

カレント社、屋外SSL製品の開発と製造の現場を公開

モーリー・ライト

ノースカロライナ州ヘンダーソンビルにある米カレント社 (Current) の施設で行われた、屋外照明とスマートシティに関する2日間のプレゼンテーションに参加した。製品開発、製造、ロジスティクスに対する同社のアプローチについて、得た洞察を報告する。

カレント社 (GE傘下) は6月、ノースカロライナ州ヘンダーソンビルにある同社の製造施設で、2日間にわたって屋外照明を中心とするイベントを開き、コネクテッドスマート照明の時代における製品開発、製造、高度な屋外応用に重点を置いたプログラムを開催した。イベントは、自治体や公益事業などの組織からの顧客を主に対象としたものだったが、数名の編集者もプレゼンテーションに参加し、工場を見学することができた。イベントに参加したことで、普段は聞くことのできない幹部らの率直な意見が聞けただけでなく、絶えず向上するLED屋外照明の低価格化という、矛盾する市場の期待を前に、固体照明 (Solid State Lighting: SSL) メーカーが直面する課題を垣間見ることができた。

カレント社の道路およびインテリジェントシティ担当ゼネラルマネージャーを務めるRJ・ダーリング氏 (RJ Darling) が、参加者らに歓迎の挨拶と紹介をした後、プログラムは早速、屋外照明メーカーが直面する障害へと進化した。特に高品質な製品の構築に焦点を当てるメーカーである。実際、屋外担当製品ゼネラルマネージャーを務めるテレサ・ベア氏 (Teresa Bair) は、そのようなSSL照明器具は果たしてコモディティ製品なのかという修辭的な

疑問を軸に、プレゼンテーションを展開した。

ベア氏はまず、屋外分野におけるSSLの経緯について、最新状況を簡単に説明した。カレント社は、北米市場向けのすべての屋外照明器具をヘンダーソンビルで製造しており、同施設で製造される製品の95%にLEDが用いられているとベア氏は述べた。同氏によると、2013年に製造された製品の82%は、高輝度放電 (High Intensity Discharge: HID) ランプだったとのことなので、この6年間でかなりの変化があったことになる。

設置されている屋外照明はまだほとんどがHIDだが、HID照明器具が新規に購入されるケースはほとんどないという。LED搭載製品の正当化について、「7年か10年前のようなコストの問題はない」とベア氏は述べた。SSLの価格が低下していることは周知の事実であり、ベア氏によると、HIDの価格は、需要の低下とサプライチェーンの縮小に伴い、実際のところ上昇しているという。

ロジスティクスと価格

ベア氏によると、SSLの価格低下は恩恵であると同時に元凶でもあるという。顧客は年々価格が低下することを期待するが、信頼性の高い屋外製品の



図1 カレント社のテレサ・ベア氏は、LED時代において照明メーカーが直面する課題として、部品不足、関税問題、SSLの複雑さについて説明した (本稿の写真はすべてカレント社提供)。

開発と製造が複雑な課題であることに変わりはない。また、メーカーはロジスティクスをめぐる多数の問題に直面している。

カレント社は、北米で販売するほぼすべての屋外製品が米国製として認定されるという点で、他社とはやや異なる立ち位置にある。そのために、同社製品の価格は、トランプ政権の関税の影響を直接的には受けない。一部の使用部品が関税の影響を受け、価格が上昇したため、間接的な影響はある。具体的な部品として、ベア氏はサージ保護装置やターミナルブロックなどを挙げた。同氏によると、最初の2回の追加関税で、部品コストは3~6%増加したという。リスト3では電子部品の関税が引き上げられたため、コストへの影響はさらに増大する見込みである。

