熱管理問題に対応する押出アルミニウム

スティーブ・ジャクソン

LEDベースの照明製品に取り組む設計チームが、設計の熱問題を検討する際に考慮すべき項目として、外観、コスト、品質があるが、何よりも優先させなければならない項目は熱性能である。

LEDベースのSSL（Solid State Lighting：固体照明）技術は、照明業界に革命をもたらし、家庭用照明や商業用照明から街灯にいたるまで、あらゆる分野において照明製品の新しい可能性を切り拓いた。しかしLED技術には、従来の電球とはまったく異なる、しかもかつてないほど高温の熱管理問題が生じるという欠点がある。LED接合部からの放熱は、製品寿命の延長と一貫した輝度と色の維持に必須である。熱管理に向けて多数の材料や製造方法が選択可能だが、押出アルミニウムは、広範囲にわたる用途に対応することができる。

アーキテクト、照明デザイナー、その他の仕様作成者は、外観に優れ、仕上げと色のオプションを備え、構造的に一貫性のある照明器具や筐体を求めている。設計エンジニアは、熱管理問題に対処しつつ、その要求に応えようとしている。照明メーカーは、上記のすべてを満たしつつ、費用対効果に優れた製品を提供したいと考えている。

LEDの利点は現在、広く認められている。つまり、光品質が高く、エネルギー効率に優れ、電球の寿命が長いためにメンテナンスコストが低いという利点である。しかし、熱管理の問題が常につきまとう。LEDによって生成される熱は、電球の寿命だけでなく、光品質にも悪影響を及ぼす。エンジニアは現在、外観が美しいだけでなく、熱管理問題も解決する製品を開発するという課題に直面している。

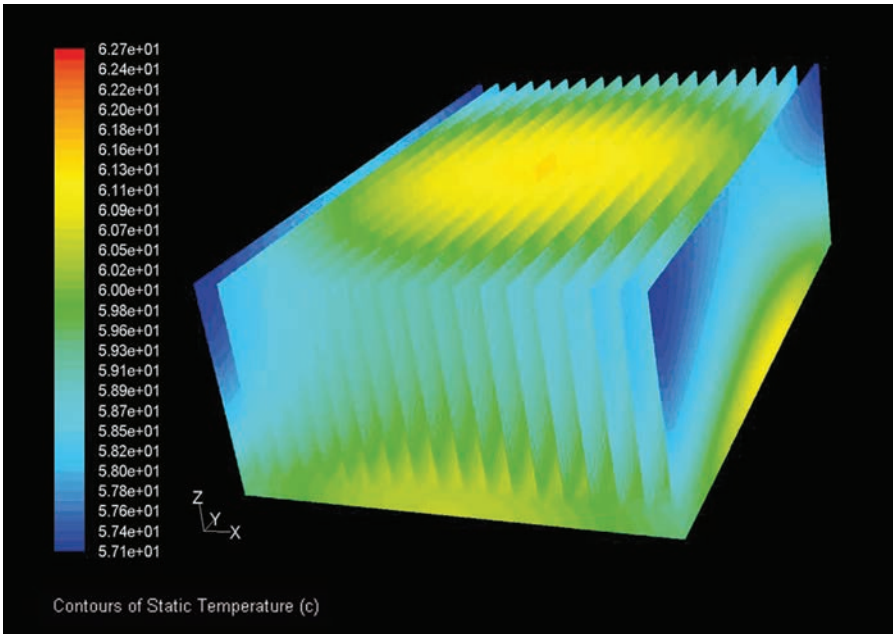

図1　ヒートシンクに対するCFD解析結果。熱源が中央に存在するのが見てとれる（黄色の部分）。熱源から離れていく方向で、放熱が生じている（緑、青、紫の順）。

熱問題

熱問題に取り組むエンジニアの目標は、熱を光源から除去し、周辺大気へと放散することである。電子部品からできるだけ遠くへ、できるだけ早く放熱する必要がある。照明業界では、能動的な熱管理手法よりも、ヒートシンクなどの受動的な熱管理製品が用いられる傾向にある。一般的に、能動的な熱管理を採用する場合は、ヒートシンク上の空気の移動を促す、ファンなどの部品の追加が必要になる。空気を移動させることによって、ヒートシンクの効果は高まり、一部の用途においてはヒートシンクを小さくすることができる場合もある。しかし、能動的な部品の追加は、コストとノイズの増大と、システムの信頼性の低下につながる恐れがある。

エンジニアは通常、熱伝導を促す材料を照明器具または筐体に使用する。ほとんどの材料が熱伝導性を備えるが、その性質が高いものと低いものが存在する。この性質は熱伝導率とも呼ばれ、ワット／メートル・ケルビン（W/mk）の単位で測定される。

