

## 自然の光を追い求めて

### —大阪市立東洋陶磁美術館の展示用 LED 照明の導入をめぐる—

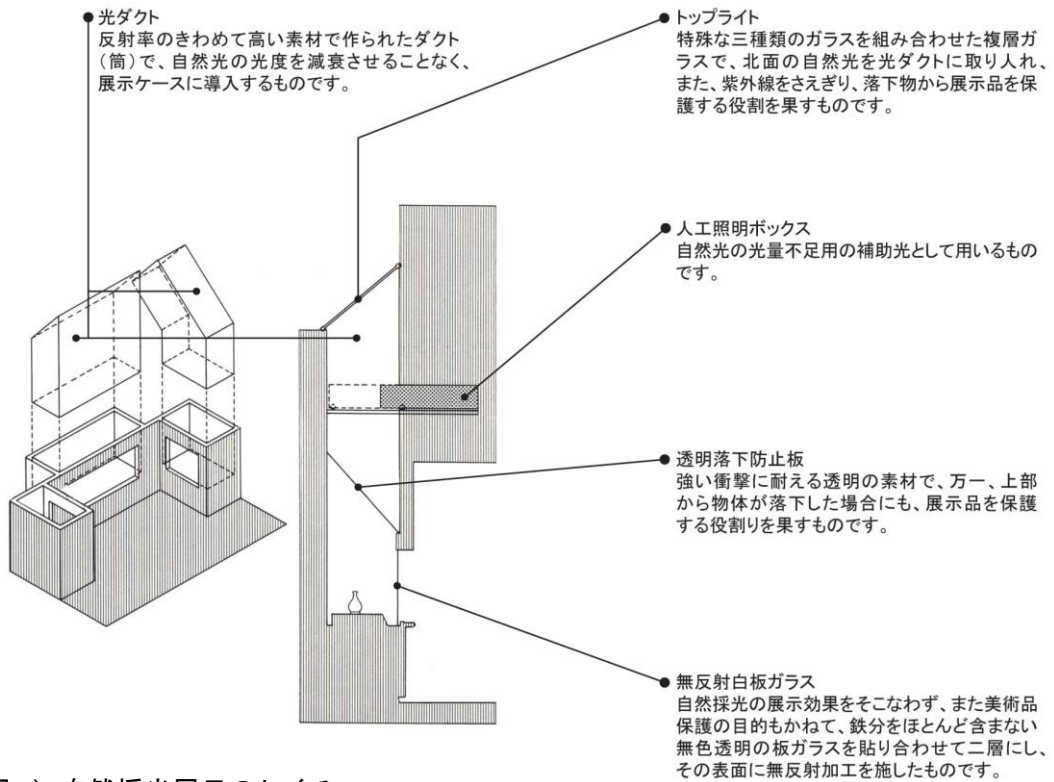
大阪市立東洋陶磁美術館  
主任学芸員 小林 仁

東洋陶磁美術館の小林です。今年 4 月より当館で導入した新しい展示用 LED 照明についてご紹介いたします。

当館の展示の大きな特色の一つが、陶磁器（主に古陶磁）を自然の光で鑑賞していただくために、特別に一部屋設けた自然採光展示室です。東洋陶磁美術館は、今年でちょうど 30 周年を迎えますが、30 年前に展示ケースの中に自然採光を取り入れるシステムは、国内はもとより世界的にも初めての非常に画期的な展示方法でした。これは、現在に至っても同様で、展示室全体に自然光を取り入れることは比較的簡単で例がありますが、展示ケースの中だけに自然の光を取り入れる、しかも直接光では色々と問題がありますので、間接的な光を取り入れる仕組みというのは、手間もコストもかかるため、当館以外の導入例というのは、いまだに聞いたことがありません。

では、なぜそうした自然光展示を導入したのかということ、その背景には美術品としての陶磁器をできるだけ理想的な条件で鑑賞していただきたいという当館開館以来の展示理念があります。陶磁器に限らず美術品を鑑賞していただく上で一番大事な点は、美術品本来の色合いや質感をいかに感じていただくかということです。とりわけ、陶磁器の場合は、光の性質によって色合いや質感を左右する要素が大きく、陶磁器の鑑賞においてどのような光で鑑賞するのかがとても重要となります。陶磁器の中でも、釉色の見え方が光によって最も影響を受けやすいのが青磁であり、青磁の鑑賞には古来より「秋の晴れた日の午前 10 時ごろ、北向きの部屋で障子一枚へだてたほどの日の光で」ともいわれています。これほど、陶磁器というのは、光によってその色合いが左右されやすいのです。さらに、青磁は同じ時に同じ窯の中で焼いたものでも、一点一点微妙に色合いが異なってきます。ましてや、産地が違ったり、時代が違ったりすれば同じ青磁というジャンルであっても色合いは大きく変わってきます。したがって、そうした青磁の色の違いや質感がきちんと見えるということが青磁の鑑賞にとって最も重要な点であり、その点で自然光に勝るものはないわけです。

