

色彩管理・調色現場における 人工太陽照明灯の採用理由

佐藤 郁夫*

当社が製造販売する人工太陽照明灯「SOLAX」（海外では XELIOS）は、1987年4月の発売開始以来、数万台の納入実績がある。若干のマイナーチェンジは繰り返してきたが、基本仕様は発売開始当初とほとんど変わらず、未だに多くのお問い合わせ、引き合い、ご注文をいただいている。使用目的は時代の変遷と共に移り変わっているが、今でも多くのユーザーが目視検査のために人工太陽照明灯を使用している。

一方、計測器も年々進化しており、より高精度に色計測ができるようになってきた。しかしながら現在でも目視検査が行われているのはなぜだろうか？ 調色現場における、計測器による色彩管理と目視検査による色彩管理の両面から、なぜ人工太陽照明灯が採用され使用されているのかを紐解いてみたい。

1. 人工太陽照明灯の開発秘話

人工太陽照明灯は、当社創業者の佐藤泰司（写真-1参照）の発明によるものである。

発明のきっかけは、創業者の中学生時代にさかのぼる。夏休みの最終日、明日から新学期という日の夕方、絵を描く宿題を忘れていたことに気づいた創業者は、慌ててなじみのある近隣の風景画を、思い返しながらかき上げた。翌日登校して提出のため昨夜描いた絵を開いてみると、想像していた色と全く違う色で描かれて



写真-1 セリック創業者 佐藤泰司
(現取締役会長)

いたことに気づく。“光が違くと色が違って見える”ことに気づいた瞬間である。もともと機械いじりやモノづくりが好きだった創業者はこの時、「太陽の光を自分の手でつくってみたい」と思ったそうだ。実にユニークな発想であるが、これが創業者の脳に刻まれた。

その後エンジニアとして船舶の電気設備の開発設計に携わるようになり、ここでキセノンランプと出会った。発光部が点に近く、平行光をつかって光を遠くまで運ぶのに適したこのランプは、可視域は自然の太陽光に近い特性を持つ

* さとう いくお セリック(株) 代表取締役社長

ている。「このランプを使えば、あの時思い描いた太陽の光がつかれるぞ」と考え、独立して当社を創業した。さまざまな苦勞と関係各社の協力のもと、創業から2年半後の1987年4月に人工太陽照明灯1号機をリリースした。これが人工太陽照明灯の開発秘話である。

2. 人工太陽照明灯の光の下で見た色が正確である理由

人工太陽照明灯の販売を進める中で、多くのユーザーから色に関する相談、質問、アドバイスの要望を受けた。これらの質問とその回答、そしてユーザーからのフィードバックから、「色を正確に見るために、光はどうあるべきか」という結論にたどり着くことができ、これを論文にまとめ、1993年の第10回色彩工学コンファレンスにおいて「色彩評価用光源の条件」というタイトルで発表した。論文の要旨は、以下の通りである。

色彩を正確に見るための光源は、3つの条件と3つの注意点が必要である。

条件1. 光源の平均演色評価数は100に近く、少なくとも96以上であること

条件2. 光源の色温度が太陽光の5,000～6,000Kに近いこと

条件3. 十分な照度があること

注意点1. 光の特性および性能が3条件を逸脱する経年変化を起こさないこと

注意点2. 光の分光分布は連続スペクトルを呈し、かつその周辺部の1.5倍以上のエネルギーを有する輝線が含有していないこと

注意点3. 3条件は全て満足しなければならず、1つでも欠けてはならないこと

この論文を発表した時の反応は好評だった。当時LEDが照明として使われることはほとんどなく、色彩評価用といえば高演色性蛍光灯だった。しかし色彩調色の現場では、高演色性蛍光灯の下で調色をしても色が合わない、太陽の下でないとは色は正確に見えない、が一般的な認識だったようだ。そこにこの理論を発表したので、調色現場の方々は非常に高い関心を示され、多くのユーザーに人工太陽照明灯を色彩評価の標準光源として採用していただいた。このことが今に至っているのである(写真-2参照)。

3. 未だに目視検査が行われる理由

計測器メーカー各社から、さまざまな色彩計測器が販売されている。接触/非接触、解像度、測定できる面の大きさ、分光反射特性から自動計算される色度図上の座標など、価格やグレード・計測方式のバリエーションは多岐にわたる。測定データによる数値管理は、製品に塗装する際の工業製品のメーカーにとって必須と言えるが、それは目視検査による個人差、判断基準の曖昧さなどを排除するためでもある。メーカー各社の努力によりその精度は著しく向上しているが、その一方で、計測器を全面的に信頼できないケースもある。

測定器には測定器の良さがあり、目視検査により個人差・光環境の差の排除、差異の程度の具体性という意味で非常に優れている。一方、フリップフロップ性、メタリック塗料、塗膜の厚さ、塗装対象物の素材の影響、表面処理や曲面など計測しきれない(数値化しにくい)塗料・塗装の場合、目視検査で品質を評価することになる。



SOLAX XC-500 シリーズ



SOLAX XC-100 シリーズ



SOLAX-iO シリーズ



SOLAX-NEXT シリーズ

写真-2 人工太陽照明灯ラインアップ

4. 目視検査と計測管理が併用される理由

では、目視検査と計測管理が併用される理由は何だろうか？ 以下の理由が挙げられる。

① 個人差による品質のバラツキの排除と熟練工の検査品質の平準化

目視検査は検査員の属人性が避けられない。ただし熟練工の目は非常に繊細で、小さな誤差も見落とさない。見本と製品の差の許容範囲は、メーカーそれぞれの品質基準に基づくものなので一般論でしか述べることはできないが、見た目と測定した色差の程度の違いが発生する場合がある。つまり「見た目は限度見本の範囲を超えているが数値では範囲内」といった、一方は合格／他方は不合格という評価の違いが発生する場合がある。