材料が異なれば、熱伝導率も大きく異なる。例えば、ダイヤモンドの熱伝導率（通常は2200 W/mK）は非常に高いが、照明に使用するには明らかに高価すぎる。銅は、まずまずの熱伝導率（通常は390 W/mK）を持つが、アル

ミニウムと比べて大きな欠点が2つ存在する。銅の重さはアルミニウムの約3倍で、価格は一般的に、最大で5倍にも及ぶ。アルミニウムは、熱伝導率（最大で237W/mk）では銅に劣るが、重さと価格という、多くのSSL応用における重要な利点を備える。

計算流体力学

適切な熱管理手段を決定するために、エンジニアは通常、製品とその熱特性をモデル化する専用ソフトウェアを使用する。計算流体力学（CFD：Computational Fluid Dynamics）によって、製品の熱伝導率をシミュレーションし、有限要素解析（FEA：Finite Element Analysis）によって、部品の構造的一貫性を確認する。CFDの例を**図1**に示す。各製品には、製品のサイズ、形状、屋内と屋外のどちらで使用するかなどの用途に依存する多数の変数がある。これらの変数を使用してFEAとCFDを組み合わせることにより、設計と熱管理の両方のニーズを満たす、最も費用対効果の高い製品を設計することができる。

照明業界では従来から、熱管理手段の材料としてアルミニウムが使用されてきた。この場合の選択肢は、鋳造アルミニウムか、押出アルミニウムかである。しかし、LEDによって新たな熱問題が生じているのに加えて、多様な形状のSSL製品が登場したことによって、新しい熱管理手段が必要になるケースも出現している。照明業界ではこれに対応して、一部の熱管理手段において、熱可塑性プラスチックやグラファイトが採用され始めている。

本稿の以下の部分では、LED照明器具の熱管理問題に対処するために、最もよく使用される4種類の材料と製造工程の組み合わせについて説明する。4種類の組み合わせは次のとおりである。

押出アルミニウム
鋳造アルミニウム
射出成形熱可塑性プラスチック
成形グラファイト

どの材料／工程の組み合わせに対しても、それが有効となる設計、応用分野、条件がそれぞれ存在する。

押出と鋳造の比較

押出アルミニウムと鋳造アルミニウムは、LEDの熱管理手段に最もよく使用される材料である。スウェーデンのサパ（Sapa）社だけでも、2012年に数百万ポンドもの押出アルミニウムを照明業界に提供している。熱効率が改善され、設計の柔軟性に優れ、鋳造アルミニウムよりも安価であることによって、その量は増加しており、多くの設計者が大多数の応用分野において、鋳造アルミニウムよりも押出アルミニウムを選択していることがわかる。

照明業界で使用されている鋳造方法には、いくつかの種類がある。特殊な街灯など、製造数の少ない応用分野では、砂型鋳造が選択される。その他の鋳造方法として、工場や倉庫に設置される標準的な産業用照明など、製造数が中程度の応用分野で用いられる永久

LEDs MAGAZINE JAPAN

Q e-DMプログラムをご存じですか？

LEDs Magazine JapanのE-DMプログラムなら、業種・職種・購買関与製品・担当製品など、ご希望の対象者に限定してメール配信を行うことが可能です。
弊誌読者の皆さまは、LED応用製品の利用やその開発、製造、マーケティングなどに携わっている方だけ。
LEDに特化した専門誌ならではの広告プログラムです。

A こんなご要望にお応えできます。

■既存顧客以外に新製品DMを送りたい
■製品カタログを送りたい
■人材募集を行いたい
■研究者対象の製品アンケートを実施したい
■技術者限定でセミナー告知を行いたい