しかしベア氏は、対メキシコ関税の脅威の方が心配だと述べた。カレント社は、対中関税による潜在的な影響を早

い段階で認識し、急いでドライバなどのサブシステムの委託製造をメキシコに移した。それらの製品の一部はヘンダーソンビルで製造しているが、大部分を委託製造に頼っているという。本稿が印刷に回される時点で、トランプ大統領が表明していた対メキシコ関税は見送られた状態にあるが、「発動されれば、われわれの業界を揺るがすことになるだろう」とベア氏は警告した。

一方、サプライチェーンの別の要因がそれよりも大きな問題となっている。具体的には、MOSFET (LEDドライバに用いられる、電力スイッチングトランジスタ)が不足していることである。ドライバは現在、ほとんどの照明器具において最も高価な要素である。供給メーカーの統合や、同じ部品を必要とする他の応用分野に起因するMOSFET不足は、その状況を悪化させている。ベア氏によると、具体的には5Gセルラインフラや電気自動車といった、世間の注目を集める応用分野のほうが、MOSFET供給メーカーにとって魅力的になっているという。そうした応用分野の多くで、高額な製品が求められるためである。

SSLシステムの複雑さ

サプライチェーンの問題に加えて、SSL製品の複雑さが、コモディティ市場とは異なる形で開発コストと製造コストの両方に影響を与えている。屋外製品は過酷な環境で動作しなければならない上に、15年以上もの耐用期間が求められる。

開発コストにまず影響を与えるのは、LEDの品質評価である。カレント社は、LED性能を特性評価するためのLM-80や、光束維持率を予測するためのTM-21といった標準規格の有効性を認めているとしつつも、長い



図2 ノースカロライナ州ヘンダーソンビルにあるカレント社のリーンな製造施設は、幅広い種類の注文に対応できるように、製造ラインがほぼモジュール式の要素で構成されている。

耐用期間にわたって高い光品質を保証するには、はるかに複雑な試験を行わなければならないと主張している。LM-80について質問したところ、ベア氏は、LED照明器具のシステムマネージャーを務めるゲイリー・スタインバーグ氏 (Gary Steinberg) を呼んで、社内の品質評価プロセスの説明を依頼した。同社は、パッケージLEDの仕様をはるかに超える電流駆動レベルと温度レベルで、LEDの試験を実施していると、同氏は述べた。急速に進歩する半導体の世界において、数千時間もの時間をかけて製品をテストすることなどまず不可能であるため、部品にストレスをかけて品質評価を行う必要があるとカレント社は考えていると、同氏は述べた。

余談だが、中出力LEDは長年にわたって高出力LEDに劣ると考えられてきた。本誌は幾度となく、その時点での事実を取り上げ、中出力LEDの進歩を紹介してきた。カレント社は、ほとんどの屋外製品で中出力LEDを

採用しており、チップスケールパッケージ (Chip Scale Package : CSP) LEDは新規設計において増加している。

製品設計に関連してベア氏が最後に触れたのは、材料だった。業界のほとんどで、屋外照明製品にはプラスチック筐体と、ポリカーボネートまたはアクリル系光学部品が使われている。カレント社は、鋳造アルミニウム筐体と平面ガラス光学部品を使い続けている。同社によると、そのほうが耐久性に優れているという。また同社は、バージニア工科大交通研究所 (Virginia Tech Transportation Institute : VTTI) のロン・ギボンズ博士 (Ron Gibbons) による、光損失 (塵埃による劣化 : dirt depreciation) の研究に言及した。平面ガラス光学部品の10年間の光損失は一般的に10%であるのに対し、プラスチック代替品は同じ期間で、塵埃と光学材料の黄色化の両方によって、平均で34%の光損失が生じる。カレント社はさらに、LEDをリフレクタに向けるライトエンジンをベースとし、点光源が

見えない同社の光学設計手法は、より一般的なLEDを個々のレンズの下にさらす形の設計と比べて、光が均一でグレアが低いという点で、全般的に性能が高いと述べた。

カレント社や、すべてのSSLメーカーにとって残念なことに、低価格化を求める顧客の声が近いうちに収まる気配はない。しかし、ベア氏と、同氏のプレゼンテーションをサポートしたカレント社の幹部らは、屋外照明はコモディティ製品であると安直に考えてはならない理由を、適切に説明してみせたいといえるだろう。

