

LED の照度
Illuminance of LED
河内勇人 佐々木一貴
Kawauchi Hayato Sasaki Kazuki

A. 研究目的

光は私たちの生活になくてはならないものである。しかし、私たちは光についてよく知らない。そこで、光の明るさについて調べようと思った。

光の明るさを表すものとして光度，輝度，照度などがあるが、近くの桜町中学から照度計を借りることができたので、照度について調べることにした。

また、実験する際に使用する光源は最近注目されている LED について興味を持ったので、LED を使用することにした。

照度とは、単位面積あたりに照射される光の明るさを表す。単位は lx(ルクス)を使用する。

<実験 1 >

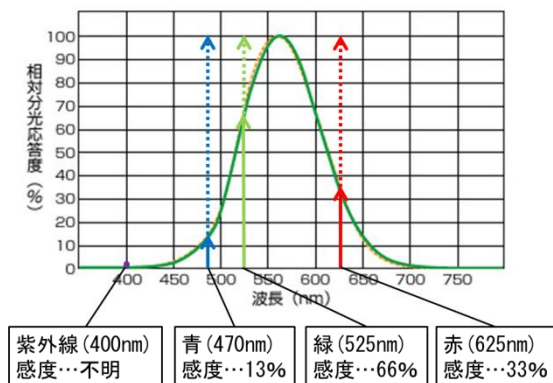
1-B.研究方法

照度計を使って、単色の LED の照度を測定する。このとき、LED 以外の光源の影響を受けないように実験は暗室で行う。

使用した照度計は光の波長ごとに感度が異なっていた(図 1 参照)ので、すべての測定値を同じ感度の値に補正する必要がある。今回は、相対分光応答度 100%の値に補正した。

※測定値の補正は以下の式を用いて行った。

$$\text{補正值} = \text{測定値} \div \text{感度} \times 100$$



(図 1 : 照度計の感度)

1-C.得られた結果

	測定値	補正值
紫外線LED(392nm)	9.2 lx	/
紫外線LED(400nm)	13.5 lx	/
青色LED(470nm)	807 lx	6208 lx
緑色LED(525nm)	3820 lx	5788 lx
赤色LED(625nm)	1530 lx	4636 lx

<補正值>

(表 1 : 実験 1 の結果)

青 : $807 \div 13 \times 100 = 6208$

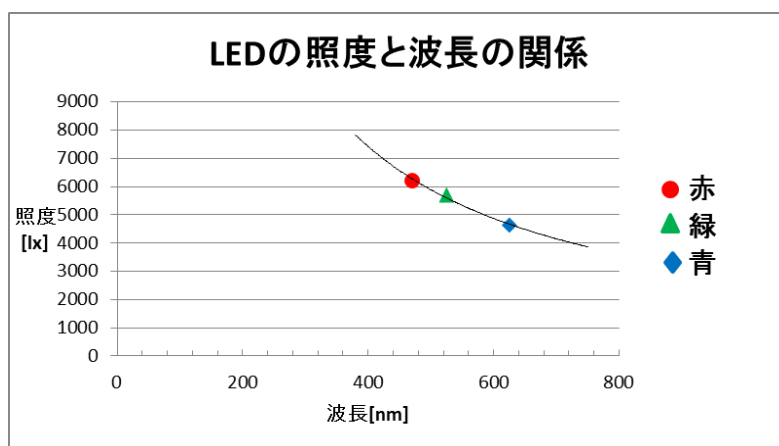
緑 : $3820 \div 66 \times 100 = 5788$

赤 : $1530 \div 33 \times 100 = 4636$

紫外線 : 感度をグラフから読み取れなかったため、補正值を求めることができなかった。

1-D.考察

LED の照度と波長の関係をグラフにまとめると下のようになった。



(グラフ 1 : LED と波長の関係)

このグラフより LED の照度と波長は反比例の関係にあることがわかる。

また、光源の持つエネルギーが高いほど照度は大きくなることから、波長の短い光源ほど高いエネルギーを持っていることがわかる。

公式 $E = \frac{hc}{\lambda}$ (E がエネルギー、 λ が波長、h がプランク定数、C が光速度を表す。)

