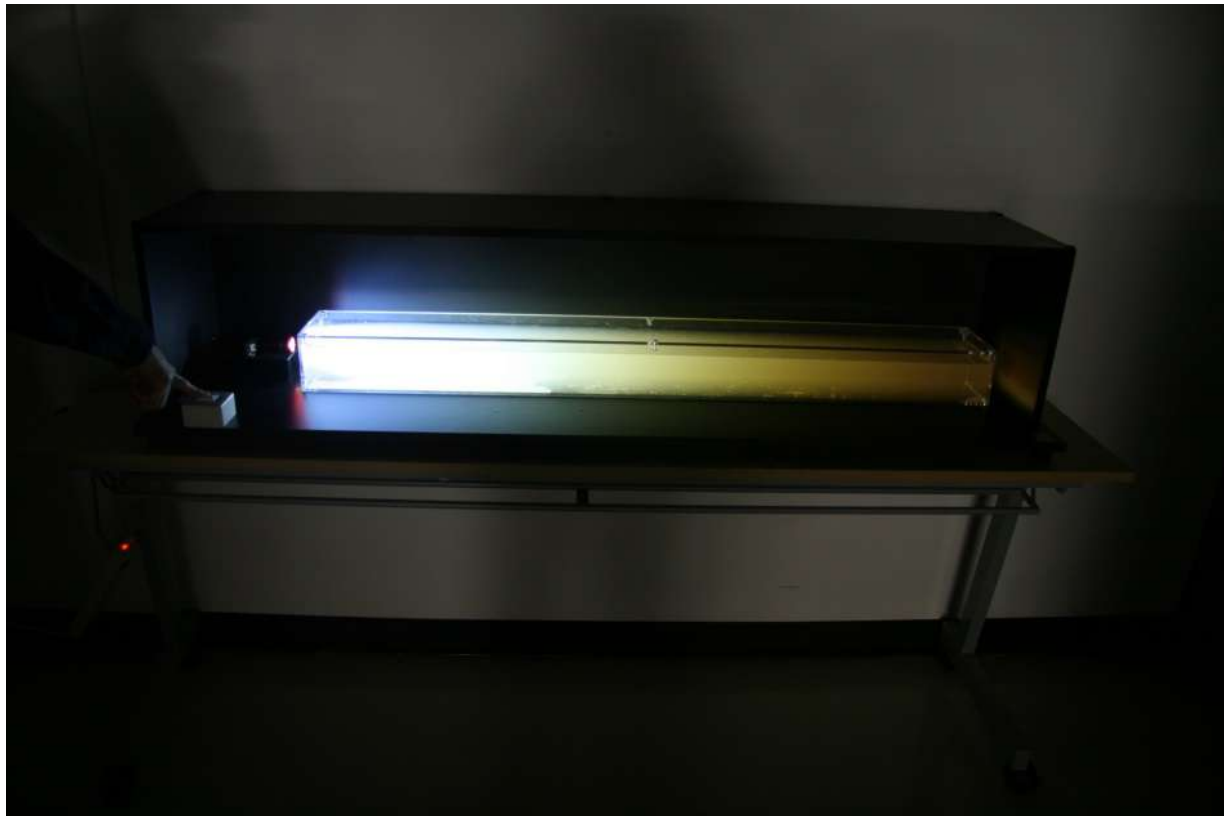


・展示本体装置:W450 mm×D400 mm×H580 mm 電源要 1口 200W

## ■No12 夕焼け原理(応用)

### ◎展示概要

地球上では日中の現象で、昼間空の色は青く見え、夕方は赤っぽく見えます。光の散乱具合によるものですが、少し白濁させた水の中にライトをあてると、距離が長くなるにつれて、白濁した水の中で反射して見える光がオレンジ色に見えます。