製造戦略

続いてプレゼンテーションは、工場と在庫、製造、出荷戦略、イノベーションと進行し、その後工場見学があった。詳細に入る前に、まずは課題を考察しよう。ほとんどの量産製品メーカーと同様に、SSLメーカーは、異なるモデルやSKUの種類はできるだけ少なくして、各種類の生産量をできるだけ多くすることを当然望んでいる。照明においてはそのような目標はあまり現実的ではないが、屋内分野ではSKUを最小限にする方法が企業各社によって編み出されている。例えば、照明器具の相関色温度(Correlated Color Temperature : CCT)を調整可能にすれば、4種類のSKUを用意しなくても1つのSKUで対応できる。また、ドライバをプログラム可能にすれば、製造ラインの最後で最終製品の構成をカスタマイズすることができる。

しかしカレント社は、屋外照明には数千ものSKUが存在するという事実をありのままに受け止めている。筐体の色だけをとりても、それは明らかである。標準色はグレーである。しかし工場を見学したとき、製造されていた

のはブラウン仕上げの照明器具だった。本誌では数カ月前に、カレント社の照明器具を採用した、カリフォルニア州サンディエゴのスマートシティプロジェクトに関する特集記事を掲載したが、ポール上部の街灯を覆う筐体は、「サンディエゴブルー」とカレント社が呼ぶ色で塗装されていた。工場見学の際、工場管理者の1人は、リクエストされる色はさまざまで、例えば、米クレムソン大(Clemson University)は、同校のスクールカラーの1つであるオレンジ色のコブラヘッド照明器具を注文したと述べていた。

そしてもちろん、屋外照明には、北米照明学会(Illuminating Engineering Society : IES)が定める複数のビームパターンに対応しなければならないという不変の要件がある。接続性と制御のさまざまなシナリオに対する、一連のオプションが存在する。さらには、さまざまなレベルのサージと回路保護が指定される場合もある。基本的に、同社に舞い込む注文のすべてが、ほぼカスタムメイドの照明器具である。

注文の規模によってロジスティクスはさらに複雑になる。膨大な数の照明器具が求められる場合もあれば、個数は2ケタほどにしかない場合もある。カレント社は、個々の注文に適切に対応しつつ、さまざまな需要に対応できることを目指して、工場を構築している。

リーンな工場

カレント社はヘンダーソンビル工場を、引き締まった製造施設であるとしている。廃棄物を最小限に抑えてワークフローを最適化した、体系的アプローチが採用されている。材料を在庫から取り出すところから、出荷ドックに続く製造ラインの流れに至るまで、至

る所に無駄を省く思考が見てとれた。以下では、主な特長を紹介する。

ヘンダーソンビルの施設では、25個の照明器具を注文する顧客であっても、数百個の顧客であっても、数千個以上の大口顧客であっても、同等のサービスを提供することを目指している。大口注文を優先するのはたやすい。しかしカレント社は、小口注文が大口注文につながるパイロットプロジェクトである可能性を指摘した。また、中規模注文も積み重なれば、はるかに大きな注文に匹敵する規模になる。

カレント社はこの工場では、3種類のアセンブリラインを稼働している。そのすべてで、ジャストインタイム(JIT)方式で在庫から原材料を供給し、インタラクティブなコンピュータ支援の製造システムによって製造プロセスを制御し、問題が発生した場合に従業員が管理者とコミュニケーションをとる手段が設けられている。一番小さいラインでは、1人のオペレーターが照明器具の組み立て全体を担当する。最も大きなラインでは、7人のオペレーターによってシリアル製造が行われる。中規模ラインは、それぞれ複数の異なる作業に対応できる4~5人のオペレーターが担当している。