この公式からもエネルギーは波長に反比例していることがわかる。

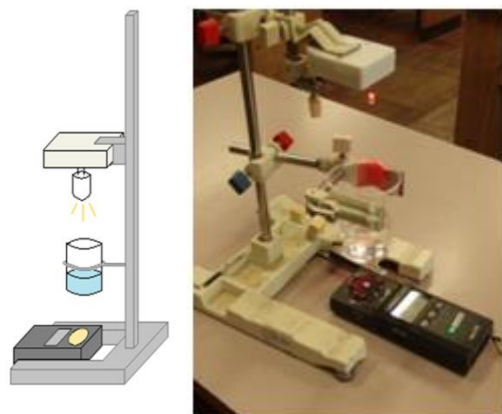
<実験 2 >

私たちは白色 LED や有機 EL が近年省エネ光源として注目されていること、それらが紫外線と蛍光塗料を使用して発光していることを知った。

蛍光塗料を使用する光源について興味を持ったので、それらの照度についても調べることにした。

2-B.研究方法

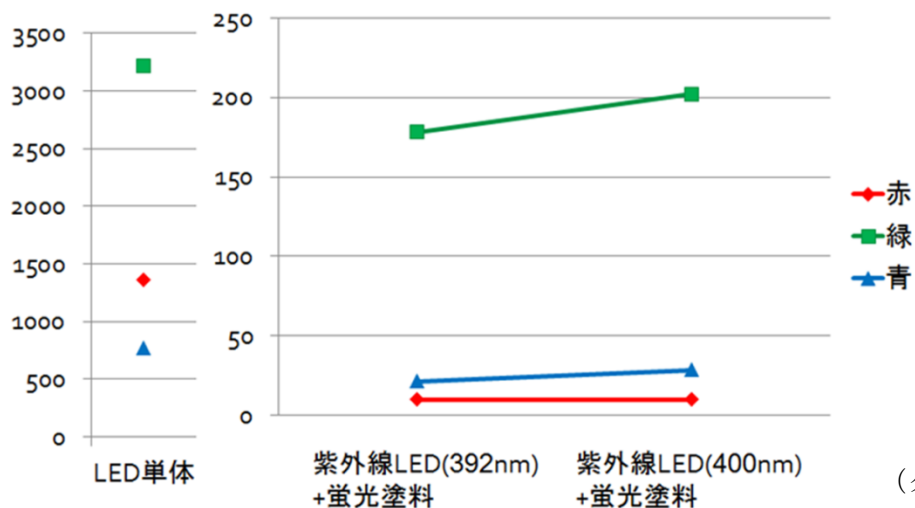
- 1、蛍光塗料と水をビーカーに入れて混ぜる。
 - 2、下図のような位置関係で設置する。
 - 3、蛍光塗料を紫外線で照らし、照度を測定する。
- また、他の光源の影響を受けないようにこの実験も暗室で行った。



(図 2 : 実験 2 の実験装置)

LED 単体では蛍光塗料と水の混合液の代わりに同体積の水を使用した。

2-C.得られた結果



(グラフ 2 : 実験 2 の結果)

LED 単体のほうが照度が大きくなった。また、紫外線では波長が 400nm の LED のほうが照度が大きくなった。

2-D.考察

LED 単体と紫外線 LED を比較したときに、LED 単体のほうが照度が大きくなったのは、LED 単体に使用した水は透明で、紫外線 LED に使用した水と蛍光塗料の混合液は不透明。そのため、LED 単体では、ほぼ全ての光が照度計の受光部に届いたが、紫外線 LED では、液が不透明だったために光が受光部に届きにくかったからだと考察した。

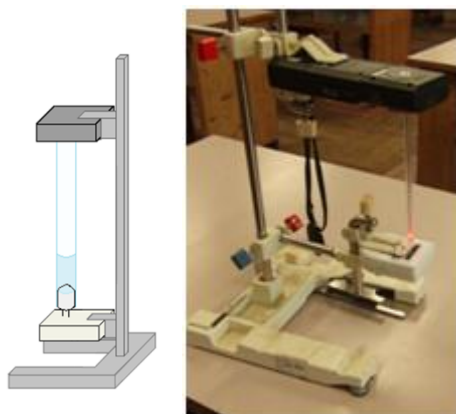
紫外線 LED(392 nm)と紫外線 LED(400 nm)を比較したとき、紫外線 LED(392 nm)と紫外線 LED(400 nm)では紫外線 LED(392 nm)のほうが照度が大きくなると予想したが、実験の結果は、紫外線 LED(400 nm)のほうが照度が大きくなった。

