LED照明の普及に向けて、乗り越えるべき障壁

モーリー・ライト

一般照明の用途では、LED照明は順調に普及しつつある。だが、SSLの広範な普及時期については、それを最終的に左右するであろう障壁が存在する。『Strategies in Light 2012』では、その障壁とソリューションについての発表が行われた。

『Strategies in Light 2012(以下、SIL 2012)』のトラック「LEDs in Lighting(照明におけるLED)」では、LED/照明メーカーの幹部、研究者、デザイナなど、さまざまな発表者が登壇した。話題の中心になったのは、SSL(Solid State Lighting:固体素子照明)のさらなる広範な普及を阻む障壁と、普及促進につながる可能性のあるソリューションについてであった。同トラックでは、すでに成功を遂げた事例もいくつか紹介されたのだが、最大の話題は、どうすれば将来的にLEDが一般照明の市場を占有できるのかということだった。

このトラックは、米ストラテジーズ・アンリミテッド社(Strategies Unlimited)のLED照明調査担当ディレクタで、SIL 2012の共同司会者を務めるブリンダ・バンダーカー氏(Vrinda Bhandarkar)の市場報告によって幕を開けた(p.8を参照)。続いて、米CD+Mライティング・デザイン・グループ社(CD+M Lighting Design Group)のプリンシパルであるテッド・フェレイラ氏(Ted Ferreira)が基調講演を行い、以降、障壁とソリューションに関する話題が続くこととなった。

フェレイラ氏は、LED照明の広範な普及を遮るものとして、いまだ立ちはだかっているいくつかの課題について説明した。同氏は聴衆に対し、「15、3、15という数字の列を覚えておいてほしい」と述べた。最初の2つは、それぞれ、1日当たり9時間使用した場合のLEDと小型蛍光灯(CFL:Compact Fluorescent Lamp)の寿命年数である。3つ目の数字は、人が1つの住居に住む平均年数を表している。「ほとんどのLED電球は、米国の平均的な住宅所有者の居住年数を上回る寿命を備えている」(フェレイラ氏)ということである。

一般住宅における障壁

フェレイラ氏が行った指摘の1つは、「一般的な消費者がLED電球を選択する確率はまだ低い」ということだ。現在、品質の高い60W相当のCFLの価格は5米ドル(約390円)余りとなっている。それに対し、「フィリップス社の60W相当のLED電球『Philips Endura LED』を例にとると、その価格は約32米ドル(2500円)にも上る」と同氏は述べた。2つのランプのROI(Return on Investment:投資回収率)は同程度だが、「LED電球のROIは、そのかなり長い寿命に基づいて算出されたもの」で

図1　CD+Mライティング・デザイン・グループ社とライティング・サイエンス・グループ社は、さまざまなLED照明を使用して、アトランタ植物園における「Garden Lights, Holiday Nights」のイルミネーションを構成した。RGBのLEDを利用して色の変化を実現したオブジェクトが、16エーカーにわたって配置された。

あることをフェレイラ氏は指摘した。「住宅は例外だが、ほとんどの人は、15年もの使用期間を前提として製品の購入を決定することはない」と同氏は述べる。

フェレイラ氏の講演には、エネルギー効率の話題が随所に盛り込まれていた。「LED照明業界が完全に成功するためには、単に消費電力を削減するだけではなく、それ以上の取り組みが必要だと確信している」と同氏は述べる。そのうえで、同氏が考える「5つのシンプルなステップ」を紹介した。絶えずイノベーションを推進する、話題を振りまく、人々の関心を引く、規則を確立する、早期に開始する、の5つである。これは、一般消費者の市場と専門家向けの市場の両方におけるSSLの普及促進につながるものだ。

「イノベーション」は、SIL 2012において広く使用されたキーワードだった。フェレイラ氏だけでなく、それ以外の発表者からも、照明製品について再考した結果得られた提案がいくつも示された。同氏は、LED照明エンジンとドライバを一体化した卓上ランプを例として挙げ、「ソケットは神聖なものでも何でもない」ということを強調した。