こちらが、当館の自然採光展示システムの概要図です（図 1）。天井に光を取り入れるガラス窓を設けて、そこから光ダクトを経て間接的に自然光が展示ケース内に入る仕組みになっています。ダクトを通る際になるべく光量が減らないようダクト内の壁面には、反射率の非常に高い素材が貼られています。また、せっかく自然光を取り入れても、ガラスケースのガラス自体に少しでも色がついては台無しになってしまいます。



（図 1）自然採光展示のしくみ



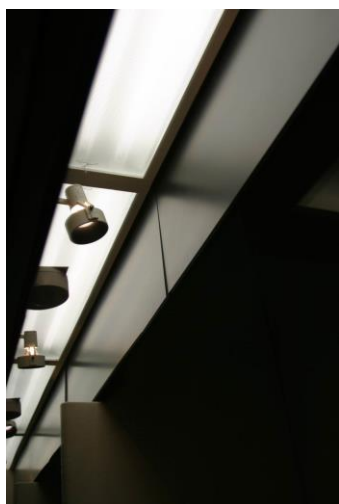
（図 2）自然採光展示ケース



（図 3）自然採光展示ケース内上部

通常、美術館の展示ケースには無色に近い専用のガラスが使われており、当館でも他の展示室ではそうした専用のガラスを採用していますが、この自然採光展示室に限っては、それよりも更に透明度を高めた、特別の無反射白板ガラスを採用しました。ですので、このガラスケースは通常のものに比べて極めて高価なものになっています。

こちらが、自然採光展示ケースの写真です（図 2）。やわらかな自然の光がまんべんなくケース内にいきわたっており、展示ケース内にちょうど先ほど述べたような理想的な鑑賞空間が作りだされています。ケース上方には明るい部分が見えると思いますが（図 3）、それが採光部からつながっており、自然光がケース内に取り入れられているのです。この当館独自の自然採光展示は、開館以来、多くの来館者や専門家らから高い評価を得ています。



（図 4）蛍光灯とハロゲン灯



（図 5）蛍光灯とハロゲン灯による従来の展示

当初、この自然採光展示室以外の展示室では、蛍光灯とハロゲン灯を使った 2 系統の照明展示（図 4）を行っていました。蛍光灯は、通常的美術館用蛍光灯として、展示ケース内全体をある程度明るくする基本照明の役目を担っています。従来、我々が重視していたのが、スポット的な演出効果や役割を担うスポットライト、ハロゲン灯の方であります。ハロゲンライトの電球の色合いについてはこれまで非常にこだわりを持って選んできました。LED 照明導入前まで使っていたのが、オランダのフィリップス社のハロゲンランプ（色温度 4700K タイプ）です（ドイツの ERCO 社のスポットライトを使用）。当時、事前に何社もの製品を比較する中で、色の質が自然光に比較的近く陶磁器の展示にその時点で最も適したものと判断しました。ただし、先ほどの自然採光展示室と比べると、蛍光灯をベースに一点一点をハロゲンでスポット的に照らしますので、作品が強調され光にコントラストが生まれます（図 5）。それが一種の演出効果を生み出していたわけです。ここでもうお気づきかと思いますが、こうしたスポット照明と先ほどの自然採光展示というのは、照明コンセプトが根本的に異なります。全体を柔らかな

自然光で包む方法と、一点一点をスポット演出により照らす方法は一つの対極をなしているといえます。従来は、当館独自の自然採光展示に限りなく近づける照明方法がまだなく、また機器の性能面から見ても、ハロゲンライトによるスポット照明が陶磁器展示の照明としては最適と考えられたため、そうしたハロゲンライトの中でいかに陶磁器の鑑賞に適した色合いのものを探すかを追求してきたわけです。

