

車載用 低電力Hgフリー HID ランプとLED 室内照明

Low-Power Automotive HID Lamp and Technologies for LED Interior Lighting

出口 誠 沖 雅博 白石 寛光

■ DEGUCHI Makoto ■ OKI Masahiro ■ SHIRAIISHI Hiromitsu

EV (電気自動車) やHEV (ハイブリッド電気自動車) への本格的な移行に備え、自動車の室内外の照明には先進性と独創性を兼ね備えた製品が求められている。

ハリソン東芝ライティング(株) は、これらのニーズに応えるため、環境調和と、安全性及び快適性を追求した低電力の前照灯用Hg (水銀) フリー HID (高輝度放電) ランプや、独自の光学設計により機能や質感を向上させ、自動車の内外装デザインにも融合させたLED (発光ダイオード) 室内照明など、車載用光源メーカーとして培ってきた技術を生かしながら、特色ある次世代照明製品を開発し提供し続けている。

Before the full-fledged arrival of the new era of electric vehicles (EVs) and hybrid electric vehicles (HEVs), lighting products with both advanced performance and originality for automotive interior and exterior applications are required.

To meet these requirements, Harison Toshiba Lighting Corporation has been making continuous efforts to develop and commercialize distinctive next-generation lighting products utilizing its own technologies and experience in automotive lighting applications. These products include a low-power mercury-free high-intensity discharge (HID) headlamp offering safety, eco-friendliness, and comfort, and a broad range of light-emitting diode (LED) interior lighting products that optimally match individual vehicle model designs, taking advantage of our optical design capabilities to realize advanced lighting quality and value-added functions.

1 まえがき

自動車の機能性や安全性のために、光源は常に重要な役割を果たしてきており、時代のニーズに応えながら技術改良を重ね、進化し続けている。近年では、地球環境への配慮が重要な課題となり、長い耐用年数と優れた発光効率の前照灯用HID (高輝度放電) ランプや自動車の室内外の照明用LED (発光ダイオード) 応用製品が盛んに開発されている。

このような背景の下、HIDランプは、従来の特長を継承しながら、消費電力を現行の35 Wから25 Wに低減した低電力Hg (水銀) フリー HIDランプの規格化が進んでいる。また、室内照明についても、加速するLED化のあおりを受け、照明本来の機能向上に加え、内外装デザインと融合した照明設計技術の確立が切望されている。

ハリソン東芝ライティング(株) は、これらの市場ニーズに応えるため、車載用光源メーカーとして長年培ってきた技術を生かしながら、特色ある照明製品を提供し続けている。ここでは、自動車用光源に対する市場ニーズを具現化した製品として、当社が他社に先駆けて開発した低電力Hgフリー HIDランプとLED室内照明、及びそれらの要素技術について述べる。

表 1. 前照灯用ランプの特性比較

Comparison of headlamp characteristics

項目		低電力 Hgフリー HIDランプ*4	従来型 Hgフリー HIDランプ	ハロゲン ランプ
初期特性	消費電力 (W)	ランプ	25	35
		システム*1	31	44
	全光束 (lm)	2,000	3,250	1,880
	ランプ電圧 (V)	40	42	13.2
寿命特性	B3寿命*2 (h)	2,000	2,000	600
	Tc寿命*3 (h)	3,000	3,000	1,000

*1 : 点灯回路を含む消費電力 (ハロゲンランプは点灯回路不要)

*2 : ワイブル分布を用いて全体の3%が寿命となる時間

*3 : ワイブル分布を用いて全体の63%が寿命となる時間

*4 : 低電力Hgフリー HIDランプは規格案と目標スペック

2 低電力Hgフリー HID ランプ

2.1 開発状況

自動車の前照灯用光源としてハロゲンランプ、HIDランプ、LEDが用いられているが、HIDランプは、主流のハロゲンランプと比較して、高効率で長寿命という特長があり(表1)、1990年代から使用されている。近年は環境への配慮からHgを含まないHIDランプが開発され普及してきており⁽¹⁾、当社も2008年には長寿命のHgフリー HIDランプを開発し、量産を開始した⁽²⁾。

一方で、自動車の前照灯用HIDランプに対する更なる低消費電力化のニーズが高まり、新たな動きとして、国際連合 欧州経済委員会で低電力HIDランプの規格化が進められている。

