



8 LED と宝石

This decade was in the drastic change of lighting. The LED prevailed in the world to replace fluorescent lamps and incandescent lights. However, the current common LED is not well-suitable for a gemstone. Because of its lack of cyan and red spectrum, the color of a gemstone is not well displayed with it. However, the new full spectrum LED got over it, and also has many more benefits than the previous fluorescent lamps. In this article, we will explain how to choose LED for gemstones and jewelry and what to be noted about it.

1) LED についての疑問

どこを見ても照明が LED に変わっている。LED は省エネ性能が高く、環境保護の観点からも LED 化は世界的な流れである。その中で少し気になったことがある。ある回転寿司店でお寿司が流れてくるレーン近くと、レーンから離れたところでお寿司の見え方が変わったことがあった。これはお寿司を取るレーンに赤みがわずかに強い LED が使われていて、レーンから離れた所には太陽光が差し込んでいたという光源が違ったためであった。このようなことがもし宝石で起こったら、どうだろうか。



回転寿司のレーン近くと、はなれた日光の当たる所での寿司の見え方の違い
The difference of Sushi under the Sushi bar's LED light and near the window

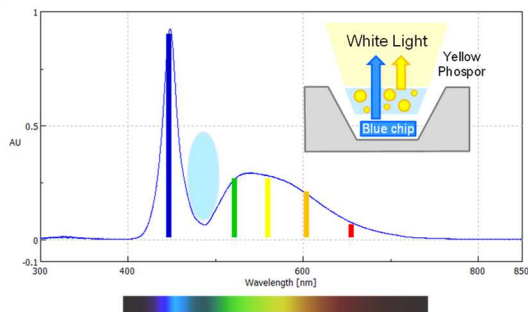
2) 蛍光灯と白熱灯から LED への照明の転換期

ここ 10 年は照明の LED への転換期であった。日本照明工業会による照明器具の出荷数に関する統計によると、2010 年には 7.8%だった LED 照明器具のシェアは 2013 年には 50%を超え、2016 年に 90%、2021 年には 97%とほぼ全て LED になっている。2010 年頃は蛍光灯 7 割、白熱灯 2 割だったことを思うとこの 10 年ほどは急激な転換期であった。LED が持つ省エネ性能の高さ、LED の低価格化、さらには省エネを目的とした法規制などがこの背景にあるが、宝飾業界も LED になっていく上で、どのようなことに気をつけたら良いか、まとめてみた。

3) 以前の LED の問題 = 低い演色性

極端な例では光源が変わるとカラーチェンジするように、宝石を見る上で光源は非常に重要である。その中で今まで市販されている一般的な LED には少し宝石に向かない点があった。

まず一般的な白色 LED には波長の偏りがあることである。それは白色 LED の構造によるもので、発光体自体は青 B の光だけを出すもので、その上の蛍光体から蛍光として黄色の光を出している。蛍光体の発光は黄色がメインなのだが、その蛍光する波長は広く、黄色の周辺の緑 G や赤 R も含まれることで、RGB (赤緑青) が揃う形で白く見える光となっていた。



これまでの一般的な白色 LED の仕組みとスペクトル
The mechanism and spectrum of common white LED

しかし、このスペクトルを見ると青緑色 (シアン) がすっぽり欠けていたり、赤色が弱いことがわかる。これが宝石について見ると、青緑色が強いコバルト・スピネルや蛍光性が弱いルビーは、この光源の下ではくすんでしまうようになる。ライトの色は白く、明るさも十分であるのに、その色が鮮やかに見えない、という状態になる。(色が見えにくいため、グレー・スピネルは逆に LED でこそグレーに見えるが、太陽光では中途半端なパープルやブルーに見えてしまう。)



太陽光と白色 LED でのコバルト・スピネルの見え方の違い
The difference of cobalt spinel and ruby under white led and sun light

光源ごとの見え方の違いを表すため、次のように写真撮影で使うカラーチャートを様々な光源の下で撮影した。カメラには一般的なものとして iPhone のカメラで撮影した。※iPhone のデフォルトのカメラなのでさまざまな補正が自動で入っているはずだが、一般的なカメラとしてそのままにしている。

太陽光
Sun light
(Ra=100)



白色 LED
White LED
(Ra>80)



高演色性蛍光灯
Fluorescent
Lamp
(Ra>90)



高演色性 LED
High Ra LED
(Ra>97)



さまざまな光源でのカラーチャートの見え方の違い (ライトは全て D65)
The color chart under various sunlight and D65 lights