このような結果になった原因の一つとして、蛍光塗料を混ぜた水が影響を及ぼしたためだと考えた。そこで、水と LED の関係を調べる実験をすることにした。

<実験 3>

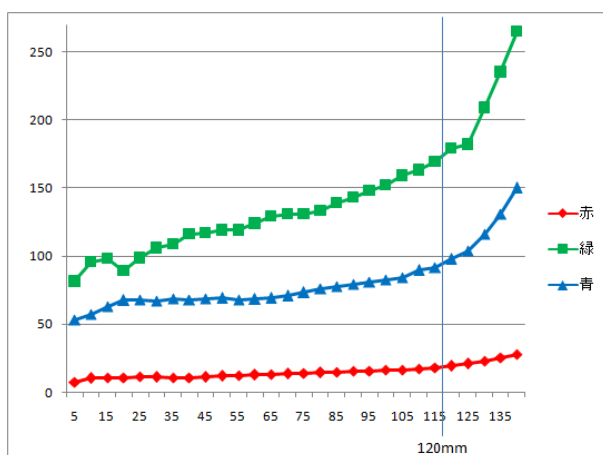
3-B.研究方法

- 1、LED とストローを接続し、照度計共にスタンドに図のような位置関係でセットする。
 - 2、ストローに水を 5mm ずつ入れていき、5mm ごとにその照度を測定する。
- この実験も、他の光源の影響を受けないように暗室で行う。
このとき、可視光の LED には水を、紫外線 LED には水と蛍光塗料の混合液を使用する。



(図 3 : 実験 3 の実験装置)

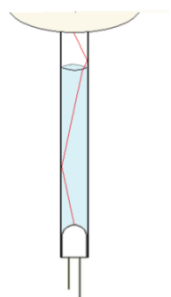
3-C.得られた結果(可視光)



(グラフ 3 : 実験 3 <可視光>の結果)

初めは比例のグラフのようだが、高さが 120mm を超えたあたりから照度の増え幅が急激に大きくなった。

3-D.考察(可視光)



左図のように光が水とストローの境界で反射し、受光部の中心に集まったために、照度の増え幅が急激に大きくなったと思われる。

(図4：実験3<可視光>の考察)

この考察が正しいかどうか、実際に検証してみる。

考察の検証

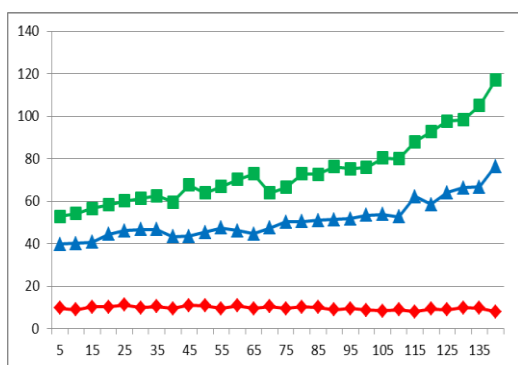
照度計の受光部の中心以外を黒画用紙で覆い、受光部の中心のみに光が当たるようにする。



この部分を黒画用紙で覆いをした。

(図5：画用紙で覆いをした照度計)

実験3と同じ方法で測定した。



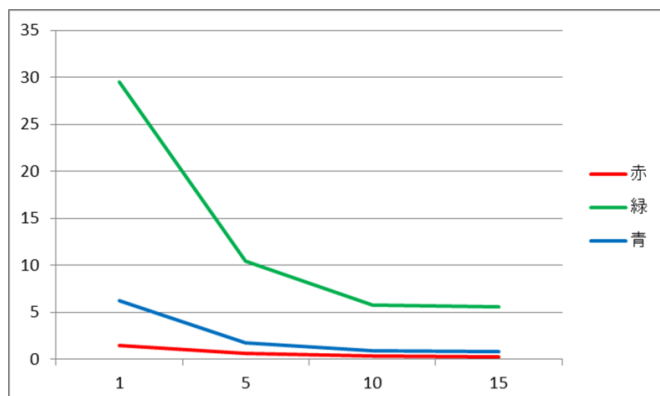
(グラフ4：検証の結果)