おそらく、2つ目の「話題を振りまく」ということが、フェレイラ氏が挙げた中で最も重要なステップである。将来の購買判断に影響を与えるには、まず人々に自身の目で確認してもらう必要がある。例えば、CD+M社はライティング・サイエンス・グループ社（Lighting Science Group）と共同で、アトランタ植物園（Atlanta Botanical Garden）のLEDイルミネーションを手がけた（**図1**）。これは、2011年12月から2012年1月にかけてのホリデー・シーズンに一般公開された。制作費は100万米ドル（約7812万円）で、その面積は16エーカー（約6万4750m^2）にも及んだ。イルミネーション全体の消費電力は、わずか一般住宅6軒分であった。

しかし、フェレイラ氏は、このイルミネーションを視察した際に耳にした会話にがっかりしたという。照明について質問したある訪問者に対し、植物園のボランティアは、「正確にどのような仕組みになっているのかはわからない。パーティ用の色付き電球を使っているんじゃないかな」と答えていたのだ。フェレイラ氏は、「実際には、効率の高いRGB（赤 - 緑 - 青）のLEDなしでは、このプロジェクトは成り立たなかった」とし、一般大衆にLED技術を啓蒙できなかったという点において、「機会を生かすことができなかったと言わざるをえない」と嘆いた。

図2　タイムズ・スクエアにあるスターバックスの店舗に設置されたLED照明。LEDソース社とフォーカス・ライティング社が手がけた。

人々の関心を引く

フェレイラ氏は、「人々の関心を引く」ものとして、米ニューヨーク市のタイムズ・スクエアにあるスターバックスの店舗に設置された新たなLED照明を例に挙げた。米LEDソース社（LED Source）がLED照明製品を供給し、米フォーカス・ライティング社（Focus Lighting）が、劇場が立ち並ぶ周辺地域をテーマとして照明デザインを手がけた（**図2**）。「まるでブロードウェイのようだ。これは、LEDの成功を象徴するシンボルだと言える」とフェレイラ氏は述べている。この照明は、米スターバックス社（Starbucks）が、2015年までに1万7000の店舗全体で消費電力を25％削減するための取り組みの一環である。フェレイラ氏は、「このようなプロジェクトによって、SSLの可能性を認識してもらうことで、採用を促進することができる。つまり、大衆の心をつかむことが重要なのだ」と語る。

「SSLを確実に成功に導くには、『規則を確立する』ことが需要だ」とフェレイラ氏は語る。同氏は、米エネルギー省によるランプの効率に関する新しいガイドライン（http://www.ledsmaga

zine.com/news/8/7/12）については触れなかったが、「米政府はSSL業界に対する減税などの優遇措置を設けるべきだ」との提言を行った。そのうえで、「規則は、照明業界の後退を防ぐために必須のものだ」（同氏）とも述べた。

最後にフェレイラ氏は、「エネルギーに関する正しい習慣を子供たちに植え付けるために、教育を『早期に開始する』べきだ」との提案を行った。「子供たちは、スマートホンのアプリなどのような新たな技術に臆することがない。照明の制御システムのような技術やイノベーションも受け入れることができる」（同氏）という。「照明企業に対する選択肢はシンプルで、イノベーションを推進するか、さもなくば滅びるしかない」とフェレイラ氏は忠告した。

CRIとCCT

「LEDs in Lighting」のトラックで行われたいくつかの発表では、色品質の話題が取り上げられた。それぞれ、この分野において、LED照明の業界が抱えている課題を指摘するものだった。米レンセラー工科大学（Rensselaer Polytechnic Institute）照明研究センター（LRC：Lighting Research Center）のジャン・ポール・フレイシニア氏（Jean Paul Freyssinier）は、「Class A lighting（クラスAの照明光源）」というタイトルの発表で、演色性と色温度の指標について語った。