展示物全景



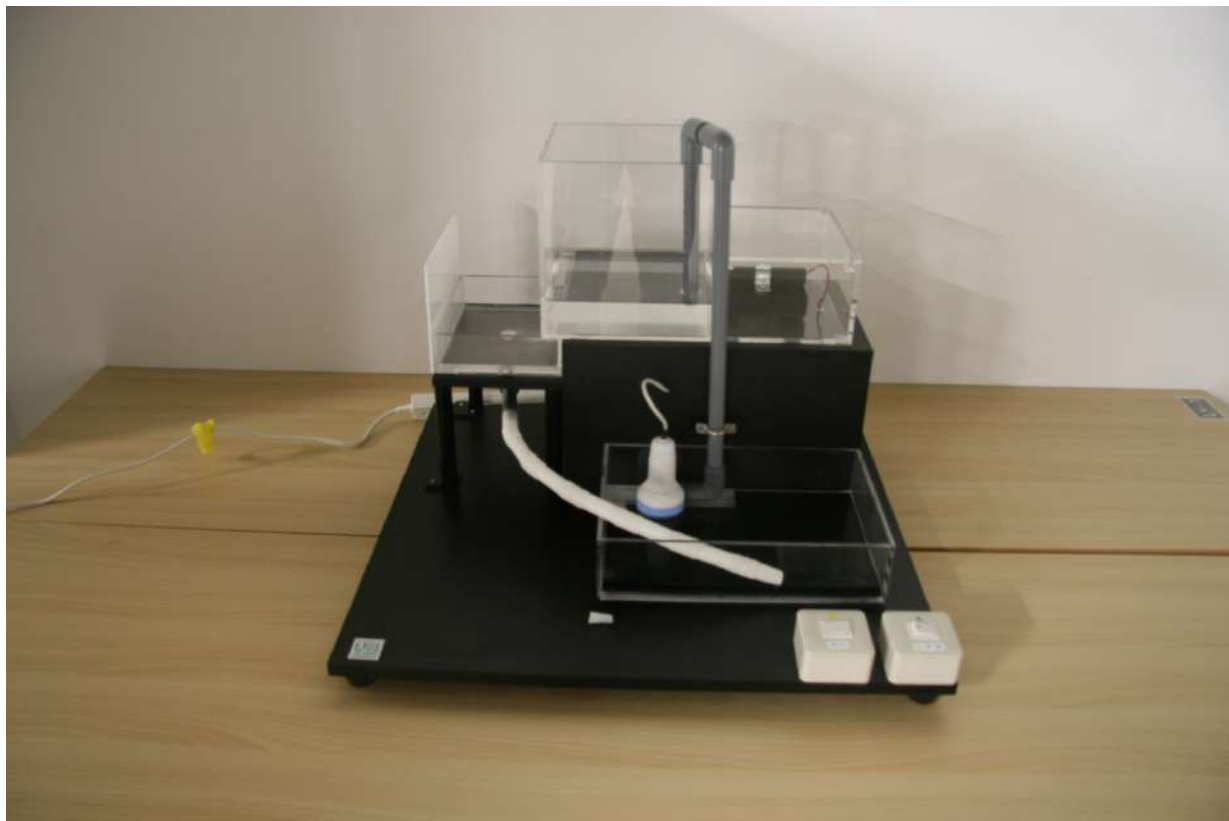
・展示本体装置:W1,500 mm×D400 mm×H337 mm 電源要 1口 5W

## ■No13 導波路(応用)

### ◎展示概要

光は基本的に同じ媒質の中をまっすぐに進みます。空気中もまっすぐ進みます。

空気中はまっすぐに進んでいるのに、水が入った水槽のある部分から水を噴水のように出すと、光は噴水の水の流れの中を反射しながら進みます。



展示物全景



・展示本体装置：W600 mm×D550 mm×H437 mm 電源要 1口 20W



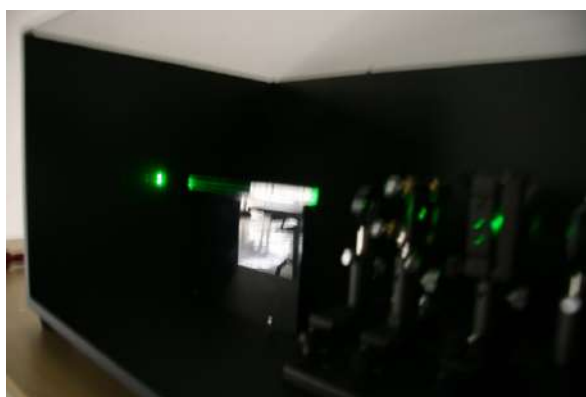
## ■No14 赤外線非線形結晶(技術)