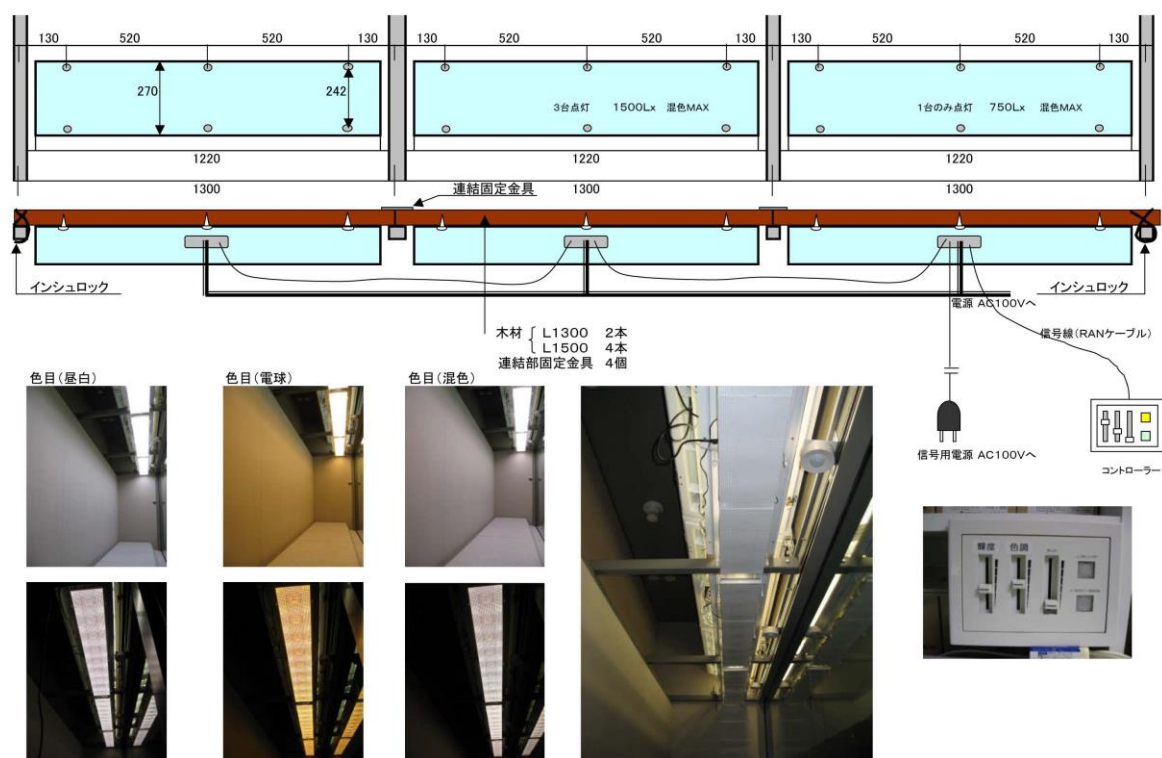
今回、LED照明の導入を進めるにあたって、こうした従来の考えを根本から見直し、スポットライトを使った演出的な照明ではなくて、自然採光展示の光を人工のLED照明で再現することを目指しました。自然採光展示室は、朝の光、昼の光、夕方の光と一日の中でも光量が変わることもさることながら、光の質も刻々と変わっていきます。それは、また時間によってだけではなくて、1年を通して見れば季節によっても色合いが変わります。こうした自然の光ならでは色の变化を再現する上で、LEDというのは、調光（光の強弱）だけではなく、色合いを変えることも可能となっており、自然の光に限りなく近づける照明が新たなLEDにより実現できないかと期待したのでした。もちろん、これはまだ前例がなく、必ず成功するという保証もなかったわけですので、いくなれば一つの挑戦でした。