HIDランプには、自動車の電源から供給された電力がバラストを通して供給される。従来型Hgフリー HIDランプのバラストへの投入電力は44 Wであり、このうち35 WがHIDランプに供給される。一方、低電力Hgフリー HIDランプでは、バラストに31 Wが供給され、そのうち25 WがHIDランプに供給される。電力の減少により、明るさを表す物理量である全光束を低く設定することになるが、規格案の2,000 lmを満足できればハロゲンランプ以上の全光束を確保でき、実使用に問題はない。

2.2 明るさ(全光束)

Hgフリー HIDランプは、一对の電極間に電圧を印加してアーク放電を発生させる。アーク放電により発光管温度が高くなり、発光管内に封入しているメタルハライドが気化して発光する。ただし、電力を減少させると、発光管温度が低下するため、メタルハライドが十分に気化せず発光効率も低くなる。35 Wの従来型Hgフリー HIDランプの消費電力と発光効

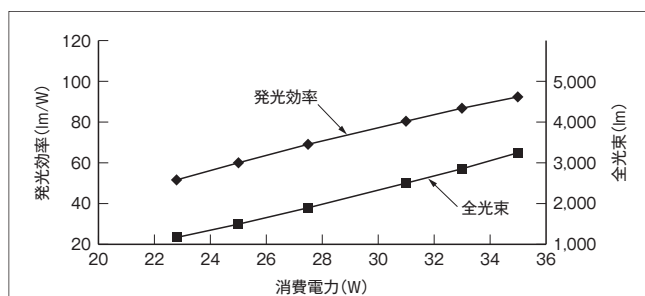


図1. 従来型Hgフリー HIDランプの消費電力と発光効率及び全光束の関係 — 消費電力を減少させると発光効率が低下し、消費電力25 Wでは発光効率が60 lm/W、全光束が1,500 lmとなり、規格案の2,000 lmを満足しない。

Dependence of luminous efficiency and luminous flux on power consumption of conventional mercury-free HID lamp

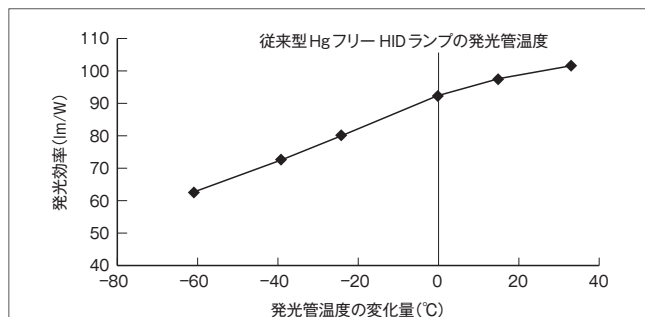


図2. 従来型Hgフリー HIDランプの発光管温度と発光効率 — 発光効率は発光管温度に依存し、発光管温度が下がると発光効率は低下する。

Relationship between luminous efficiency and discharge bulb temperature of conventional mercury-free HID lamp

率及び全光束の関係を図1に示す。

従来型Hgフリー HIDランプは、消費電力の減少とともに全光束と発光効率が低下し、25 W点灯時にはそれぞれ1,500 lm、60 lm/Wとなる。全光束の規格案としては2,000 lmが有力であり、従来型では不足する。全光束を上げるためには、発光管温度を上昇させ発光効率を改善する必要がある。発光管温度と発光効率の関係を図2に示す。

従来型Hgフリー HIDランプは、発光管温度の低下とともに発光効率が低下する。25 Wで全光束2,000 lmを達成するためには80 lm/Wの発光効率が必要であり、電力の減少に伴う発光管温度の減少を20 °C以内に抑える必要がある。

2.3 発光管の開発と初期性能

25 Wで80 lm/Wの発光効率となる発光管温度にするためには、新たな発光管を開発する必要があった。発光管の構造を図3に示す。

発光管の温度を上昇させるためには、二つの方法が考えられる。一つは、発光管の内径を小さくすることで内容積を小さくし、放電空間内の電力負荷を増加させる方法であり、もう一つの方法は、ガラスの肉厚を薄くして発光管の放熱を抑制する方法である。これら二つの要因を最適化することで、従来型Hgフリー HIDランプを35 Wで点灯したときに対し、低