### ◎展示概要

人間の目には見えない赤外線を、非線形結晶という人工結晶を通すと、人間の目に見える緑色の光が出てくる、緑色のレーザーポインターの原理装置です。



展示物全景



・展示本体装置: W800 mm × D400 mm × H337 mm 電源要 1口 800W

## ■No15 ソーラーパネル(技術)

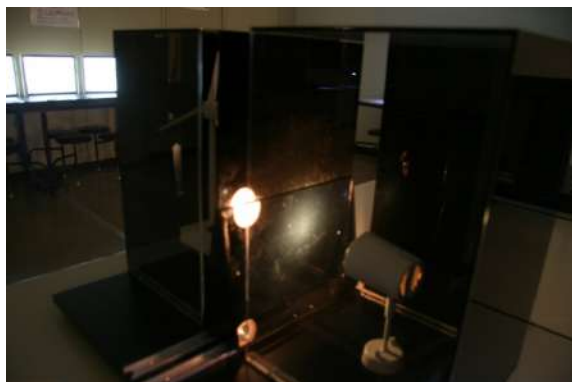
### ◎展示概要

風車の根元の部分にソーラーパネルが取付けられています。この風車はソーラーパネルから供給される電力で回転しますが、ソーラーパネルに光が届かなければ、風車は回転しません。

ソーラーパネルに光をあてたときと、あたらないときの風車の様子を見比べます。



展示物全景



・展示本体装置:W700 mm×D450 mm×H487 mm 電源要 1口 60W

## ■No16 特定波長カットメガネ(技術)

### ◎展示概要

さまざまな用途のメガネがあります。そのメガネをかけると裸眼で見るとはっきり見ることができるものがあります。ここでは、黄色や緑色に見える波長の光を強調するゴーグルをかけることで、芝目を見やすくする、波長が短い可視光線をカットして、モニターなどを見る目の負担を軽減させる、ブルーライトカットメガネ、オレンジ色のゴーグルをかけることで、指紋がはっきり見える、という3種類の体験ができます。

### ①緑色・黄色波長透過メガネ(緑色・黄色)



展示物全景



・展示本体装置:W1,030 mm×D1,030 mm×H2,000 mm 電源要 1口 150W

②ブルーライトカットメガネ



展示物全景

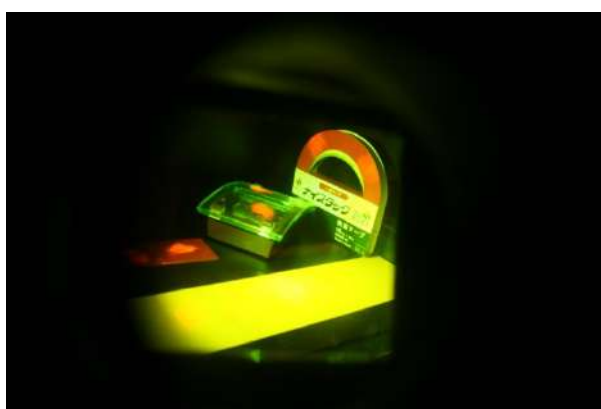
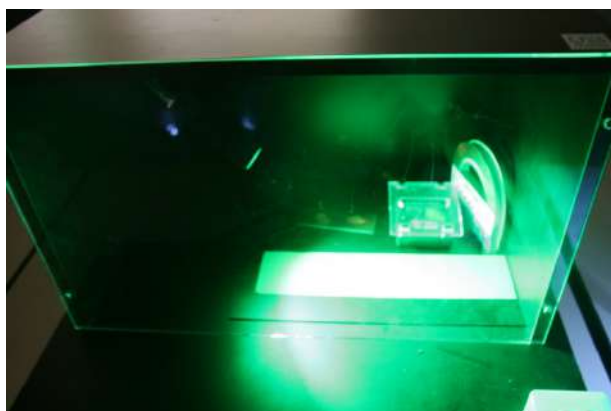


・ゴーグル:W200 mm×D1250 mm×H1000 mm 電源不要

### ③オレンジ波長透過メガネ



展示物全景



・展示物本体装置：W700 mm×D450 mm×H365 mm 電源要 1口 20W

## ■No17 光による造形(技術)

### ◎展示概要

光を使うことで、色々な造形物を作ることができます。

ここではレーザー光を使って、アクリルなどをカット、加工できるレーザー加工機の稼働の様子と、光をあてると硬化する樹脂が入った、3D プリンターで立体を作ることができる稼働の様子を動画で紹介します。