さて、照明を考える際、「色温度（相関色温度）」という言葉と「演色性（平均演色評価数）」という言葉がキーワードとしてあります。「色温度」というのはいわば光の色合いで、その数値はK（ケルビン）で表されます。数値が高いほど青白みを帯びた色で、数値が低いほど赤みを帯びた色となります。例えば、朝夕の光は3,000 K～4,000 K程度、昼の光は5,000 K～8,000 K程度です。一方、「演色性」というのは、今回の導入にあっても非常に重要なポイントでしたが、どの程度物本来の色が見えるかという色の再現性に対する指数です。数値はRaで表され、自然光（太陽光）はRa100となり、一般的なLED電球はRa80台といわれています。家庭用LEDであればそれほど高演色性のLEDは必要ないかもしれませんが、今回当館が最もこだわったのがこの演色性を自然光すなわちRa100にできる限り近づけたいということでした。当館の従来の照明はすでに国内外でも評価されており、今回新たにLED照明を導入することになれば当然注目が集まります。したがって、導入するからには単にエコ、省エネというだけではなく、質においても従来の照明以上のものを目指しました。現在、美術館向けのLED照明でRa90を超えるものもすでに出ておりましたので、Ra90台でも後半、すなわちRa95以上（実測平均値）を実現できるかどうかの一つの分かれ目と考え、それを目標としてきました。今回はESCO事業という省エネルギーサービス事業（水道光熱費等の経費削減の実績から対価を得るビジネス形態）として空調の交換工事とともに実施されたため、当初の仕様はかなり大きな問題があったにも関わらず、LED照明の選定にあたってはいろいろな製品を比較して満足のいくものを選ぶということができたことは幸いでした。現在、国内外の様々な会社がLED照明を作っていて、どこのものなら安心して入れられるか、単なる仕様だけでは見えにくい部分も多々ありましたので、実際に機器を使つての実証

比較実験を重ね、また演色性についても現場で実測するなど、検討には検討を重ねました。その結果、シャープ社製のフラッター式パネルタイプのLED照明を採用することになりました。

その特徴としては、当初目標とした Ra95 以上の高い演色性であること、とくに色の出にくい赤色の R9 の値も Ra80 以上出ていますので、既存の LED 照明の中ではかなり優秀な方だと思います。また、従来の照明でもそうでしたがケースごとに明るさを調整できる調光機能とともに、従来にはなかった新しい機能として、ケースごとに光の色合いを変えることができる調色機能が付きまして、色温度で言うとだいたい 2,700K～5,500K の範囲で調整が可能です。さらに、実験段階で、LED のチップが粒状に陶磁器の表面に映り込むものもあったので、いかに光を拡散できるかも重要なポイントになりましたが、シャープ社の特有技術である「フラッター」（LED 光源を反射材により面発光へ変換する技術）により、LED 特有の点光源の映り込みを防ぐことが可能となりました。

こちらが、シャープ社製フラッター式 LED 照明の基本的な図面と写真です（図 6）。色温度を変えることにより、色合いが変わる様子が確認できると思います（図 6 左下）。ケースごとに色合いが自由に設定できるということです。こちらが設定の詳細です。展示室ごとに 1～2 ヶ所、調光・調色盤というものがついており、調整フェーダー（図 6 右下）により調光と調色がケースごとにできるようになっています。