太陽光はすべての可視光の波長を含んだ光であり、すべての色がきれいに発色している。これが基本的には光源の理想になる。それに比べて、白色 LED はシアン (右 1 列・上 3 列) や赤 (右 4 列・上 3 列) がくすんで暗く見える。また蛍光灯の例では太陽光に比べて、青 (右 6 列・上 3 列)、黄色 (右 3 列・上 3 列) がくすんで見える。このように、なにかの波長が足りない光で見る

とその色が、くすんで見えてしまう。

これらはわずかな違いと言われるかもしれないが、それぞれの赤(右4列・上3列)がルビーの色だったとしたら、その価格の差はわずかとはいえないだろう。また、同じ光源の下でマスターストーンと比較すれば問題ないとも考えられるが、色の鮮やかさの最高が上がることはより細かい色の差が見えやすくなり、色の選別などもやりやすくなる。

さて、このような光源の色の見えやすさには、1937年にCIEが定めた演色評価数(CRI)という指標がある。マンセル表色系の色から選ばれた、次の図の上段の8色(R1~R8)の色ズレの平均値をみる平均演色評価数(Ra)が一般的によく使われているが、他にも極彩色を含めた15色(R1~R15)の色ズレをそれぞれに見ていく特殊演色評価数(Ri)も、特殊な用途のライトの評価には使われている。

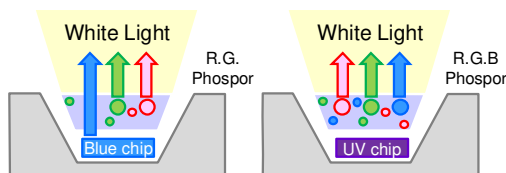
先のカラーチャートに用いた各種光源のRaがその指標であり、色の見え方との間には相関がある。さらにLEDでは総合的なRaが高くて、極端な色合いが苦手な、特に強い赤のR9、強い青のR12が低くなることもあり、それらも確認しておきたい。宝石を見るライトRaは90以上(できれば95)、R9~15も70以上(できれば90以上)のものを目安としておすすめしたい。



演色性の評価に用いられる色サンプル Ra=1~8、Ri=9~15 (資料:UMU Tokyo)
The mechanism and spectrum of common white LED

4) 高い演色性を持つLEDの宝石としての欠点

LEDには先のような波長の欠陥を補う仕組みも開発されている。下図のように青色の発光体が元になるのは同じだが、蛍光体を黄色ではなく、緑と赤のものを使うことで黄色だけでなく、緑と赤も強くしたもの(図左)や、紫外線に近い紫の光を元にして、赤R緑G青Bすべてを蛍光させることでより均一な波長の光を発生させるもの(図右)もある。しかし、紫のような波長の短い光を発するLEDは発熱しやすく寿命が短かったり、発する光を青のもののように直接使わないことから発する光が弱ったり、単純に製造コストが高かったりともまだ技術的な課題もある。しかし、このようなフルスペクトルのLEDも開発されており、着々と市場でも広がりを見せている。



より広いスペクトルを発するLEDの仕組み
The mechanism of wider spectrum LED

5) LEDの色温度の問題

他にも光源の要素に色温度がある。色と温度とはなかなか我々の生活の中では結びつかないが、恒星の温度という星が好きな方には分かって頂けるかもしれない。火や星のように高熱のものは発光するが、その温度が高いほどその光は青くなる。10000ケルビン(K)のリゲルは青く、5840Kの太陽は黄色く、3500Kのベテルギウスはオレンジに光っている。身近な例では白熱灯のフィラメントは2800Kでろうそくは2000Kと、温度が低いほどオレンジ~赤っぽくなる。このような熱放射の温度から光の色を表現したものが色温度(ケルビン、K)となる。

宝石ではこれまで北窓の側の光ということで6500Kが多く使われてきた。昼光色とも表現される光で、この光は集中を必要とする、細かい作業に適しているとも言われる。それに対して、5000Kの昼白色は、太陽の明るさに近い自然な光の色とされ、どの波長でも同じような強度であり、本来は色を見るのに適した光とされている。また電球色と言われる2800Kもよく照明では使われるが、暖色のオレンジっぽい温かみのある光の色でリラックスする場に適しているとされている。

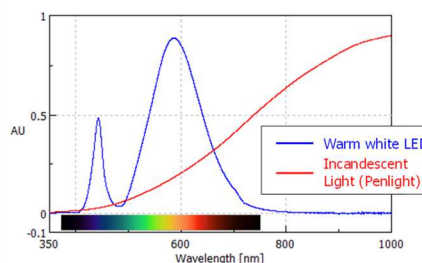
宝石ではこれまで一日の中で時間の影響を受けづらいことから北窓の光を使うことが推奨され、照明についても昼光色6500Kの蛍光灯を用いてきた。そのメリットは細かい作業に向いていたり、発光体が広いことから、特にダイヤモンドなどではブリリアンシーを抑えられ、傷などが見やすいということもあった。