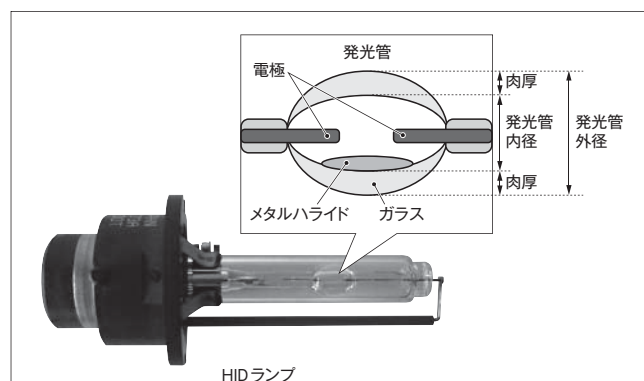
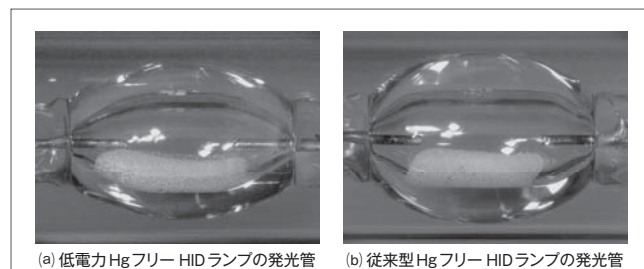


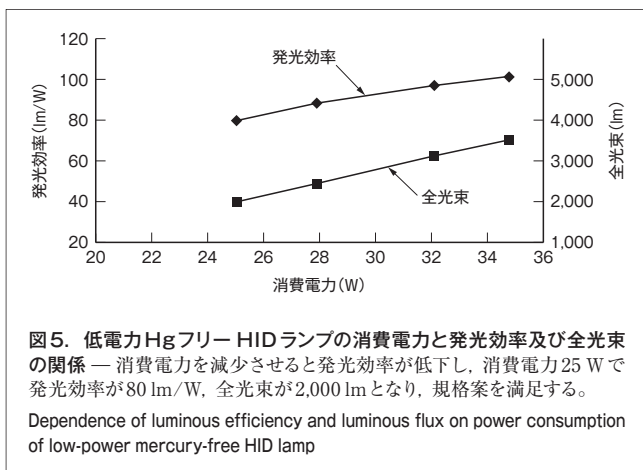
図3. 発光管の構造 — 発光管の内径と肉厚を変え、発光管温度の最適化を図る。

Structure of discharge bulb of HID lamp



(a) 低電力Hgフリー HIDランプの発光管 (b) 従来型Hgフリー HIDランプの発光管

図4. 発光管の形状 — 低電力Hgフリー HIDランプの発光管は従来型Hgフリー HIDランプに比較して、内径を小さく、肉厚を薄く設計している。 Shapes of discharge bulbs



電力Hgフリー HID ランプを 25 W で点灯したときの発光管温度減少は 20℃ に抑えられ、発光効率は 80 lm/W となった。従来型 Hg フリー HID ランプと低電力 Hg フリー HID ランプの発光管の形状を図 4 に示す。また、消費電力と発光効率及び全光束の関係を図 5 に示す。

これらの開発によって、目標である全光束 2,000 lm、発光効率 80 lm/W を実現できた。現在、寿命評価を進めているが、2,000 h を経過しても良好な発光効率と全光束を維持しており、量産化に向けた準備を進めている。

3 LED 室内照明

3.1 室内照明の動向

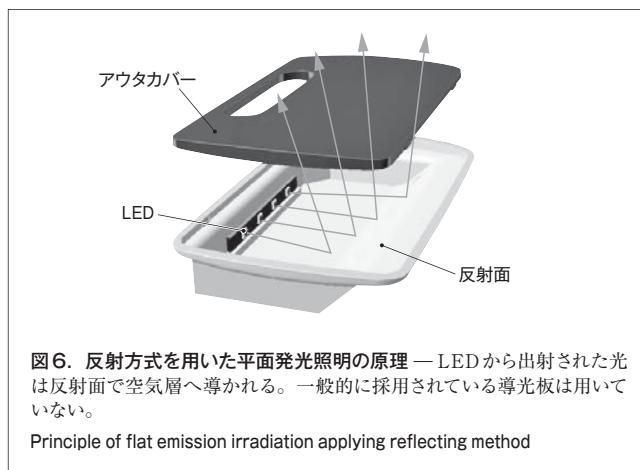
従来、室内照明は、夜間の室内空間を必要に応じて照らすだけの機能でしかなかった。近年では、室内での動作をセンシングして手元作業をアシストする照明や、ユーザーをもてなすウェルカム照明など、照明本来の機能に加え、内装デザインと融合させるうえでも重要な位置づけとなっている。もちろん、長寿命や軽量化など従来のニーズを満足させながら、更に付加価値を高めた LED 応用製品の提案と要素技術の蓄積が必要である。