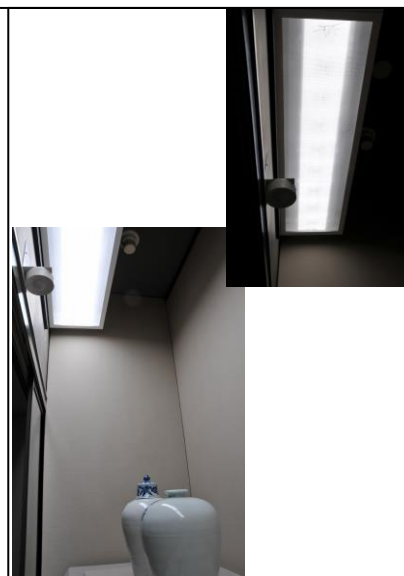
(図 6) シャープ社製 LED フラッター照明パネル



こちらが新しいLED照明による展示室の様子です(図7、8)。今回同時に、展示室天井の間接照明もLED照明に交換しています。



(図7) 新しいLED照明による展示室の様子

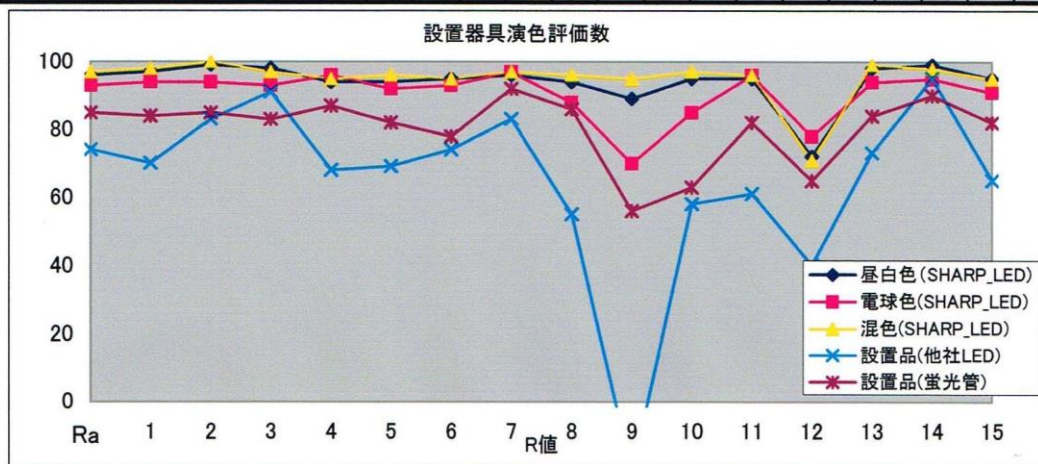


(図8) 展示ケース内部

下表は、実際の演色性の測定結果データ比較表の一部です(図9)。とくに注目していただきたいのが一般に色が出にくいとされるR9の数値です。他社製品がいずれも極端に低くなっていますが、シャープ製品は万遍なく高い数値を出していることが分かります。

1. 演色評価数及び色温度

サンプル	色温度	Ra	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	
SHARP製LED	昼白色	5609	96	97	99	98	94	94	95	96	94	89	95	72	98	99	95	
	電球色	2624	93	94	94	93	96	92	93	97	88	70	85	96	78	94	95	91
	混色	4687	97	98	100	97	95	96	95	97	96	95	97	96	71	99	98	95
他社1	隣部屋LED	4211	74	70	83	91	68	69	74	83	55	-21	58	61	40	73	95	65
他社2	蛍光管	4275	85	84	85	83	87	82	78	92	86	56	63	82	65	84	90	82



(図9) LED照明色温度測定データ比較表

測定場所	A展示室										B展示室			
	1	2	3	4	5,6,7	8	9	10	11	12	13	14	15	
照度 (lx)	249	571	602	507	546	923	923	748	638	591	592	663	625	
色温度 (K)	3328	3330	3440	3565	3347	3395	3481	3596	3312	3367	3379	3306	3608	
Ra	98	98	98	97	98	98	98	97	97	97	99	98	98	
R1	100	99	100	98	99	99	99	98	99	98	99	99	99	
R2	99	98	98	97	98	98	98	96	98	97	99	98	98	
R3	95	95	95	94	95	95	94	94	95	95	96	95	94	
R4	98	98	98	99	98	98	98	98	98	98	98	98	98	
R5	99	98	99	97	98	98	98	96	98	97	100	98	98	
R6	97	97	96	95	96	96	96	94	96	95	97	96	95	
R7	99	99	99	99	99	99	98	99	98	99	99	99	99	
R8	99	98	99	98	98	98	99	98	97	97	99	98	100	
R9	96	94	97	91	93	94	97	91	92	90	97	95	98	
R10	95	95	95	91	94	93	93	90	94	92	97	94	93	
R11	97	97	97	98	97	97	97	97	97	98	96	97	97	
R12	83	83	83	78	82	81	81	78	82	81	85	83	80	
R13	100	99	99	97	99	99	99	97	99	97	100	99	99	
R14	97	97	96	96	97	96	96	96	97	96	97	97	96	
R15	99	99	99	97	98	98	99	97	98	97	99	99	99	