しかし、高演色性を謳うLEDではやはり波長が比較的均一な5000Kの波長が作りやすいようで、演色性の高さについて見ると5000Kのものが6500Kのものに勝っていることが多く、6500Kを選ぶ場合には演色性についてもいくらかの妥協が求められるかもしれない。

6) カラーチェンジを見るためのLEDの問題

宝石にはこれまで6500Kの蛍光灯が使われてきた理由を説明したが、他にもカラーチェンジが見やすかったという理由もあったかもしれない。LEDにとって赤色は目に見えない(無駄な)赤外線に近いことや、同じく目に見えない紫外線に近いもの、紫や青の逆で発光体の光からも離れる波長となることから、弱くなりがちである。そのため、高演色性のLEDのスペクトルを見ると、あえて赤を強めているものも多く、6500Kを謳うものでも黄色などに比べて赤が強かったり、そもそも演色性を優先し6000K近くに色温度を設定しているものもある。これらでは6500Kであっても青みの割に、赤が強くなる。そのため、カラーチェンジの石を見ると変色後の色が混じったような感じで見えてしまい、変色前の宝石の色が見えにくかったりする。これは色変わりが弱い、一部のアレキサンドライト、カラーチェンジ・ガーネット、ズルタナイトなどで問題となる。

また、さらにLEDで変色後を見るのも難しいようだ。先にも述べたとおり、一般のフルスペクトルでないLEDは目に見えない赤色は弱い特徴があった。カラーチェンジを見るペンライト(白熱灯)は下図のスペクトルのように、実は見えない赤外線にピークがあり、赤は黄色やオレンジより強くなっている。それに対して、ワームホワイトと呼ばれるLEDでは黄色やオレンジを中心とした波長で、それらより赤は弱くなっている。そのため、赤に変わるカラーチェンジはこの種のLEDでは見えない。



ワームホワイトのLEDと白熱灯のスペクトルの比較
The spectrum of warm white LED and incandescent light (traditional penlight)

そこで赤みがさらに強い1800K(ろうそくより低い色温度)のフルスペクトルを謳うLEDを入手し、ペンライトの代わりにならないか、試してみた。しかし、次のページの図のような結果で非常に見にくいものであった。この問題はLEDが明るすぎることであった。そのLEDを光源とした真ん中の写真にある宝石部分だけを見れば、しっかりとペンライトのように変色しているように見えるのだが、困ったことにLEDが明るすぎてその周囲までオレンジに照らしてしまっている。こうなると人の目は周

りの光に調整して色を認識してしまうために、いまいちカラーチェンジとして見えない。その一方でペンライトは光量が弱く、その石の周りだけ照らすように集光されていて、周囲の光の色は変わらないままで、宝石の変色だけを見ることができる。変色を見るペンライトも LED にするメリットはライトを明るくすることもあるだろうが、明るすぎると人の目にはかえって変色性が見えにくいものになってしまう。そのためにわざわざ暗い LED を作ったりすれば、本末転倒であり、またさらにこのような特殊な LED をカラーチェンジに用いては先の寿司の例のように違和感がある。残念ながら、現状では白熱灯のペンライトは宝石の変色を見るのには最も適したライトであり、LED が取って代わることは難しいと言わざるをえない。



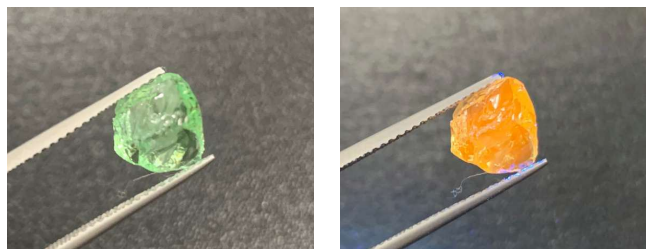
カラーチェンジサファイアを各種光源での見え方の違い
The color change sapphire under the various lighting

昔は太陽光もしくは蛍光灯と、白熱灯もしくはろうそくの光の組み合わせであったから、カラーチェンジはこのように簡単に楽しむことができる宝石の特徴だった。しかし、蛍光灯と白熱灯、ろうそくの光がなくなった今、カラーチェンジの宝石が持つ意味は変わってくるかもしれない。

7) 紫外線 LED を用いた蛍光の魅力

いくつか LED の宝石におけるデメリットを紹介してしまったが、LED にはこれまでのライトと違ったメリットもある。その一つが紫外線 LED の利用だと思う。紫外線 LED は 365nm の長波紫外線をもしたものもあれば、400nm ほどの紫～近紫外線のものも、今ではネイルの樹脂硬化用ランプなどとして簡単に手に入る。いままでのブラックランプの紫外線蛍光灯などと比べると、小型化され、さらに出力も高く、明るいところでも紫外線蛍光が見えるようになった。