フレイシニア氏はCRI（演色指数）やCCT（相関色温度）などの指標を挙げ、「われわれが使用している指標は、いずれも光源に対する人間の知覚を完璧に判断できるようにするものではない。人間に対する刺激といった光源の物理的特性を表すものであり、人間の知覚を表すものではないということだ」と指摘した。

フレイシニア氏は、特に演色性に注目し、「現在、照明業界では、単一の指標で演色性を表すことはできないとの認識が広まっている」と述べた。「演色性には、色の再現性、飽和度、色相判別といった多くの側面があり、単一の指標でとらえることはできない」（同氏）という（http://www.ledsmagazine.com/features/9/2/11）。

演色性について、本当に業界全体がフレイシニア氏の主張どおりの見解を持っているかどうかはさておき、同氏はSIL 2012の場において、LRCのGAI（gamut area index）指標とCRIとを組み合わせて使用することを提案した（http://www.ledsmagazine.com/news/7/6/8）。同氏は、「人々は、歪（ひずみ）を生じたり、物体を不自然に見せたりすることなく色を引き立てる光源を望んでいる。GAIとCRIの両方が高い光源は、2つの指標のうち片方のみが高い光源よりも一貫して高い品質を提供する」と説明した。

色度のばらつき

フレイシニア氏が発表時間の大半を割いて説明したのは、「CCTと、広く受け入れられている白色光源の定義は、誤った認識に基づくものであるかもしれない」ということだった。「CCTは、色空間におけるラインであり、単一のポイントではないと定義されている」とフレイシニア氏は語る。仮に、CCTが同一の2つの光源があったとしよう。その場合、CIE 1931色空間におけるそれらの色度はまったく異なるということがあり得るというのである。

色空間にプロットされた黒体軌跡が、CCT値の異なる白色光源を表すということは、業界で広く受け入れられている。フレイシニア氏は、「エンドユーザーの知覚または嗜好という観点において、（白色と認識されるものに）違いがあるのだろうか」という疑問を呈している。この疑問に対する回答を得るために、LRCは1つの調査を行った。

その調査では、複数の光源を持つ視覚ボックスが使用された。研究者らはコンピュータ制御によって、特定のレベルのCCT、色度、輝度の光を生成する。被験者は、CCTが2700～6500Kの範囲にある6種類の光を見せられる。そして、各CCTライン上にあり、それぞれに色度が異なる7種類の光を評価するのである。7種類の色度としては、黒体軌跡の上下の広い範囲にわたる値が選択された。

被験者には、各光源を見た直後と光源に順応した45秒後に回答することが求められた。そして被験者は、光源が緑／黄色または紫／青紫色のうちどちらとして知覚するか答えることで光源の色相を評価する。また、自分が純粋な白色と認識する色と比較して色相を評価することも求められた。

この調査の詳細について触れると長くなるのだが、**図3**に示した結果は驚くべき事実を示している。被験者の知覚が黒体軌跡に合致したのは、CCTが約4100Kの場合のみだったのである。被験者は、CCTがそれよりも寒色系の値である場合、黒体軌跡よりも少し上の色度を白色として知覚した。さらに重要な点は、CCTがそれよりも暖色系の値である場合には、黒体軌跡よりもかなり下の色度を白色として知覚したという事実である。

色度における白色点

フレイシニア氏は「CCTが2700Kの場合、黒体軌跡と被験者が選んだ白色点の差は、マッカダムの楕円（MacAdam Ellipse。SDCM［standard deviation of color matching：等色標準偏