展示物全景

- ・モニター(24 型) (IODATA EL-LD2381DB-B5) W560 mm × D205 mm × H410 mm 電源要 1 口 30W
- ・DVD プレイヤー (GREEN HOUSE GH-DVD1D) W225 mm × D230 mm × H50 mm 電源要 1 口 10W
- ・収納ケース W365 mm × D265 mm × H110 mm

## ■No18 紫外線(技術)

### ◎展示概要

紫外線(ブラックライト)をあてると蛍光する物質、ものを、ブラックライトをあてながらその現象について動画で紹介します。



展示物全景

- ・モニター(24型)(IODATA EL-LD2381DB-B5) W560 mm×D205 mm×H410 mm 電源要 1口 30W
- ・DVDプレイヤー(GREEN HOUSE GH-DVD1D) W225 mm×D230 mm×H50 mm 電源要 1口 10W
- ・収納ケース W365 mm×D265 mm×H110 mm





## 散乱・吸収

(物質との相互作用による性質)

**● 散乱**

ある方向から来た光が、物質の分子などの粒子にあたり、さまざまな方向に分散されて向いていく現象を、「散乱」といいます。散乱には、光の波長より小さい粒子にあたり、さまざまな方向に散乱する「レイリー散乱」と、光の波長と同程度以上の大きさの粒子にあたり、光の進行方向へ多く散乱する「ミー散乱」とがあります。「レイリー散乱」では、人間の目で見える可視光の中で、赤色の光より青色・青色など波長が短い光のほうが影響を受けやすくなります。

光の散乱は、空の色で見ることができ、白くぼくぼく見える夕陽光には、さまざまな色の成分の光が含まれています。宇宙から地上に向かって光が進むとき、地球表面の大気の中を通過しますが、青色や黄色の波長の短い光は、大気の外側に多くある波長より小さい粒子にあたり、レイリー散乱を起こし、大気中に青っぽい光が広がります。日中は光が大気中を進む距離が短いので、青色や黄色以外の光の数はあまり減らず地上に届き、空が青く見えます。一方夕方になると、大気中を通る光の距離が長くなり、大気表面で起こるレイリー散乱により、散乱された青色・黄色の光より、散乱を受けにくい赤色やオレンジ色の波長の長い光が地上に多く届くようになります。地上に届く大気中の光の成分は、レイリー散乱を起こし、青っぽい夕焼けとして見えるのです。

**● 吸収**

物質は、物質ごとそれぞれ異なるエネルギーを持っています。この物質が持つエネルギーと光のエネルギーを持つ物質の光が物質の中を通ると、光の持つエネルギーが、物質の持つエネルギーになり、エネルギーを持った光が壊れてなくなってしまうことがあります。このように、物質内で光が壊れてなくなってしまう現象を「吸収」といいます。

光の明るさに関係なく、ある明るさの光は、その明るさになるためのエネルギーを持ってきますが、エネルギーがなくなると明るさを保てなくなってしまうのです。

## 回折・干渉

(光の基本的な性質)

**● 回折**

波の性質を持つ光がある一定方向に進んでいるときに、その方向に障害物があった場合、基本的に同じ方向には進めません。このとき障害物に「スリット」があり、光の進んでいる面に波がぶつかると、光の平を通り、光の出口から球面波を放射したような球面波として光の進行や幅よりもずっと大きい波になって、外側に広がります。このような現象を「回折」といいます。

**● 干渉**

光には、波の性質があります。波のようにある波長の光があり、ここに何らかの影響を受けて同じ波長の光が重なったとします。

図1のように、波の山と山、谷と谷が重なると、波の振幅(波の高さ)が大きくなり、右の図のように波の山と谷が重なると波は打ち消し合うことになり、振幅はなくなっています。この波が重なりあう現象を「干渉」といいます。重なった波を「干渉波」といいます。

光を波として考えたと、波が重なって振幅が大きくなる場合は明るくなり、振幅がなくなる場合は暗くなります。図2のように同じ波長の波が、斜めに進むと、波の山と谷が重なりあうタイミングがずれて干渉すると、お互いの光を消しているのに、光の波が重なるところは明るくなる場合があります。