近年紫外線蛍光が強い“メラニー・ミント”や“UV ガーネット”と呼ばれる淡いグリーン・グロッシュラー・ガーネットなど紫外線蛍光が強い宝石が人気である。これらは簡単なペンライトタイプの紫外線 LED で蛍光色が見られることから、以前のカラーチェンジのように扱われるほどにもなっていると感じる。それらの背景にはこの紫外線 LED の登場があったとも言えるだろう。今後も紫外線蛍光が特徴的な宝石が、以前のカラーチェンジのような位置づけで評価されていくのではないだろうか。



“メラニー・ミント・ガーネット”の自然光での様子と UV LED による蛍光
The fluorescence of “Melerani mint” garnet (Green groshular) with UV LED

8) LED の眩しさの問題

車のライトが LED に変わっていった近年、対向車のライトが眩しいと感じることが増えた。さらにポジショニングランプとして LED が使われるようになったが、それらは昼でもはっきりと分かるほどの明るさである。ポジショニングランプのように、LED の光量が高いだけでなく、その発光面積が小さいことも、より LED を眩しく感じる理由となっている。

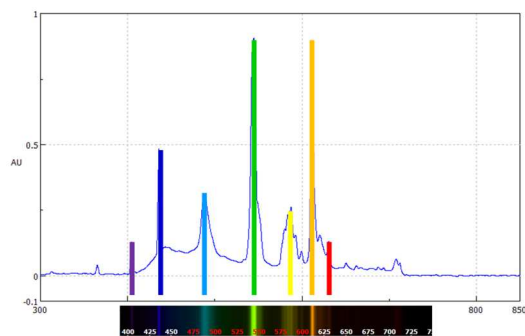
しかし、この LED の特徴は宝石の展示として考えると、石の輝

きを強める効果があると言える。Gem Information Vol.42 でダイヤモンドのブリリアンシーについて紹介したが、その中でダイヤモンドのファセットごとのコントラスト（影になるファセット、光を輝かせるファセット）がはっきりしていることで、人はブリリアンシーを感じると紹介した。そのためには蛍光灯のような広範囲で光る面光源より、太陽やスポットライトのような点光源のほうが、このコントラストを際立たせることができ、ブリリアンシーを強くすることができる。その意味で発光点が小さい LED は宝石の輝きを際出せるのに適したライトである。弊社では蛍光灯の形状をした LED ライトを用いたが、光を拡散させるディフューザーがついていないライトの下では、かなりブリリアンシーを強く感じるようになった。これは宝石をディスプレイする小売店や展示会ではよい特徴なのではないだろうか。

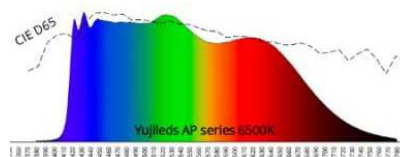
9) フルスペクトル LED の想定外の効果

また、フルスペクトルの LED で予期しなかった効果もあった。フルスペクトルの LED では蛍光灯よりファイアが強く見える。ファイアの強さを数値化することができないが、ファイア自体はプリズムのように、物体に入る光がその波長ごとに分かれる性質である。そのためそこに含まれない波長の光は見えない。

以前弊社では蛍光灯を使っていたが、蛍光灯はいくつかの光のピーク（輝線）が集まって白い光を作っている。その輝線以外の波長にも発光しているが、それらは輝線に比べるとかなり弱く、蛍光灯の輝線を見ていくと波長が不連続であるため、ファイアは起こりにくい。それに対し、フルスペクトルの LED は波長が連続しているという点が影響したようだ。



D65 蛍光灯のスペクトル
The spectrum of fluorescent lamp



D65 光源と YUJILEDS 社のフルスペクトル LED のスペクトル(資料：同社 HP)
The spectrum of CIE D65 and full-spectrum LED by YUJILEDS

また、さらにファイアを見るためには蛍光灯のような面光源は分散された光が重なることでファイアが弱待ってしまう。ファイアのためにも遠くからの点光源である太陽は理想的な光源であることも付け加えておきたい。

弊社では一昨年照明を今回紹介させていただいた YUJILEDS 社(旧 Unipo)のフルスペクトルの LED に変えた。最初は見え方の違いから戸惑いもあったが、1 年以上使ってみて、省エネ性能だけでなく多くのメリットを感じたのでご紹介させていただいた。まだまだ LED は進化の途中であり、波長も調整できることからいろいろな用途に合わせた LED が開発されている。先の寿司の例のように特殊な波長の LED で商品をよく見せるものはいかがかと思うが、理想的な光源である太陽光に近づけていく開発もより進んでいくと思われる。