e-DM 広告掲載料金（税抜）
データ使用料＋配信料　@100円
＊セグメント1項目につき　+@10円

お問い合わせ・お申し込みは…
株式会社イーエクスプレス
Tel: 03-6721-9890 Email: ledj@led-japan.jp

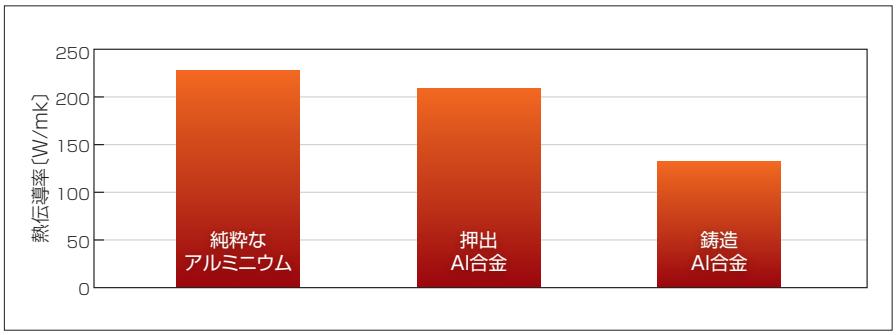

図2　アルミニウムの熱伝導率は、ヒートシンクの製造工程によって異なる。

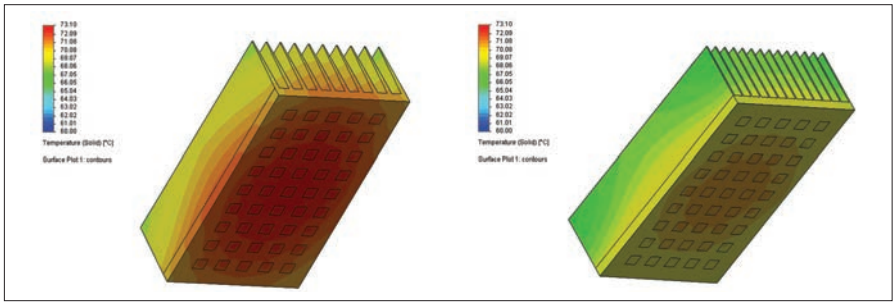

図3　ダイキャスト（左）と押出（右）による、類似する2つのアルミニウム製ヒートシンクの温度を比較したCFD解析結果。押出アルミニウム製ヒートシンクは、最大温度が23%減少した。

鋳型（金型）鋳造がある。最後にダイキャスト鋳造は、小売業者を介して販売される照明など、製造数の多い応用分野で使用されている。

関連コストについては、砂型鋳造は、金型費が通常は50～100万円と最も低く、単価は最も高い。永久鋳型鋳造の価格は通常、150～300万円である。砂型鋳物と永久鋳型鋳物の部品単価は、必要となる二次加工の処理量に大きく依存する。

ダイキャスト鋳造は、砂型鋳造と永久鋳型鋳造に比べて単価は低く、必要となる二次加工処理は、一般的に最も少ないが、金型費は5万～10万米ドルになる場合がある。射出成形の金型費は、ダイキャスト金型と同程度である。

すべての種類のアルミニウム鋳造金型に寿命があり、耐用期間が経過すれば交換しなければならない。ちなみに、大きな押出金型は一般的に50～75万円で、アルミニウム押出業者が通常、交換する金型の全費用を負担するため、押出は鋳造よりもコスト面で有利だということになる。

熱伝導率

熱伝導率については、押出の方が鋳造よりも明らかに有利である。押出アルミニウムは、鋳造アルミニウムよりも熱伝導率が高いため、効率は53%高くなる可能性がある。上で示した各種鋳造方法による鋳造アルミニウムの熱伝導率が、一般的に120～140W/mKであるのに対し、押出アルミニウムの熱伝導率は一般的に、200～215-W/mKとそれよりもずっと高い。**図2**は、純粋なアルミニウム、押出アルミニウム合金、鋳造アルミニウム合金の熱伝導率を比較したものである。

砂型鋳造、金型鋳造、ダイキャスト鋳造によるアルミニウムは、押出アルミニウムよりも効率が低い可能性があることは、多くの照明企業が身をもって理解している。鋳造工程ではその性質により、気孔の問題が生じる。気孔が熱を生成する部分に近い場合、気孔に熱が蓄えられ、それがLEDの寿命短縮につながる。品質の低い手順や基準を採用する他国の鋳造業者の場合は、特にこれが問題となる。アルミニウム押出の工程では、気孔の問題は生じない。

CFD解析によって、ダイキャストと押出による、類似の2つのアルミニウムを簡単に比較することができる。**図3**はその結果を示したもので、ダイキャストの場合は、フィンにドラフトが必要であるのに対し、押出加工の場合は、ドラフトをなくすことができる。つまり、押出の場合はフィンを長くすることができ、表面積が大きくなる。一般的に、表面積が大きいほど、周辺大気に自然に伝達される熱量は増加する。押出アルミニウムは、表面積が増加することと、熱伝導率が高いことから、最大温度はダイキャストの場合よりも23%低くなる。

押出アルミニウムは鋳造アルミニウ

ムよりも熱伝導率が高いことから、照明メーカーは、より少ない材料で同じ熱効率を達成することができる。使用材料が少なく、設置面積が小さければ通常、総コストが低くなる。また、量産向けのCNC加工を適用することによって、費用対効果の高い方法での押出加工が可能である。さらに、押出加工には、優れた表面仕上げが可能という設計上の利点もある。陽極酸化処理によって多彩な色に着色したり、光輝仕上げを施したり、任意の色に塗装したりすることができる(**図4**)。