(図 10) 展示室 A、B の LED 照明色温度、照度測定データ

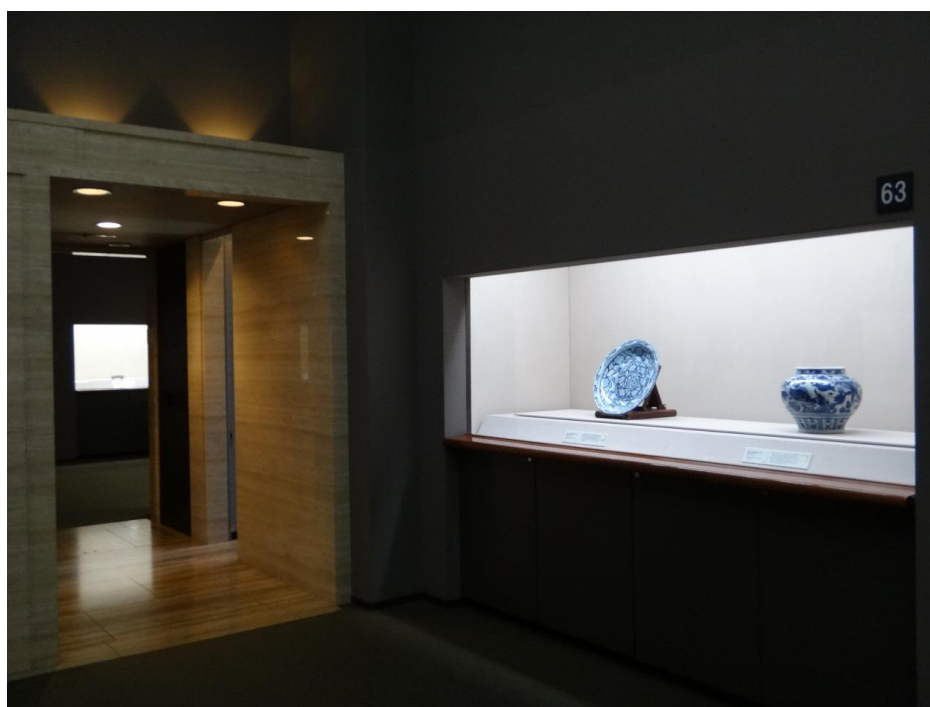
今回、展示室ごと、ケースごとに色温度や照度を測定しました（図 10）。とくに演色性は実際の実測平均値が Ra97 以上となっており、LED 照明の中では現段階ではかなりの高演色性のものであることが改めて分かります。

さらに、LED は自然光や蛍光灯、ハロゲンランプに比べて紫外線や赤外線が非常に少ないという点も美術品に適しています。もちろん、よく知られているように電球の寿命も格段に長く、今回導入した LED 照明の設計寿命は約 40,000 時間となっています。

先日、シャープの担当者の方に話をうかがった際に、この製品はあくまで特注品でまだ製品化はされていないということでした。実際に、これほど高い演色性のは、通常の家庭用ではあまり必要ないようで、仮にあったとしても現時点ではかなりのコストがかかり採算が取れないという事情もあるようです。こうした高い演色性が求められるのは、極めて特殊な場合です。LED に限らず、新しい優れた照明が登場すると、いち早く取り入れる場所があります。美術館もその 1 つですけれども、美術館以上に照明に気をつかうといえる場所が病院の手術室、手術台の照明です。かつて光ファイバーが製品化された時にいち早く取り入れたのも病院でした。手術をする際に必須なことは、十分な明るさで、温度が高くならず、そして本来の色が忠実に見えることです。これはいみじくも先ほどお話した陶磁器はじめ美術品の鑑賞にも通じるものです。手術台では現在すでに LED 照明が導入されているという話も聞きますので、病院の手術室や美術館で新しい照明が導入されるということは、照明の歴史において一つの時代の移り変わ

りを象徴するものであるということが出来ます。

新しく LED 照明を導入したこの 4 月からの最初の展覧会がドイツのマイセン磁器の特別展であり、特別展では同様の LED 照明に加え、一部スポットライトも用いました。陶磁器は自然光で鑑賞するのに越したことはありませんが、展示する内容あるいは企画のコンセプトなどによっては、照明による演出効果が必要な場合があります。当館では、館蔵品は基本的に自然光に近いフラッター式 LED 照明だけで見せ、一方外部からの借用品中心の特別展や企画展のような場合には、必要に応じてスポット照明による演出効果も加えてメリハリをつけていくことも考えています。



(図 11) 手前が LED 照明、奥が自然採光展示

この写真で奥に少し見えているのが自然採光展示室で、手前が新しい LED 照明の展示室です (図 11)。実際に現場に立つと、ちょうど両方の照明の様子が同時に視界に入ります。写真では分かりにくいかもしれませんが、両者を比べてみると、新しい LED 照明が自然採光展示室にかなり近い雰囲気の色合いを達成できていることが分かります。実際に、すべての展示室に LED 照明を設置し、そして作品を置いて確認する最後まで正直不安な気持ちがありました。実際にこの様子を見て、今回の新しい LED 照明がとりあえずは当初の目標をクリアすることができたのではないかとようやく安堵いたしました。

一方、照明が変わり、展示作品がよく見えるようになると、今まで見えなかった部分も見えてきます。これまで見えなかった陶磁器の色や質感の微妙な違いが見えてくることは新たな発見にもつながります。ただし、このことは裏を返せばデメリットというほ