また、さまざまな資料を提供し、ご指導いただいた YUJILEDS 社には改めてお礼を申し上げます。



8 LEDs and jewelry - How to choose and what should be -

This decade was in the drastic change of lighting. The LED prevailed in the world to replace fluorescent lamps and incandescent lamps. However, the current common LED is not well-suitable for a gemstone. Because of its lack of cyan and red spectrum, the color of a gemstone is not well displayed under it. However, the newly developed full spectrum LED got over it mostly, and also has many more benefits than the previous lamps. In this article, we will explain how to choose LED for gemstones and jewelry and what to be noted about it.

1) Questions about LEDs

Everywhere you look, lighting is being replaced by LEDs. It is also a global trend from the standpoint of environmental protection, as LEDs are highly energy efficient. One thing that caught my attention. At one conveyor belt sushi restraint, the sushi looked different near the sushi lane and away from the lane. This was due to the difference in the light source: the lane where the sushi was taken was lit by reddish LEDs, while the area away from the lane was lit by sunlight. What if something like this happened with gemstones?



The difference of Sushi under the Sushi bar's LED light and near the window

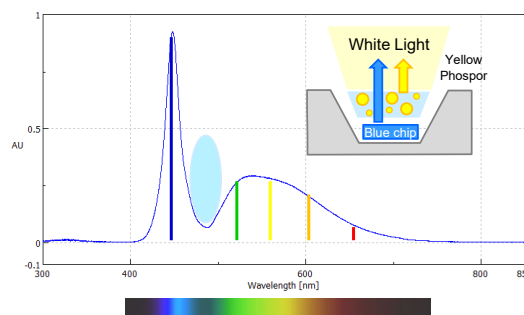
2) Lighting transition from fluorescent and incandescent to LED

The last decade has been a period of transition to LED lighting. According to statistics on lighting fixture shipments by the Japan Lighting Manufacturers Association, LED lighting fixtures accounted for 7.8% of the market in 2010, but by 2013 their share had exceeded 50%, and by 2016 it was 90%, and by 2021 it exceeded 97%. The high energy-saving performance of LEDs, the low price of LEDs, and legal regulations aimed at saving energy are all behind this trend, but here is a summary of what the jewelry industry should pay attention to as it moves toward LEDs.

3) Previous LED problem = low color rendering

The light source is very important in viewing gemstones. No need to mention the extreme cases such as alexandrite (color-changing gemstone), light source can change the color of a gemstone. In this context, common LEDs on the market are not suitable for gemstones in some respects.

The first is that general white LEDs have a wavelength bias. This is due to the structure of the white LED. The luminous body itself emits only blue light, and as it passes through the phosphor on top of it, it fluoresces yellow light to emit "white-like" light. The combination of the blue light and the yellow light, which is the complementary color of the blue light, makes the light appear white. (This type of LED is hereafter referred to as "white LED.")



Mechanism and spectrum of conventional common white LEDs
The mechanism and spectrum of common white LED

However, the spectrum of this white LED shows that blue-green (cyan) is completely missing and red is weak. Applying this to gemstones, cobalt spinel, with its strong blue-green color, and weak fluorescent type ruby, would appear dull under this light source. The color of the light is white and bright enough, but the color does not appear vivid under it. (Conversely, the recently popular gray spinel appear gray under LED, but halfway purple or blue under sunlight of full spectrum light.)



Difference in appearance of cobalt spinel in sunlight (left) and white LED (right)

In order to show the differences in the appearance of different light sources, color charts used in photography were photographed with various light sources as follows. An iPhone camera was used as a general purpose camera. iPhone's default camera is supposed to have various corrections, but because it is a common camera and because the differences were expected, we left it as is.

Sunlight
(Ra=100)



White LED
(Ra>80)



High color-rendering fluorescent Lamp
(Ra>90)



High color rendering LED (Ra>97) YUJILEDS



Differences in color chart visibility under various light sources (all lights are D65)

Sunlight consist of all visible light wavelengths and all colors are nicely chromatic. This is basically the ideal light source. In comparison, white LEDs appear dull and dark in cyan (right 1 column, top 3 rows) and red (right 4 columns, top 3 rows). Compared to sunlight, fluorescent lamps appear duller in purple (right 3 columns, top 2 rows) and yellow (right 3 columns, top 3 rows). In this way, colors appear dull when viewed under a light source that lacks a certain wavelength.