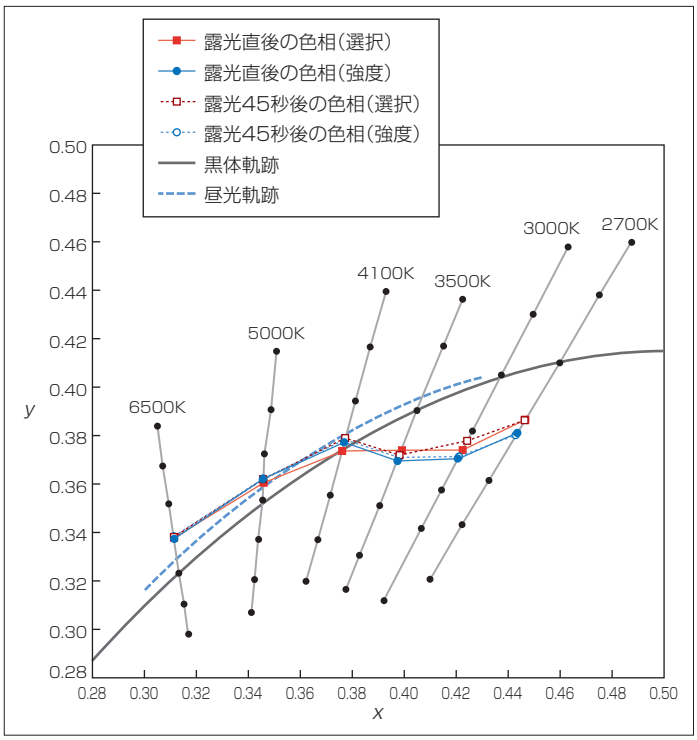

図3 LRCの調査により、暖色系の色温度では、人々は、白色光の定義として古くから採用されている黒体軌跡よりも低い色度を、純粋な白色光源であると知覚することが明らかになった。

差］の楕円とも呼ばれる）で13～15ステップに相当した」と述べた。同氏によると、2700Kにおける黒体軌跡と被験者が選んだ白色点の差は、3500K、3000K、2700Kにおける3つの白色点との差よりも大きかったという。これら3つの白色点のほうが、色空間グラフにおいてより広い範囲に分散しているのにもかかわらずである。

フレイシニア氏が、演色性、CCT、色度に関するこの矛盾を埋めるものとして取り上げたのが、自身の発表のタイトルである「Class A lighting」だ。同氏は、CRIが80以上、GAIが80～100、色度がLRCの今回の調査で特定された色空間の白色ライン上にある光源を、「クラスAの照明光源」として定義している。

色のばらつき

米シカト社（Xicato）のビジネス開発担当バイスプレジデントを務めるロン・スティーン氏（Ron Steen）も、色品質の話題を取り上げた。同氏は、色偏差（色ずれ）を定義する標準規格が存在しないという問題と、時間の経過に伴ってLED光源の色が変化するという問題について説明した。そして同氏は、「SSLの普及は始まっているが、業界における一部の支持者が期待するほど迅速には進んでいない。LED業界は、効率を重視し、その点についてはかなりの進歩を遂げたが、150lm/Wもの効率を達成しているのに、なぜ（SSLの大規模な普及が）進まないのか」と問いかけた。そのうえで、同氏は「その理由の1つはおそらく、“見た目の悪さ”にあるのではないか」と指摘した。

スティーン氏は、さまざまな特性の光をスクリーンに投射することで、色の一貫性についてLED業界が抱えている潜在的な問題を示した。まず、同氏は3000Kの2つの光源を並べて見せた。いずれも、SDCM楕円の7ステップに相当し、LEDに対するANSIのビニング基準の範囲内にある。2つの光源のCCTの差はわずか19Kであった。両者の違いは認識可能だが、おそらく許容できないものではない。次に同氏は、SDCM楕円の4ステップの範囲内にある2つの光源を示した。こちらの2つの光源は、色度で言えば先の例よりもずっと近いのにもかかわらず、CCTには39Kの差があった。両者の違いは顕著であり、「この差は、ほとんどの照明用途において問題になりうる」とスティーン氏は指摘した。「業界では、色度についてはSDCM楕円の1ステップの範囲内にあり、CCTについてはSDCM楕円の2ステップの範囲内にあるLEDが必要とされている」と同氏は述べた。