どではありませんが、良くも悪くも見えすぎるということでもあります。例えば、修復や傷などがある作品では、今までの照明だとそこまでは見えなかった部分が前に比べると少し気になるようになりました。これは、本当に微妙な変化で、普段作品を見慣れている我々の眼から見た場合ですので、実際には一般の方がどの程度気づくかは分かりません。しかし、それはあたかも女性のすっぴんの肌が白日のもとにさらされるような状態になる訳です。当館の作品はいずれもお肌に自信のある一級品が多いのであまり心配する必要はないのかもしれませんが、やはりそれでも数百年あるいは一千年以上というような古い作品も多く、使用痕や汚れなどが全くないとはいえません。また長い間地中に埋まっていた作品などの場合はどこかしら後世の修復があつたりしますので、今まで以上により高度な修復技術が今後要求されるかもしれません。

作品だけではなく、作品を置く展示台のクロスなどの状態もはっきり見えてくることが当然ながら予想されました。そこで、今回 LED 照明の導入に際しては、展示ケース内のクロスの張り替えも併せて行いました。せっかく照明を新しくキレイなものにしたのに、クロスのシミや汚れが目がいつてしまうと理想的な鑑賞を大きく阻害する要因になってしまうからです。いずれにせよ、美術館は理想的な鑑賞環境、展示のために最大限の努力をすべきといえます。今回の当館における LED 展示照明導入にあたっての、演出効果を配してより自然光に近い光で作品の本来の持つ色合いや質感を鑑賞していただくという試みは、結果的には成功したのではないかと思います。色合いの微妙な青磁が今まで以上に良く見えるようになったということが何よりそのことを如実に物語っています。当館独自の自然採光展示とそれと同様な照明環境を新たな LED 照明で実現した今回の取り組みは、全国的に見ても極めて意義のあるものであり、今後の美術館照明の一つのスタンダードとなりうるものと確信しています。

もちろん、LED 技術は年々進歩しており、あるメーカーの方から今の LED 技術は飛躍的に進んでいるのであと数年は待った方が良いというような話も聞いたことがあります。LED 照明は今まさに進化し続けている最中なのです。LED は電気代も大幅に節約でき、また 10 年以上も長持ちするというメリットはあるものの、初期投資のコストがまだ高く、なかなか導入できない美術館も多いと思います。今回、当館は ESCO 事業という機会に恵まれ、しかもその中で我々の希望に合うような照明が導入できたことは極めて幸運であったと思います。もちろん今後当館以上の性能の LED 照明が出てくる可能性は十分ありますが、少なくとも現時点において、陶磁専門美術館として常に理想的な展示環境にこだわってきた当館にふさわしい LED 照明が導入できたのではないかという自負はあります。

今回、自然採光展示室にも実は補助光として同様の LED を導入しました。自然採光展示室では、天気の良い日や夕方などはかなり暗くなってしまいます。従来ですと、蛍光灯のボックスが出て、補助光として機能していましたが、今回その補助光に LED 照明を取り付けて、照度計により光が暗くなると一定の光量になるように LED 補助光を

加える仕組みが付きました（図 12）。それと同時にその LED 補助光は色温度センサーによりその時点での外光の色温度に合わせたものに自動的に調整され、外光と同じ色合いの光で一定の光量が保てるという、画期的な LED 自然採光展示システムというものが実現したのです。自然採光展示室のケースの下には、照度計と色温度センサーで計った現在の照度と色温度が表示される仕組みになっています（図 13）。

## LED 自然採光展示

このシステムは、自然光だけでは外部要因により光量が下がるという問題を解決するために開発された世界初のシステムです。時間変化により、様々な光を楽しむ空間への展開も可能です。

### 特徴

- ・ 展示物の照度が昼夜、天候を問わず一定となるように、展示物の上部に設置された LED 照明が出力を自動調整
- ・ 自然光と内部の光色を色彩照度計が測定し、展示物付近と外光色を合わせるよう LED 照明の発光色を自動調整
- ・ シャープの高演色 LED を使用することで、照明を点灯させた場合でも自然光に近い色を実現
- ・ LED を使用することで、紫外線による展示物の劣化を防止
- ・ シャープの特有技術であるフラッターを使用し、LED 特有の点光源のグレアを解消