One might say that these are just slight differences, but if the red (right 4 rows, top 3 rows) were the color of rubies, the difference in price would not be slight. It could also be argued that comparing the gemstone to the master stones under the same light source would not be a problem, but the higher upper limit of color vibrancy would make it easier to see the finer differences in color during sorting out colors, etc. There would be no need to struggle to use a light source that is difficult to see.

Now, there is an index called the color rendering index (CRI), which was established by the CIE in 1937, for the color visibility of such light sources. The average color rendering index (Ra), which is the average of the color deviations of the eight colors (R1 to R8) in the upper row of the following figure, selected from the Munsell color system, is commonly used. However, the special color rendering index (Ri), which indicates the color deviation of 15 colors (R1 to R15), including extreme colors, is also used to evaluate lights for special purposes.

The Ra of the various light sources used in the previous color chart is an indicator of this, and there is a correlation between Ra and color visibility. Even if the overall Ra is high for LEDs, they may not be good at strong tints, especially R9 as strong reds and R12 as strong blues, and these should also be checked. As a rule of thumb, we recommend Ra to be 90 or higher (preferably 95 or higher) for jewelry looking lights, and R9~15 to be 70 or higher for 6500K, and 80 or higher (preferably 90 or higher) for 5000K.

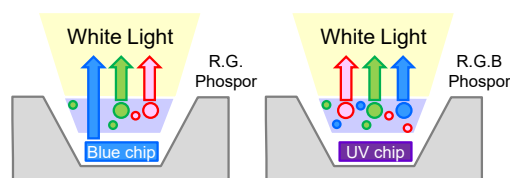


Color samples Ra=1~8, Ri=9~15 used to evaluate color rendering index (Source: UMU Tokyo)

4) How full spectrum LEDs with high color rendering properties work

LEDs have also developed mechanisms to compensate for wavelength defects such as those described earlier. As

shown on the left in the figure below, the same blue luminant is used as the source, but some have enhanced not only yellow but also green and red by using green and red phosphors instead of yellow. And some generate light with more uniform wavelengths by fluorescing all red(R), green(G) and blue(B) based on purple light, which is close to ultraviolet light, as shown on the right below. However, LEDs that emit light with shorter wavelengths, such as violet, still have some technical challenges, such as a shorter life span due to heat generation, a weaker total amount of light emitted because the light from the luminant is not used directly as in the old white LEDs, and simply higher manufacturing costs. However, such full-spectrum LEDs have been developed and are steadily expanding in the market.



The mechanism of broader spectrum LED

5) LED color temperature and its problems

Another light source feature is color temperature. Color and temperature are not easily associated in our senses, but star lovers may understand when we say stellar temperature. Hot objects such as fire and stars emit light, and the higher the temperature, the bluer the light: Rigel at 10,000 Kelvin (K) is blue, the sun at 5840K is yellow, and Betelgeuse at 3500K is orange. Another familiar example is an incandescent light filament at 2800K and a candle at 2000K. The lower the temperature, the more orange to reddish the light. The color temperature (Kelvin, K) is an expression of the color of light based on the temperature of thermal radiation.

In jewelry, lighting with a color temperature of 6500K has been widely used in the past as light for north windows because it is less affected by the time of day. This light is also described as daylight color and is said to be suitable for detailed work requiring concentration. In contrast, daylight white, which is 5000K, is considered the natural color of light, similar to color of the sunlight, and has the same intensity at all wavelengths, making it inherently suitable for viewing colors. Also, 2800K, known as light bulb color, is often considered to be the color of warm, orangey light, suitable for places of relaxation.

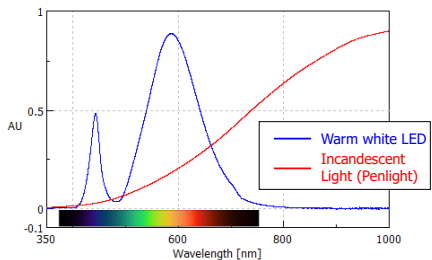
Although we have been using 6500K lighting for gems and jewelry, it seems that LEDs claiming high color rendering properties are easier to produce at a wavelength of 5000K, which has a relatively uniform wavelength. If you choose 6500K, you may be required to make some compromises in color rendering index.