ライトエンジンとLED

工場見学でおそらく最も興味深かったのは、ライトエンジンの製造エリアだった。そのエリアは見学ツアーの最後だったが、製造されたライトエンジンはもちろん、在庫管理に戻されてから、照明器具アセンブリに供給される。

ヘンダーソンビル工場には、ライトエンジン製造とドライバ製造ラインの両方に対する、プリント回路基板(Printed Circuit Board : PCB)の複数の自動アセンブリラインがある。ドラ

イバの多くは委託先で製造されているが、ライトエンジンはヘンダーソンビル工場で100%製造されている。

ライトエンジンの製造はなぜ委託していないのかという疑問がすぐに思い浮かんだ。そのほうが安くつくのではないだろうか。しかし、SKUの問題に加えて、やってくる注文が街灯なのか駐車場照明なのか歩行者エリア照明なのか、カレント社にはまったくわからないという事実を考慮しなければならない。カレント社のスタインバーグ氏は、ライトエンジンは必要になる何カ月も前に米国外の契約メーカーに発注しなければならないと述べ、予測が外ればその在庫は使われない可能性さえあると述べた。

ヘンダーソンビルのライトエンジン製造は、照明器具の製造ラインと同程度にアジャイルである。ライトエンジンの在庫をオンデマンドで照明器具の製造ラインに供給することにより、同社はLED在庫への投資を受注に基づいてリアルタイムに活用することができている。

出荷作業

カレント社の工場は、本稿では紹介しきれないほど細部にまで配慮が行き届いていることに疑問の余地はない。同社はこのリーン体制に基づいて、多数の大型プロジェクトに照明を供給することができている。前述のサンディエゴのプロジェクトだけでも、この1～2年で約4000個のLED照明器具が使われた。しかし最後にもう1つ、ヘンダーソンビル工場の搬出口における出荷作業について紹介したいと思う。そこにも、本誌がコネクテッド照明とモノのインターネット (Internet of Things: IoT) に関する記事で毎回のように取り上げる技術が用いられている



図3 カレント社の屋外照明工場の出荷エリアでは、可視光通信 (VLC) によって、フォークリフト、ひいては最終製品の屋内位置特定が行われている。

ためである。

屋内ウエイファインディング、またはロケーションサービスは、コネクテッド照明に関連して本誌が何度も取り上げてきた応用分野の1つである。例えば、小売業者の米ターゲット社 (Target) は、大型店舗内での買物客の誘導や、顧客の店舗内での位置に応じた特売情報の提供に、コネクテッド照明を使っている。しかし、屋内位置特定は、美術館、企業オフィス、工場フロアなど、幅広い用途に適用できる。

ヘンダーソンビル工場の各フォークリフトの上部には、可視光通信 (Visible Light Communications: VLC) 装置が取り付けられている。工場内に設置されたコネクテッド照明器具からの調光供給データにより、各フォークリフト上のVLCシステムは、自らの正確な位置を常に把握する。

出荷エリアでは、箱詰めされた照明器具がパレットに積まれ、出荷に向けて収縮包装される。フォークリフトでパレットを搬送する際に、操縦者は携

帯スキャナでバーコードを発行する。システムは、そこから運び出されてトラックに積み込まれるまでのパレットの位置を正確に追跡する。システムは、パレットがどのトラックに積み込まれたかや、積み込まれた順序を把握している。このプロセスは、IoTとコネクテッド照明の可能性を示す、素晴らしい例だといえる。

好奇心をそそるスマートシティ計画など、カレント社のイベントでは、それ以外にも興味深いプレゼンテーションがあった。それらについては、将来の記事で報告するつもりである。実際、イベントに参加する前は、スマートシティに関するプレゼンテーションが最も魅力的な内容になるだろうと思っていたし、確かにいろいろと考えさせられる内容だった。しかし、開発、製造、供給において照明メーカーが直面する障害を、現場で目の当たりにできたのは非常にためになる経験だった。また、屋外分野は特に、メーカーが直面する課題と需要を押し上げている。