スティーン氏は、飽和赤色のパッチと、スペクトル・パワー分布（SPD：Spectral Power Distribution）が異なる複数の光源を用いて、CRIの問題についても示した。演色性は、「実用的な規格が存在しない」と同氏が嘆いた分野の1つである。フレイシニア氏とは異なり、スティーン氏は精度の高い指標としてCQS（Color Quality Scale）を好意的にとらえた。「CQSが業界において実際に採用され、この1つの指標に収束できるようになることを望んでいる」とスティーン氏は述べた。

しかし、それ以上にスティーン氏が強調したのは、時間の経過に伴う色ずれについて定義する規格（ならびに、そのような規格を満たすLED）が必要であるということだ。同氏は、「LEDの寿命は光束（ルーメン）の低下で定義すべきものではないかもしれない。実際には、色によって寿命を定義するほうが適切である可能性がある」と語る。

「LEDの寿命の定義に用いられるIES LM-80規格は、色を考慮したものではない」とスティーン氏は述べる。同規格は、LEDメーカーに対し、6000時間後の色ずれについて明らかにすること

を求めている。だが、色ずれの許容範囲は定めていない。「ENERG STARでは、照明器具に対し、CIE 1976色空間に対して0.007の範囲内の色を維持することが求められている。しかし、その範囲はSDCM楕円の7ステップ分に相当する」と同氏は指摘する。CELMAが欧州において定めているガイドラインは、さらに寛容なものになっている。

許容可能な品質レベル

スティーン氏は、標準化団体が抱えている問題について理解している。「統計学者は、時間の経過に伴う色ずれを統計的に推定するすべを持っていない」と同氏は語る。「業界は、LEDの使用を開始した際、それがSDCM楕円の3ステップの範囲内にあれば、色の一貫性が保証されるという誤った認識を持っている。実際には、時間の経過に伴って、最悪の場合、さらに5ステップずれるおそれがある」(同氏)という。業界において、一般的にそのような性能でもうまく切り抜けられている理由の1つは、「1つの実装で使われているすべてのLEDが、時間の経過に伴って通常は同じ方向に色ずれを起こすからだ」(同氏)。だが、スティーン氏は、「色ずれに関しては大きな潜在的問題がある」と指摘したうえで、それを示唆する1つのシナリオを示した。

図4において、赤い枠の左上のポイントは、使用を開始した際にSDCM楕円の3ステップのライン上にあるLEDを表している。時間の経過に伴い、そのLEDの色は左上の方向にずれていく。そのずれは、SDCM楕円の8ステップの範囲にまで達する。ここで、光源内の複数のランプ／LEDモジュールの1つが故障し、交換しなければならなくなったとする。その場合、交換される新しい光源は、当然、3ステップの範囲内という条件を満たすわけだが、その位置は、図4に示すように楕円の右下部分にあったとしよう。その結果、既存の光源との間に、11ステップもの相違が生じることになる。この差は、そのLED照明の見た目に影響を与える可能性がある。