6) LED issue to see color change

I explained why 6500K fluorescent lamps have been used for jewelry in the past, but another reason may have been that it was easier to see the color change. Red tends to be weaker in LEDs because red is closer to invisible (useless) infrared light. On the other hand, looking at the spectrum of high color-rendering LEDs, many of them dare to make red stronger. Even those claiming 6500K have stronger red

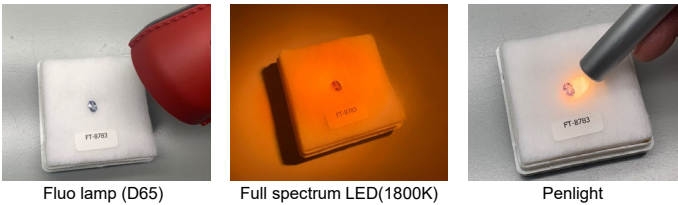
than yellow, etc., and some have color temperatures set near 6000K with priority on color rendering. Though 6500K light should have strong blue and weak red, in these cases, red is relatively strong even at 6500K, which is used to see colors before color change. Therefore, when looking at a color-changing stone with this type of LED, the color after the change appears mixed, and the color before the change may be difficult to see. This is a problem with some alexandrite, color-change garnet, and zultanite, which have weak color change.

In addition, it seems to be difficult to see the color after the change by LEDs. As mentioned earlier, red was a weak feature in white LEDs that are not full spectrum. Penlights (incandescent lamps) that is used to see color change actually have peaks in the invisible infrared range, as shown in the red spectrum in the figure below, and red is stronger than yellow or orange. In contrast, LEDs called "warm white" have a spectrum centered on yellow and orange (blue in the figure below), and red is weaker than yellow and orange. Therefore, a color change to red is not visible in this type of LED.



The spectrum of warm white LED and incandescent light (traditional penlight)

So we obtained an LED that claimed to be full spectrum with an even stronger reddish color temperature of 1800K (this color temperature equivalent to that of a candle) and tried to see if it could be used in place of the penlight. However, the results were very difficult to see the color change, as shown in the photo on the next page. The problem was that the LED was too bright. In the middle photo with the LED as the light source, if you look at the gemstone alone, it appears to change its color like a penlight, but the problem is that the LED is too bright, illuminating the surrounding area in yellow – orange as well. In this case, the human eye adjusts to the surrounding light and recognizes the color, so the color change does not look quite right. On the other hand, a penlight has a low intensity of light and is focused to illuminate only small area around the stone, so the color of the surrounding light remains unchanged and only the color change of the gemstone can be seen. The advantage of using LEDs for the penlight to see the color change may be to make the light brighter, but if the light is too bright, the color change will be difficult to see. If we go to the trouble of creating a dark LED for this purpose, it would be a complete reversal of the original purpose. Furthermore, using such a special LED for color change would look uncomfortable, as in the sushi example at the beginning. Unfortunately, historical incandescent penlights are currently the best light for viewing the color change effect in the gemstone, and it is difficult to see how LEDs can replace them.



Differences in the appearance of color-changing sapphires under various light sources
The color change sapphire under the various lighting

In the past, color change was a feature of gemstones that could be easily enjoyed because it was a combination of sunlight or fluorescent light and incandescent light or candlelight. But now that fluorescent and incandescent lights and candles are becoming special, the meaning of color-changing gemstones may be changing too.

7) Differences due to the absence of UV light in LEDs

Another feature of LEDs in general is that they do not contain ultraviolet light. The absence or presence of UV light affect, especially when looking at the color of diamonds. Many diamonds have blue fluorescence, which makes a yellowish stone appear more colorless when viewed under ultraviolet light due to its own blue fluorescence. Some earlier fluorescent lamps also contained some ultraviolet light, which was the preferred light in the diamond industry. However, LEDs basically do not contain ultraviolet light, so fluorescent diamonds look different when viewed with LEDs than they do with fluorescent lights.

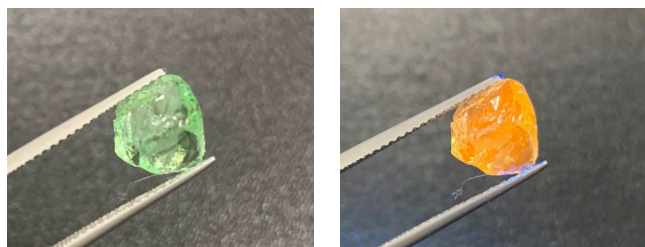
It is possible to add ultraviolet light to LEDs structurally. However, invisible ultraviolet rays are wasteful as energy for the lighting itself, and it is unlikely that ultraviolet rays will be included in LEDs for general lighting, as ultraviolet rays cause degradation of various items also. However, if there comes an LED that complies with international standards for lighting that contains more UV light in terms of bringing it closer to sunlight, we would like to choose such LEDs.

8) Attractiveness of Fluorescence with UV LEDs

I have introduced several LED disadvantages in gems and jewelry, but since UV light was mentioned, I would like to introduce some of the advantages in gems and jewelry made possible by UV LEDs. Some UV LEDs mimic the long-wave UV of black light at 365 nm, while others have ultraviolet to near-ultraviolet rays of about 400 nm, which are now readily available as resin-curing lamps for nail polish. Compared to conventional black light type UV fluorescent lamps, they are smaller and have as higher output as UV fluorescence is visible even in bright light.