互いの波のように、波長がぴったり重なりあう場合(重なりやすさ)を、コヒーレンス(向干渉性)といいます。レーザー光はコヒーレンスな光です。

干渉や回折という現象は、光そのものの性質ですが、光を波として考えたとときに説明できない場合があります。

## 反射・屈折・透過

(物質との相互作用による性質)

波が伝わるための物質や物体を媒質といいます。波の性質を持つ光もさまざまな媒質の中を通ります。ここでは、元々光が進んでいる媒質を空気、異なる媒質を水やガラスに斜めに射して説明します。

図1のように空気中を進む光が、水やガラスの境界面に当たるとき、境界面と垂直な線(線A-B)と光が進んでくる方向の角度を入射角といいます。

**● 反射**

図2のように空気中を進んでいる光が、水やガラスなどの異なる媒質の境界面に当たって空気中にはね返り、進行方向を変えて再び空気中を光が進む現象を「反射」といいます。入射角に対し、境界面と垂直な線と、進行方向を変えて進む光の角度を反射角といいます。入射角と反射角は同じであるという反射の法則が成り立ちます。図3のように反射の中で、境界面が凹凸で色んな方向に反射することを、乱反射といいます。

**● 屈折**

空気中を進む光が水の中を通るとするとき、その境界面で光の進む方向が折れます。これはそれぞれ別の物質中を進む光の速さが異なるため、この折れ曲がる現象を「屈折」といいます。

屈折の曲がる量は媒質によって変わります。入射角と屈折角が変わることがあります。図4のように空気中から水中に進む場合、境界面と垂直な線(線A-B)と、水中で光が進む方向との角度を、屈折角といいます。空気中から水中に光が進むときは、入射角>屈折角の法則が成り立ちます。一方、図5のように水中から空気中に光が進むときは、入射角<屈折角の法則の入れ替わり、入射角<屈折角の法則が成り立ちます。

**● 透過**

図6のように空気中を進む光が水やガラスの中を通り反射せずに進む現象を、「透過」といいます。これは水やガラスが、光の持つエネルギーを吸収しにくいためです。しかし赤く光の持つエネルギーを吸収しないというわけではなく、水やガラスの中を通る光(入射光)と、透過して出てきた光(透過光)とは、それぞれが持つエネルギーに差があります。

## 太陽光エネルギー

(応用・技術)

地球に降り注ぐ太陽光のエネルギーはとても大きく、地球上で1年間で使用するエネルギーの総量を、わずか1時間降り注ぐのとはほぼ同じ量になると言われています。

太陽が地球の方向に放射するエネルギー量は、 $3.86 \times 10^{26} \text{ W}$  という莫大なエネルギーで、地上では1㎡あたり毎秒約1kWのエネルギーを受け取っています。このエネルギー量は、電灯ポットや、掃除機などが動かせる電力とほぼ同じです。そのため、太陽光を利用してエネルギーを生み出すのは非常に有効な手段です。

太陽光には、可視光線に近い紫外線(※1)、可視光線、赤外線が含まれていますが、この太陽光が持つエネルギーを太陽電池パネルというものをを使って電力に変換し、発電エネルギーとして生活に利用されています。

(※1) 紫外線は、紫外線が強い場所や長時間に当たると、肌を赤くするほか、がんの原因の一つと見られています。

**● 太陽光発電の仕組み**

太陽電池パネルには、シリコン(ケイ素) 地球上に多く存在する元素)を材料とした電気を通す導体、通さない絶縁体の中間の性質を持つ半導体を利用されています。このシリコン半導体には、n型シリコン半導体とp型シリコン半導体があり、向かい合っています。

2つのシリコン半導体に太陽光をあざると、n型・p型シリコン半導体にあるマイナスの電荷を持った電子が、n型シリコン半導体内に集まり、n型・p型シリコン半導体にあるプラスの電荷を持った正孔が、p型シリコン半導体内に集まります。この電子と正孔が移動するとき、電流を流す力(駆動力)が発生し、発電します。

太陽電池パネルは、太陽光に含まれる全ての波長の光に万遍なく反応する訳ではありません。シリコン半導体に物質をさまざまな層で塗ると、例えば紫外線に反応する太陽電池パネル、赤外線に反応する太陽電池パネルなど異なる波長の波長に対して発電する太陽電池パネルができ、用途によって使い分けられています。