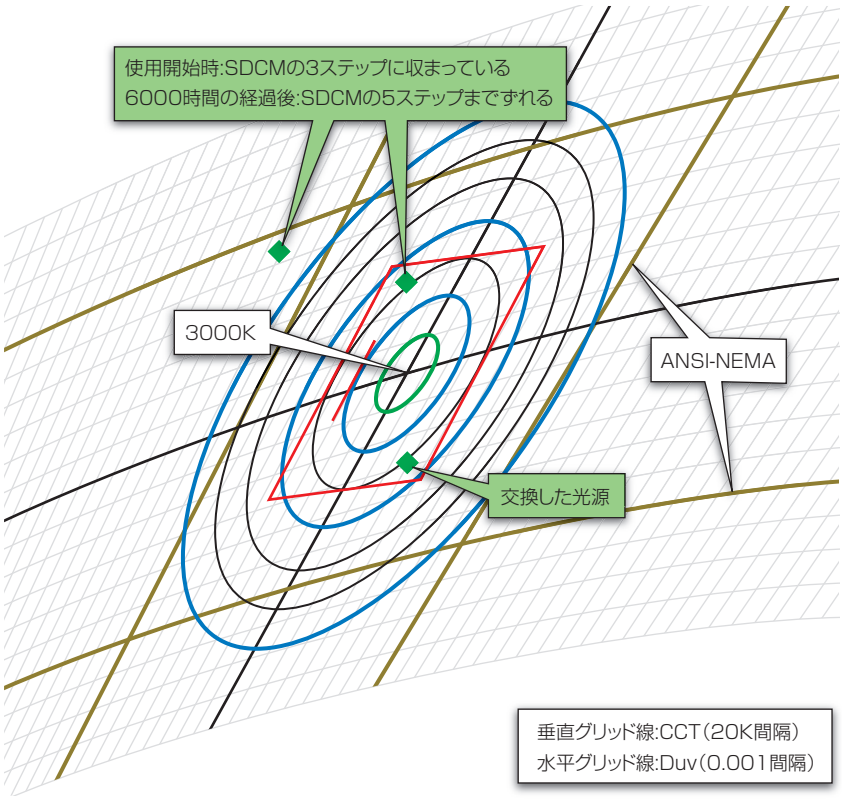

図4　時間の経過に伴うLEDの色ずれは、複数のLED光源のうちいくつかを交換しなければならなくなったときに、特に問題となる。

この問題に対する解決策として、スティーン氏は、光束維持曲線やL70(出力が初期出力の70%未満)に達するまでの時間など、一般的に使用されている基準に基づく色維持曲線を提案した。ここでも、同氏は、「色度についてはSDCM楕円の1ステップの範囲内にあり、CCTについてはSDCM楕円の2ステップの範囲内に収まるよう、LEDの色を維持すべきだ」と繰り返した。

モジュール構成の製品

イノベーションの話題に戻ると、SIL 2012における多くの発表者が、LEDを採用することのメリットとして、デザイン性について声高に強調した。製品のデザイナが、線形状の蛍光灯反射板、ダウンライト、電球といった広く採用されている照明のフォーム・ファクタから解放されるというのである。しかし、フォーム・ファクタについて、確認されているイノベーションの数はまだそう多くはない。皮肉なことに、「LEDs in Lighting」のトラックにおいて、LED照明のカスタマイズ可能な形状について大きく取り上げたのは、ヌアライト社(Nualight)だけだった。同社は、食品陳列棚で用いる小売照明を専門とするアイルランドの企業である。

ヌアライト社の製品イノベーションを統括するビンセント・ゲネボート氏(Vincent Guenebaut)は、「当社は、もう、蛍光管のサイズや形状の制約を受

図5　タイプAプロダクションズ社は、JWマリオット・ホテルにおいて、客室を中心に、5000個以上のLEDダウンライトを設置した。

けてはいない」と述べた。同社は、モジュール構成のアプローチを採用し、冷蔵陳列ケース内や、生鮮食品などの商品が並べられる陳列カウンタの上に設置できるコンフィギュラブル（構成可能）なSSLシステムを供給している。ゲネボート氏は、「照明はケースの主要な要素になっている」と語る。

ヌアライト社はモジュール構成の製品を供給している。だが、製品のデザインに対する同社のアプローチは、「モジュールではなく、インタフェースを定義するものだ」とゲネボート氏は述べている。この概念は、ザガ・コンソーシアム（Zhaga Consortium）のアプローチによく似ているように見える（http://www.ledsmagazine.com/features/8/11/11）。インタフェースとしては、機械、熱、電気に関するものがある。最終的には、それらのインタフェースにより、LEDモジュールのカスタム形状でのパッケージ化が可能になる。