以下に、LED の特長を生かしながら、柔らかな照明や、必要な範囲を局所的に照射するスポット照明について述べる。

3.2 平面発光照明

現在、実用化されている LED 室内照明は、LED を複数個並べた直下型が主流であるが、LED の持つ指向性が照射面上に明暗差として顕著に現れてしまう。この明暗差を低減させるため、ダイヤモンドやブラスト加工が施されたアウトカバを介させると、色割れや輝線を含んだ照射状態となる。これでは、一様な照度が得られず、読書などの手元照明に使うには改善が必要である。

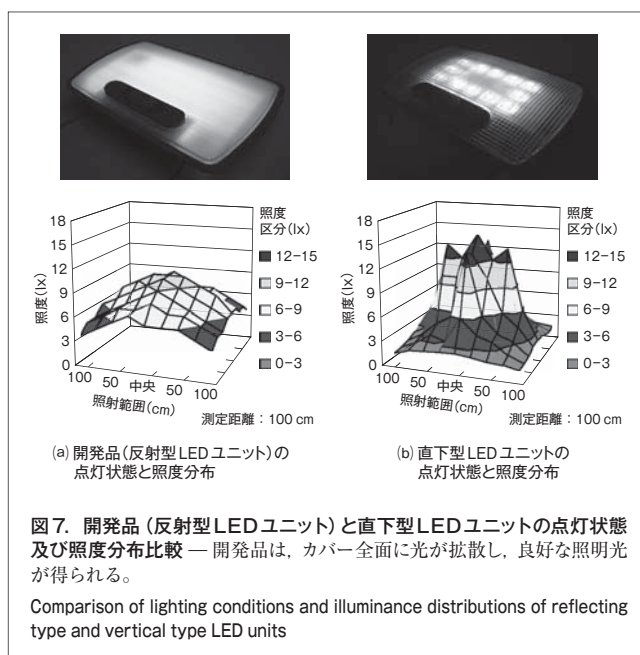
そこで、反射構造を用いて、広範囲を一様に照らす反射型 LED ユニットの開発した。柔らかで優しい光でありながら室



内照明として十分な照度が得られるだけでなく、器具本体の発光面も均一な明るさとなる。また、シンプルな構造であり、軽量化にもつながる。開発品の構造を図 6 に示し、その照射原理を以下に述べる。

開発品は、器具内の側面に配置した LED から光を出射させ、間接的に照明する方式を採用しているが、ここでは、液晶ディスプレイのバックライトなどに一般的に採用されている導光板は用いていない。LED からの出射光を反射面で反射、拡散させ、前面のアウトカバーで更に拡散させることで平面発光を実現している。発光面をほぼ均一に平滑化し、かつ、より広域を照明するため、光源から近い位置と遠い位置とで反射面の形状を変え、最適化している。

開発品 (反射型 LED ユニット) と商品化されている直下型 LED ユニットの点灯時の外観と照度分布を比較して図 7 に示す。直下型 LED ユニットのアウトカバーを通して LED の発光



部が見えるが、開発品は、カバー全面に光が拡散していることが確認できる。更に、開発品による照明は、通常できる被照射物の影が少なくなる特長もある。影による明暗差が解消されることで、より良好な照明光となる。

3.3 スポット照明

前節で述べた照射と異なり、凸レンズを用いて集光させた照明は、照射面上での明暗差が顕著となるため、より細やかな明るさの分布調整が設計のポイントとなる。また、漏れ光を軽減しながら照射目標のエリアに効率よく集光させるために、出射側のレンズの曲率を最適化する必要がある。

まず、出射側のレンズの曲率を最適化するための設計思想を図8に示す。レンズに入射した光線が、屈折点(図8のA~I点)から出射され、照射面上の目標ポイント(図8のa~i点)に到達するように、レンズの曲率を各部分ごとに最適化し、これらをつなぎ合わせることでレンズの形状を決定する。