In recent years, gemstones with strong UV fluorescence, such as pale green grossular garnets called "Merelani mint" or "UV garnet" and highly fluorescent scapolite, have become popular. Since these gemstones show fluorescent colors with a simple penlight-type UV LED, we feel that these gemstones are being treated like the color changes they used to be. It can be said that the appearance of this UV LED enabled them. As mentioned earlier, the LEDs may make it difficult to see color-change stones, but on the other hand, gemstones characterized by UV fluorescence

will probably be enjoyed in the same way as previous color-change gemstones.



The fluorescence of "Melerani mint" garnet with UV LED

9) LED glare and its benefits in gems

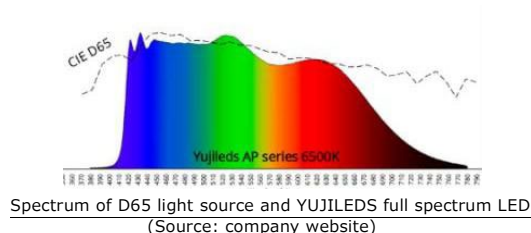
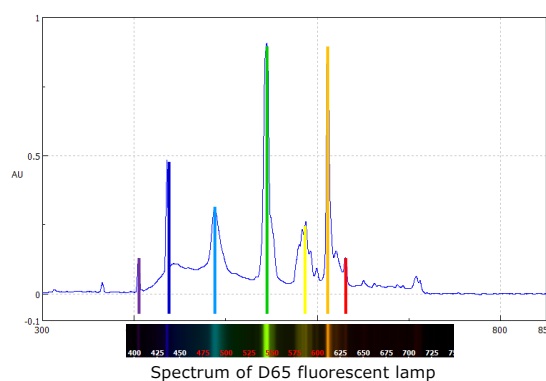
In recent years, when car lights have been replaced by LEDs, the lights of oncoming cars have become increasingly dazzling. In addition, LEDs are now used as positioning lamps, and these are so bright that they are clearly visible even in day time. This is not only because of the high luminous intensity of LEDs, but also because of the small size of their luminous body, which makes them seem more dazzling.

However, when considered as a display of gemstones, this LED feature has the effect of enhancing the brilliance of the stone, and in Gem Information Vol. 42, it was introduced that people perceive brilliancy when the contrast between each facet (the facets that become a shadow and those that reflect the light to shine) is clear. For this purpose, a point light source such as the sun or a spotlight can make this contrast more pronounced than a surface light source such as a fluorescent lamp, which shines over a wide area, and thus can strengthen the brilliance of gemstone. In this sense, LEDs with small luminous elements are suitable lights for highlighting the brilliance of gemstones. Although LEDs with a large luminescent body using special phosphors have been developed, small luminescent LEDs are better for retail stores and exhibitions displaying gemstones, as the gemstones' brilliance can be perceived more strongly.

10) Unexpected effects of full spectrum LEDs

There was also an unexpected effect with full-spectrum LEDs. "Fire" in gemstones appears stronger in full-spectrum LEDs than in fluorescent lamps. Although the intensity of the fire cannot be quantified, the fire itself is a property of light entering an object, like a prism, that is divided into its different wavelengths to produce rainbow colored reflection. Therefore, light with wavelengths not included in the light source is not visible in the fire.

In the past, our company used fluorescent lamps, but fluorescent lamps emit white light by gathering peaks of several wavelengths (emission lines). Other wavelengths are also emitted slightly, but they are much weaker than emission lines, and fluorescent light emission lines have discontinuous wavelengths, making it difficult for fire to occur. In contrast, full-spectrum LEDs are affected by the fact that their wavelengths are even and continuous, making it easier to see the fire in gemstones.



In addition, for further fire viewing, a surface light source such as a fluorescent light source also has the effect of weakening the fire due to the overlap of the dispersed light. Also, it should be mentioned that the sun, a distant point light source, is an ideal light source to see fire as well.

It is more than a year since we changed our lighting to full-spectrum LEDs from YUJILEDs (Unipo Corporation, distributor in Japan), which we have introduced here. At first, we were puzzled by the difference in visibility, but after more than a year of use, we have found many advantages in addition to energy-saving performance, which is why we introduce them here. LEDs are still in the process of evolution, and since the wavelength can be adjusted, LEDs are being developed for a variety of uses. While we may not be able to use special LEDs to make products look better, as in the sushi example at the beginning, we believe that further development will be made to make LEDs closer to the sunlight, which is the ideal and universal light source than conventional lighting.

We would also like to thank Unipo Corporation once again for providing various materials and advices.