## 農業分野での光の応用

(応用・技術)

日本財団
   
 THE JAPANESE
   
 FOUNDATION

植物は、日中葉の内部に光があたると大気中の二酸化炭素を取り入れ、葉に通から吸収する葉を介して光合成を行い、酸素と糖類という有機物を生成します。光合成には光が必要ですが、太陽光（日光）だけでなく、人工的な光を使って植物を生育するシステムがあります。また農業分野では、植物の内部計測、生育管理などに、光を利用した技術が応用されています。

**●非破壊計測**

農作物を切ったり傷つけることなく、内部の組織を壊さずに計測することを「非破壊計測」といいます。例えば、葉物に近赤外線種の光の波長を当てながらあてている。葉物にあてた光の強度と葉物を透過した光の強度を比較します。物質はそれぞれ特定の波長の光を吸収する性質があるため、吸収された波長の光からどんな物質が含まれているかがわかり、塩化度（吸収する量が多い）から、吸収する物質の濃度がわかります。また、吸収された光の波長から香味の素となる物質を特定し、強度がわかったり、内部の痛み具合などの品質状態がわかります。光をあてるだけで内部状態がわかるので、従来より短い時間で品質を判断められることができます。

**●最先端技術**

農業分野での光を使った最先端技術として、植物の生育に必要な光を人工的な光を効率的に活用すること、畑などでは気象条件に左右される農作物を、太陽光が届かない場所でも安定供給できる施設工場のあります。人工的な光としてLEDやレーザー光を使うことで、さまざまな波長の光が入った工場光とは異なり、植物の生育に必要な波長の光が照射することができます。また、人工衛星に搭載された光を感知できるセンサーを使って地球の写真を撮影し、広範囲における農耕地の収穫や農作物の生育状況の把握を管理できるなど、光を使った技術がさまざまな部分で使われています。

**●その他の応用**

植物の成長過程で特定の波長の光をあてると、細胞の発生の段階や、葉の発生の段階に効果があることが知られています。葉の緑などは細胞などの発生を促す効果、人間の目に見える可視光線の場合、黄色に見える光は、細胞の動きを弱くさせたり、吸が速げられる効果があります。青地に見える光では、ジャウジョウバエの卵・蛹・成虫と、どの成長段階においても殺虫効果があります。

## 見えなくなる材料

(応用・技術)

日本財団
   
 THE JAPANESE
   
 FOUNDATION

人間は、物体にあたってはね返ってきた光を目で捉え、目に入る光の波長によって色として認識しますが、物体から反射した光が目に入らなければ、物体の色は認識できず、見えなくなる状態になります。

**●原理**

光だけでなく電磁波全体として、原理をいくつか説明します。一つ目は、電磁波が向かってくる方向に反射させることです。右のイラストのように、表面に凹凸を持たせることで電磁波の方向に反射させます。二つ目は、干渉の性質を利用して、電磁波の波を打ち消し合うようにさせる方法です。電磁波が反射する層を持たせることで、反射する電磁波の波長が半分ずつ減ることで発生させ、干渉させることで波を打ち消し合う方法です。三つ目は磁界を持つ電磁波を、フェライト磁石の粉末などを混ぜた磁界を持つ材料の中に入射し、電磁波の持つエネルギーを、熱エネルギーに変換し、磁界の中で吸収する方法です。このような原理を利用することで、鉄線機のスチルス機が、レーザーに吸収されないようにしたり、衛星ビルの外壁材などに用いて、色んな電波が干渉し合ってテレビ画面にノイズという多量の像を出さないようにしています。

**●透明マント**

一昔前の漫画やドラマで描かれていた伊藤雄之助のようなことが、メタマテリアルという人工的に造られた物質を使うことで、実現されようとしています。メタマテリアルは、通常の物質より小さな構造をしたもので、物体に光があたるときにその光を自由に操作し、光を曲げたり、吸収したりすることができるのです。透視光は物体にあたると吸収・反射・透過などさまざまな現象を生み出します。メタマテリアルは、光の進行方向をカーブさせるように設計することができるため、物体にあたったときの反射した光が目には届かないことになり、物体の存在を感知することができません。これが透明マントの原理です。