次に、照射目標エリア内の明るさの分布を平滑化するため、LEDの光が入射するレンズ平面を加工し、光軸付近の強い光

は照射目標エリアの外周付近へ、弱い光は中央付近へ導くことで均一に分散させる。このレンズ平面への加工はほぼ三角錐(すい)のくぼみ形状で、照射目標エリアの明暗差を減少させられるよう最適形状に設計している。レンズの曲率だけを最適化した場合と、更に、平滑化加工をした場合の照度分布の比較を図9に示す。

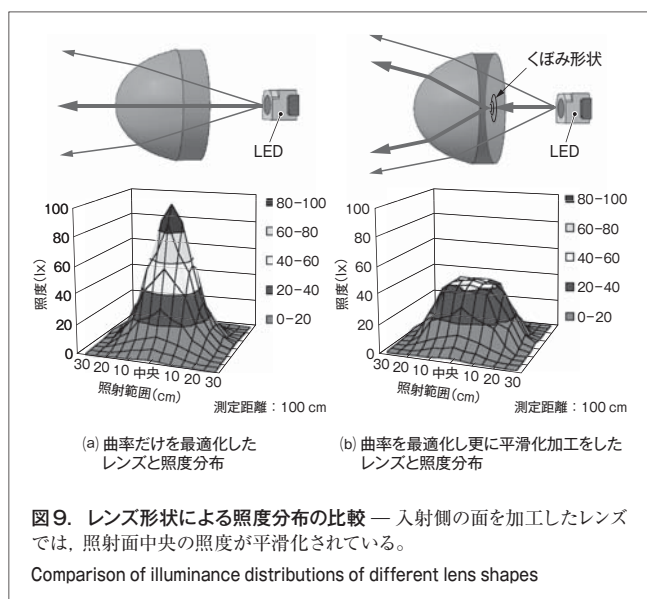
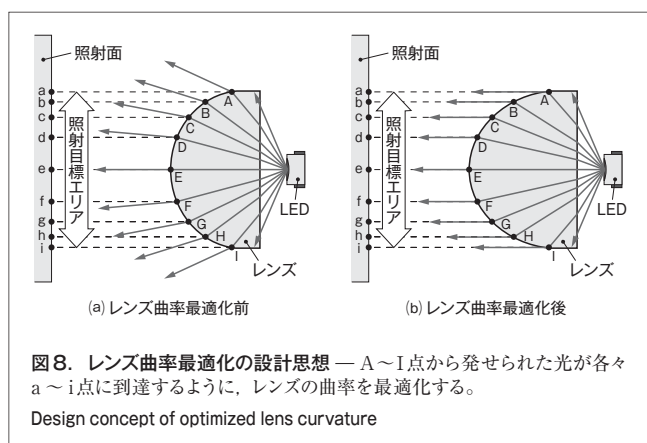
4 あとがき

前照灯用低電力HgフリーHIDランプは、消費電力がハロゲンランプの約半分であるにも関わらず、全光束や寿命は同等以上である。また、LED室内照明は、広域拡散光と狭域スポット光の技術を組み合わせることで、好みやシーンに合った多彩な照明を演出することができ、自動車の上質な室内空間を創出するための有効な手段となる。

近年、自動車のエレクトロニクス化により、機器やシステムは多様化の傾向にあり、自動車メーカーでは、部品点数とサプライヤーの削減に向け、モジュール化を促進している。このような状況下で新規受注を獲得するために、当社は差異化技術を駆使した価値ある照明製品の開発を推進している。今後も技術を磨きながら、自動車の環境調和と、安全性及び快適性の向上に貢献していきたい。

文 献

- 石神敏彦, 他. 水銀フリー自動車前照灯用HIDランプ. 東芝レビュー. 58, 4, 2003, p.56-59.
- 出口 誠, 他. 自動車前照灯用HgフリーHIDランプの長寿命化. 東芝レビュー. 63, 10, 2008, p.31-34.



出口 誠 DEGUCHI Makoto

ハリソン東芝ライティング(株) 技術統括部 第一技術部。
HgフリーHIDランプの設計・開発に従事。照明学会会員。
Harison Toshiba Lighting Corp.



沖 雅博 OKI Masahiro

ハリソン東芝ライティング(株) 技術統括部 第一技術部長。
HgフリーHIDランプの設計・開発に従事。
Harison Toshiba Lighting Corp.



白石 寛光 SHIRAIISHI Hiromitsu

ハリソン東芝ライティング(株) 技術統括部 第三技術部。
車載用LED応用製品の設計・開発に従事。
Harison Toshiba Lighting Corp.