ゲネボート氏は、「このアプローチには、注意しなければモジュールの数が膨大になってしまうというリスクがある」と警告した。また同氏は、「場合によっては、モジュール構成の製品は、1つの用途に特化して設計された照明製品と比較してパフォーマンスが劣る可能性がある」とも述べた。とはいえ、モジュール構成にはプラスの面もある。「当社のモジュールは、さまざまな製品で横断的に使用されている。このことが理由となって、効率の改善といったパフォーマンスの最適化に向けて、より多くの時間と労力をかけることが可能になる」（同氏）のである。

いくつかの成功事例

「LEDs in Lighting」のトラックでは、SSLのその他の成功事例も紹介された。米エネルギー省傘下のパシフィック・ノースウェスト国立研究所（PNNL：Pacific Northwest National Laboratory）で照明エンジニアを務めるマイケル・ロイヤー氏（Michael Royer）は、LEDベースのレトロフィット・ランプに関する最新の試験結果を発表した（http://www.ledsmagazine.com/news/9/2/16）。それは、以前行われた試験の結果よりも、かなり良好なものだった。特にAランプについては、ほとんどが約60lm/Wの発光効率と約80のCRIを達成していた。

また、米タイプAプロダクションズ社（Type A Productions）という照明デザイン会社のパートナーであるサレーナ・マコーマス氏（Sarena McComas）とジェニファー・ルース氏（Jennifer Rueth）は、米インディアナ州インディアナポリスのJWマリオット（JW Marriott）ホテルにおけるLED照明プロジェクトの事例を紹介した（**図5**）。このプロジェクトでは、客室を中心に、5000個以上のLEDダウンライトを設置した。その結果、従来型の光源を使用していたときと比べて、25～30%も消費電力を削減することができた。また、必要な非常発電機のサイズもそれと同じ程度縮小することが可能になった。

このプロジェクトでは、契約業者がSSLの採用をためらったり、照明メーカーの関係者が適切な製品を製造できなかったりといった多数の障壁に遭遇した。最終的には、設置スペースが比較的狭くて済むことなど、自分たちの要件に適合する1つのダウンライトにたどりついたという。

マコーマス氏によれば、「選択したダウンライトのCCTは3000K、CRIは79であった」という。しかし、「CRIはLED照明にとって重要な指標ではない。

白熱灯に対してさえも、意味のある指標ではない」と同氏は述べた。このプロジェクトでは、CRIの値と光の見た目の良さの関係を明らかにすることはできなかったようだ。

PNNLのシニア照明エンジニアであるナオミ・ミラー氏(Naomi Miller)は、美術館におけるLED照明の事例をいくつか紹介した。美術館において、LED照明が魅力的な選択肢となる理由の1つは、SSLは、ともに有害であることで知られているIR(赤外線)帯域／UV(紫外線)帯域のエネルギーを放射しないことである。ただ、ミラー氏は、「美術品にダメージを与えるのは紫外線と赤外線だけというのは誤解だ」と指摘する。同氏によると、「絵画の色あせは、可視光にさらされることによっても生じる。一部のエネルギー帯域は特にダメージが大きい」という。LEDは、スペクトル・パワー分布を正確に制御できる可能性を秘めている。したがって、可視光の問題に対しても、有力な解決策になる可能性がある。

ミラー氏は、イリノイ州シカゴにあるフィールド博物館(Field Museum)のブルッカー・ギャラリー(Brooker Gallery)でSSLが採用されたことを1つの成功事例として挙げた。「この決断により、照明の効率改善とHVAC(暖房、換気、空調)の低減の両方によって、消費電力が63%削減された」(同氏)という。「HVACに対する支出を含めた分析結果によると、ハロゲン照明と比較した場合のLED照明の資本回収期間は2.4年になる」と同氏は語った。