また、押出加工は、サイズ面でも柔軟性が高い。幅が21インチを超える製品を製造したり、フィン比率を19:1にしたりすることができる。幅の広い製品を製造する方法には、筐体やボックスによく使用されるスナップフィット設計と、フィラー材を使用することなく複数のアルミニウム部品を接合することのできる摩擦撹拌接合(FSW:Friction Stir Welding)と呼ばれる技術の2つがある。サパ社はFSWを採用して、上部のカバーを接合して押出アルミニウムを密封する製品を提供している。照明器具に爆発耐性が求められる産業用照明において、これは特に有効となる場合がある。

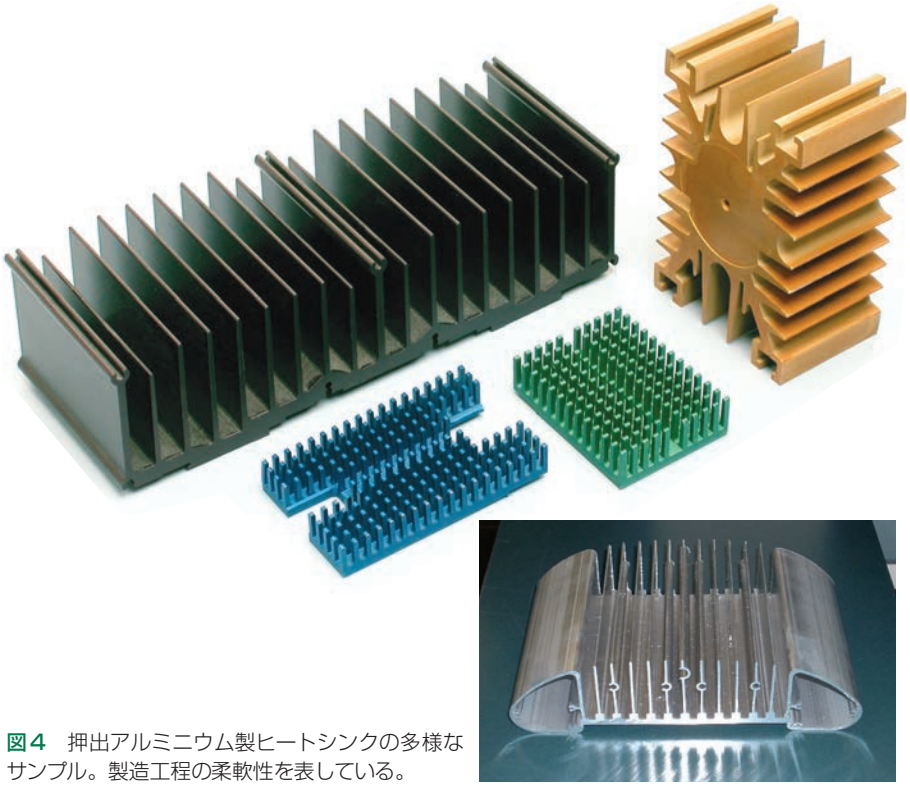

図4 押出アルミニウム製ヒートシンクの多様なサンプル。製造工程の柔軟性を表している。

射出成形熱可塑性プラスチック

鋳造アルミニウムや、射出成形熱可塑性プラスチックまたはグラファイトが、押出アルミニウムよりも有利となる場合もある。一般的には、主に従来製品を交換する場合など、ヒートシンクを電球に密着させる必要のある小さな用途がこれに該当する。押出アルミニウムは熱管理の面で優れている可能性があるが、外形を形成するための加工処理に、鋳放し製品や成形製品よりもややコストがかかる。

射出成形熱可塑性プラスチック製品やグラファイトは、軽量であることが重要で、構造的一貫性がさほど問題にならない場合は、有効な選択肢である。これらの部品は全般的に、機械的特性が限られ、サイズに制約がある。交換用電球は、ヒートシンクとしてダイキャストアルミニウム、射出成形熱可塑性プラスチック製品、成形グラファイトが適切に使用される製品の一例である。

最適なLED筐体を設計するには、熱や品質を専門とするエンジニアの支援が必要である。押出工程を理解するエンジニアならば、詳細な熱解析を行い、製造工程を簡素化する押出を設計することができる。これによって、設計から仕上げまでメーカーと直接連携して、対象用途の要件に完全に合致する、カスタマイズされた手法を熱管理に適用することができる。

著者紹介
スティーブ・ジャクソン(STEVE JACKSON)は、サパ・エクストリュージョンズ・ノース・アメリカ社(Sapa Extrusions North America、www.sapagroup.com/na)の熱管理担当ビジネス開発マネージャー。

LEDJ