この時どちらの評価を採用するかはメーカーの顧客が判断することになるが、“見た目”が重視されることは少なくない。したがって目視検査をしないわけにはいかないのである。

② 表面状態

艶、コーティング、塗膜の厚さ、凹凸、曲面など、計測にくいケースがある。非接触の色彩計測器ならば曲面のサーフェースでも計測は可能だが、塗膜の厚さやコーティングが見た目に影響を及ぼすケースも多く、複数のファクターが及ぼす見え方の違いを数値化するの是非常に難しい。このような場合は、測定と目視検査の両方が品質検査の対象となる。

③ 色が混在する場合は計測が難しい

カラフルな彩りの塗装の場合、計測による数値管理は非常に難しくなる。ほとんどの計測器は単色の測定で、画像処理によってさまざまな部位の色彩を数値化することは可能であるが、相当に複雑な試験系の構築が求められる。試験系構築のメーカーへの負担は小さくなく、製品の製造原価を高くする要因にもなり(販売数量や販売単価にもよるが)、導入に踏み切れないケースも見受けられる。

このような場合は、塗装前の塗料単色の検査は測定器で、塗装後の全体的な検査は目視で合否判定される。

④ 光環境

製造現場や検査場と、納品先の顧客の光環境

は異なる場合が多い。出荷前の測定器によるデータ管理では指定された色差の範囲内で検査に合格し、見た目も色見本と差がない、ということで納品されたが、顧客の受入検査では見た目が見本と違い受け入れしてもらえなかった、という事例を当社の顧客より聞いたことがある。

前述①項にあるように、見た目とデータの合否が食い違っているが、見た目は見る場所の光環境に結果が左右されることが多い。目視検査の光環境は太陽光に準ずる光が採用されるべきで、目視検査用光源として人工太陽照明灯が使われる。顧客に対して人工太陽照明灯下での目視検査が合格の信頼性を担保できることになる。

⑤ 測定器の機種間、メーカー間の誤差

各測定器メーカーは標準電球を基準に測定器を製作しているが、許される範囲か否かは別としても、工業製品である以上、若干の誤差は生じてしまう。

また、たとえば製品表面の反射光の分光特性から色度図座標を算出する計測器では、それぞれの計測器のサンプリング波長幅の違いが計測器間の差を生む原因になる。誤差の程度はあまりに多くの条件が複雑に絡み合うので説明は割愛するが、たとえば色差 $\Delta 0.5$ 以内ギリギリの製品が、測定器Aでは合格、測定器Bでは不合格、などということが起こる可能性がある。もし納入する側のメーカーが測定器Aを、受け入れ側の顧客が測定器Bを使用していた場合、受け入れ試験不合格でつくり直し、などということが起こりかねない。どこまで測定器を判断基準にするのかをここで述べることはできないが、目視検査がOKならば受け入れ検査合格となるかもしれない。

⑥ 角度特性(フリップフロップ性)やメタリック塗料などの複雑な塗料の検査

このような塗料による塗装は、数値化が非常に難しい。結局、目視検査に頼らざるを得ないのが実情と言える。フリップフロップ性の塗装を色彩測定する場合は、さまざまな角度で測定しなければならず際限がない。

また、メタリック塗装は角度によりメタリック粉体の反射が違ふし、粉体の密度の違いがデータの違いに表れることもある。このことか

第1表 目視検査と計測管理の長所と短所

	長所	短所
目視検査	<ul style="list-style-type: none"> ・見本と製造物の比較において小さな誤差まで発見可能（人によっては測定器より精密に検査できる） ・複合的な色柄を俯瞰し全体的に検査することができる ・さまざまな角度の検査が容易 ・色彩だけでなく、異物混入やキズ、バフ、磨きムラなどの検査が同時に可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・属人的で、検査員のスキル・経験の差が品質の差になって表れる ・光環境の差に品質が左右されやすい ・差の程度を客観的に管理することが難しい ・自動化できない
計測管理	<ul style="list-style-type: none"> ・客観的な数値管理が可能 ・常に一定の品質が確保できる ・数値化することで顧客に対する品質の説得力が増す ・自動化できる場合はコスト低減が実現可能 	<ul style="list-style-type: none"> ・メーカー間、装置間、ロット間の誤差が無視できない場合がある ・一定期間ごとのメンテナンスが必要 ・複合色、メタリック、角度特性のある製品の色管理には不向き ・コーティングを含む表面状態、塗膜の厚さの違いによる見えの違いを数値管理することは難しい

ら、これもさまざまな角度での測定が必要となり、測定には頼れない。

5. 目視検査と計測管理の併用は、それぞれの長所と短所を補い合う関係

前述4項の内容を、それぞれの長所と短所に整理してまとめた(第1表参照)。

このように、目視検査と計測管理にはそれぞれ長所と短所があり、それぞれの短所を補完するために両者の併用による品質管理は意味があると言える。

本稿で紹介した通り、目視検査には目視検査の長所と短所が、計測管理には計測管理の長所と短所がそれぞれ存在する。もちろんどちらか一方で管理することで品質が保たれるケースも多いが、両者を併用することでより高い品質管理が実現可能となる。

コスト、生産量、生産物の特性、顧客の求める品質や管理方法などさまざまなファクターがあり、両者併用は絶対必要とは言いきれないが、今一度、管理方法と目指す品質の検討をしてみたいかがかかと考える。