「LEDs in Lighting」のトラックでは、制御器の話題を扱う発表もいくつか行われた。米レッドウッド・システムズ社(Redwood Systems)による発表はその1つである。同社は、ネットワークに接続して使用するオフィス空間向け照明を専門としている(http://www.ledsmagazine.com/news/7/3/7)。同社の最高マーケティング責任者(CMO)を務めるサム・クレッパー氏(Sam Klepper)は、人感センサー(Occupancy Sensor)を利用して照明の調光や消灯を行い、それによって消費電力を削減するというおなじみの話題を取り上げた。ただ、同氏は、オフィス全体にわたって人感センサーを設置することでもたらされるその他のメリットについても説明した。クレッパー氏によると、「当社の顧客は、照明システムを利用して会議室の空き状況を動的に確認している。さらには、誰もいないはずの空間に人間がいることを検知することで、セキュリティの強化も図っている」という。

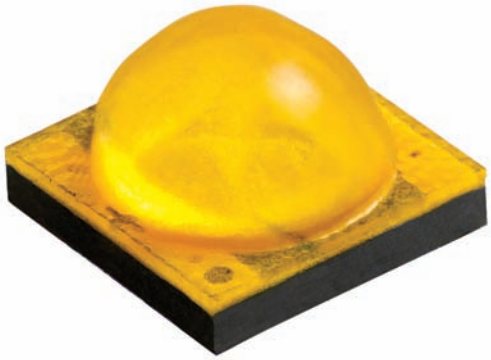

図6 クリー社のマクリア氏によると、XLamp XT-Eなど第3世代のLEDでは、効率が200lm/Wのレベルに達する見込みだという。

LEDそのものの改善

LEDメーカーとしては、唯一、米クリー社(Cree)が発表を行った。同社のアプリケーション・エンジニアリング担当グローバル・ディレクタを務めるマーク・マクリア氏(Mark McClear)は、「今後は、さらに優れたLEDが供給される」と主張した。同氏が「第3世代のLED」として紹介したのは、クリー社の最新製品「XLamp XT-E」である(http://www.ledsmagazine.com/news/9/2/7)。「第2世代のLEDは、効率の改善という点では限界に達しつつある。それに対し、第3世代のLEDでは200lm/Wの効率が達成される見込みだ」(同氏)という(**図6**)。同氏は、「当社だけでなく、日亜化学工業、米フィリップス・ルミレッズ・ライティング社(Philips Lumileds Lighting)、独オスラム・オプト・セミコンダクターズ社(OSRAM Opto Semiconductors)など、すべての照明用LEDメーカーが、まもなく第3世代品をリリースする見込みだ」と述べた。そのうえで、クリー社の最新LEDはすでに量産体制に入っていることを明かした。

マクリア氏は、LEDが将来的に一般照明の主要な光源になることを確信している。同氏は、有機EL(OLED)照明を取り上げ、「有機ELの効率と輝度が2017年までにT8型蛍光灯のレベルに達するという予測もある」と指摘した。「2017年には、有機ELは、T8型蛍光灯ではなく、その時点で主流になっているLEDと競合することになるだろう。有機ELが、照明市場に参入し、競争することができるか否かについては議論が分かれる」としつつ、同氏自身がどう思うかについては、「できると考えている」と述べた。

マクリア氏は、LEDのドループ現象にも言及した。ドループ現象とは、LEDの駆動電流を増加させていくと、それに伴って効率が低下してしまうという未解明の事象のことである。この現象は、SSLの広範な普及の障壁になるものだと見なされている。ドループ現象の問題はまだ解決されていないが、「全般的な効率の向上によって、ドループ現象に対する懸念は緩和される」とマクリア氏は考えている。「効率が50lm/W程度のレベルだと、ドループ現象は大きな問題になる。しかし、効率が100lm/Wを超えれば、同現象の問題を乗り越えることができる」と同氏は語った。 LEDJ