結果はグラフ3よりも照度が小さくなった。

このことから、実験3では光源のLEDの光が受光部の中心以外のところにも集まったために、照度が急に大きくなったと考えられる。

よって実験3の考察としては3-Dの考察より中心に集まるより中心以外のところに光が集まったために途中から急激に照度が大きくなったからという考察のほうが良いと思われる。

3-C.得られた結果(紫外線)



(グラフ 5 : 実験 3 <紫外線>の結果)

可視光の LED と違って、水の量が増えると照度は小さくなった。

3-D.考察(紫外線)

水の量が増えると照度は小さくなった。このような結果になった原因として、2つのことが考えられる。

1つ目は、蛍光塗料は不透明であるから液の量が増えるほど光源の光が照度計の受光部に届きにくくなったから、2つ目は、紫外線が液に多く含まれる水に吸収されたからだと思われる。

<1つ目の考察の検証>

- 1、混合液の濃度を調整して透明度が異なる液を2つ用意する。
- 2、実験3と同様の方法で実験する。

結果は、どちらもあまり変化がなかった。

このことから、液の透明度はあまり影響しないということがわかる。

<実験4>

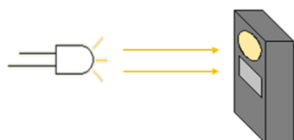
実験3の2つ目の考察の検証をする。紫外線が水に吸収されないように水を使用せずに紫外線 LED と蛍光塗料だけを使用して実験することにした。

4-B.研究方法

紫外線 LED に蛍光塗料を直接塗って照度を測定する。

照度は乾燥させる前と後で測定することにする。

この実験も、他の光源の影響を受けないように暗室で行う。

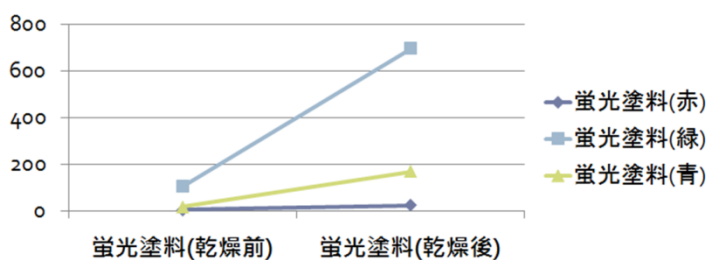


(図 6 : 実験 4 の様子)

4-C.得られた結果

	蛍光塗料(赤)	蛍光塗料(緑)	蛍光塗料(青)
蛍光塗料(乾燥前)	4.2 lx	104 lx	16.5 lx
蛍光塗料(乾燥後)	22.3 lx	696 lx	168 lx

(表 2 : 実験 4 の結果)



(グラフ 6 : 実験 4 の結果)

乾燥後は乾燥前より照度が大きかったが、単色の LED には及ばない。

4-D.考察

乾燥前より乾燥後のほうが照度が大きくなったのは、乾燥させることで蛍光塗料に含まれる水がなくなり、すべての紫外線が蛍光塗料に吸収されるようになったからだと思う。

このことより、水は紫外線を吸収するということがわかり、実験 3 の 2 つ目の考察は間違いでないということがわかる。

また、プラスチックも水と同様に紫外線を吸収することから、LED の外側に蛍光塗料を塗ると表面のプラスチックに紫外線が吸収されて照度が小さくなると考えた。

E.結論

実験 1 より、波長とエネルギーは反比例の関係にあるということがわかる。

実験 2, 3 より、単色の LED において、水を使用して実験するとき水の高さが高くなると、照度は大きくなるということがわかった。

実験 2, 3, 4 より、紫外線 LED と蛍光塗料を使用するとき、

- ・ 蛍光塗料の液の濃度は照度にあまり影響しない。
- ・ 水やプラスチックは紫外線を吸収してしまう。

この 2 つのことがわかった。

これらのことより、紫外線 LED と蛍光塗料を使用する場合は、紫外線はプラスチックや水に吸収されやすいので、吸収されないように蛍光塗料を塗るときに工夫する必要があると考えた。

F.謝辞

照度計を貸して下さった桜町中学校の校医の先生ありがとうございました。