### 補足説明

**フラッター：** LED 光源を反射材により面発光へ変換する技術  
**演色性：** 自然光に近いほど演色性が高いといわれている

## LED Natural Light Display

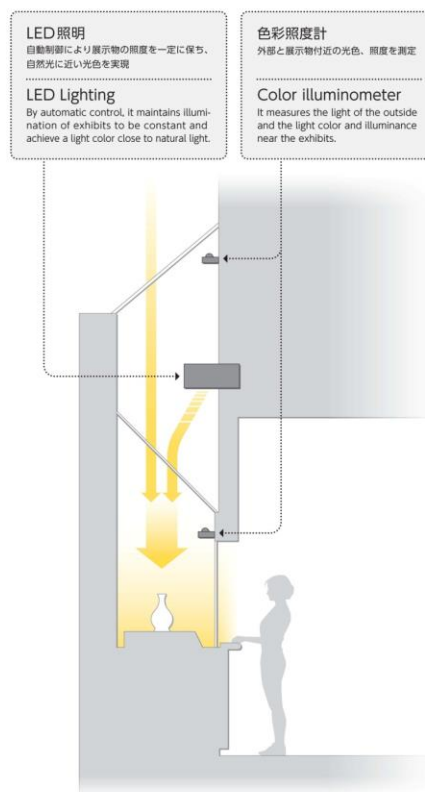
This system is the world's first system which has been developed to solve the problem that only with natural light the amount of light decreases by external factors. It is possible to create the space enjoying a variety of light by the time change.

### Features

- ・ Automatic output adjustment of LED lighting installed above the exhibits keeps constant illuminance of the exhibits for day and night, regardless of weather.
- ・ Color illuminometer measures the light color of natural light and indoor light and it automatically adjust the LED lighting emission to match the color near the exhibits with natural color.
- ・ By using a high CRI LED manufactured by SHARP Co., it achieve a color close to natural light even when the lighting is lit.
- ・ By using the LED it prevents deterioration of exhibits by ultraviolet rays.
- ・ Using the specific technology "flatter technology" of SHARP Co., it eliminates the glare of point light source LED.

### Notes

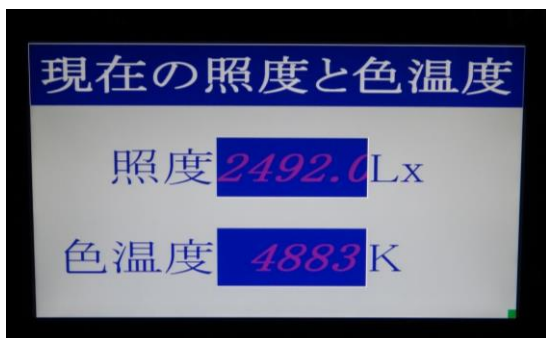
**Flatter Technology:** It converts the dot light source of LED reflects to surface-emitting LED light source.  
**CRI:** Color rendering Index. The color rendering properties close to natural light is said as high CRI.



シャープ株式会社 電子デバイス事業本部 | 2012-04

上（図 12-a）LED 自然採光展示システム説明

右（図 12-b）LED 自然採光展示ケース



（図 13）照度・色温度モニターパネル



この画面は来館者が目にできないケース内にあるので、何とかこのパネルの情報を来館者に表示できないか現在検討中です。現在の外の明るさと色合いがリアルタイムに一目で分かる表示はきっと多くの来館者の注目を集めるはずです。

最後に一つ心残りだった点をいえば、外光の色温度を色温度センサーで計ってそれと同様の色温度の光を自動的につくりだすことができるわけですから、自然採光展示室の補助光としてだけでなく、その他の展示室にも応用できたのではないかということです。これは当初私がイメージした新しい LED 照明のあり方でした。すなわち、時間や季節によって刻々と変化する外光と同じ光が展示ケース内の LED 照明で再現されていくというものです。LED の調色機能を最大限に活用した照明といえます。現在の技術でも十分実現可能であると思われ、将来的にはぜひそうした形にバージョンアップできることを願っています。

先日、テレビ番組でも当館の新しい LED 照明が紹介されました。自然光に限りなく近い色合いで、しかも色温度を調節することが可能な機能は大いに注目されました。陶磁専門美術館である当館の大きな特色の一つである自然採光展示を一つの理想として、限りなく自然の光に近づけようとした当館の新たな LED 照明は、陶磁陶作品本来の色合い、そして美しさを多くの人々に理想的な環境で鑑賞してもらいたいという我々の思いを一つの形にしたものといえます。ぜひ実際にその眼で新たな LED 照明をご覧ください。できれば幸いです。ご清聴ありがとうございました。

(本稿は平成 24 年 5 月 28 日に開催した国際博物館の日記念シンポジウム「博物館 これからのみせ方・つたえ方」での講演録です)