

# 高効率セラミック メタルハライドランプ ネオセラ™ 照明システム

NEOSERA™ Lighting System Featuring High-Efficiency Ceramic Metal Halide Lamps with High Color-Rendering Index

高山 大輔

寺坂 博志

鈴木 則雅

■ TAKAYAMA Daisuke

■ TERASAKA Hiroshi

■ SUZUKI Norimasa

今回、セラミックメタルハライドランプ ネオセラ™ シリーズ(100 W, 250 W, 400 W)を開発し商品化した。従来の技術では両立が困難であった高効率と高演色を同時に実現<sup>(1)</sup>し、100 W形と250 W形では業界最高レベルの115 lm/W(100W, 250WのTバルブ)を達成した。100 W形においては従来の150 Wクラスのランプと同等の光束値が得られることから、省エネランプとして市場から好評を得ている。また、250 W, 400 Wクラスでは、高効率に加えて、このクラスでは業界初となる点灯方向制限をなくしたユニバーサル点灯を実現した。更に、ネオセラ™ シリーズを高効率で点灯するための専用の電子安定器と、高効率器具 フロアマスター™ を商品化し好評を得ている。

Toshiba has developed the innovative NEOSERA™ series ceramic metal halide lamp system (100 W, 250 W, and 400 W). The system consists of new ceramic metal halide lamps, a new electronic ballast, and the new FLOOR MASTER™ luminaire, each possessing great advantages compared to conventional lamp systems. In particular, the NEOSERA™ 100 W model has a luminous efficacy of 115 lm/W and a color-rendering index of 90, which are world-leading performance levels realizing a new-generation ceramic metal halide lamp for energy-saving with higher color rendition. The NEOSERA™ 250 W and 400 W models can be operated without any restrictions on the burning position, making these the first such products to be marketed above the 200 W class.

## 1 まえがき

高効率、高輝度という特長を持つメタルハライドランプは、主に商業施設の照明や、工場、駅、ガソリンスタンドなどの高天井照明に用いられている。発光管には石英ガラスが使用されているが、近年、セラミックスを用いたセラミックメタルハライドランプが急速に普及しつつある。その理由は、発光管をセラミックスにすることで点灯中の動作温度を高くすることができ、それに伴い演色性<sup>(注1)</sup>の向上、個々のランプ間の色温度の安定化、及び寿命中の光束維持率改善が可能になるからである。

メタルハライドランプにおいては、高効率と高演色は相反する特性であり、これらの両立は技術的に困難とされていた。今回、これら両方の特性を満たすため封入薬品を刷新し、平均演色評価指数(Ra)が80以上の高演色タイプとしては業界最高効率(100 W, 250 WのTバルブ)を実現した。更に、100 W形と250 W形では調光を可能とし、250 W形と400 W形では点灯方向の制限をなくすなどして用途の拡大を図った。

ここでは、次世代の商業施設用セラミックメタルハライドランプとしてネオセラ™ シリーズ(図1)と専用点灯回路の電子

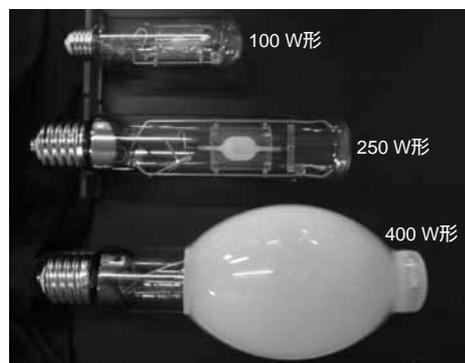


図1. セラミックメタルハライドランプ ネオセラ™ — 高効率と高演色を両立したセラミックメタルハライドランプである。

NEOSERA™ ceramic metal halide lamp

安定器、及び高効率器具フロアマスター™について述べる。

なお、このランプは東芝ライテック(株)とオスラム・メルコ・東芝ライティング(株)との共同開発によるものである<sup>(1)</sup>。

## 2 セラミックメタルハライドランプ ネオセラ™

### 2.1 高演色と高効率の実現

人間の目の最大比視感度波長はおよそ555 nmである。ランプの効率を上げるにはこの波長を中心に発光させればよいが、これでは放出される光は緑色になり、単に555 nm

(注1) ランプなどで照らした色の見え方が、基準光源で照らしたときの色の見え方にどれだけ近いかを定量的に表したもので、100に近いほど演色性が良いことを示している。

の光出力を上げることは分光学的に演色性の低下を招く。

このセラミック メタルハライドランプ ネオセラ™シリーズでは、高効率と高演色を両立させるため、人間の比視感度に沿いながら、かつ分光学的にも演色性に優れた封入薬品の開発に注力した。

図2 (a)は、従来の高演色型メタルハライドランプに用いられている薬品系の分光分布である。図中の白点線は人間の目の比視感度曲線である。この場合、演色性を高くする赤成分の光は多く出力されるが、人間の目に敏感な555 nm付近の発光強度が少なく、高効率の特性は得られない。

これに対し、図2 (b)はネオセラ™シリーズの分光分布を示しているが、こちらの場合は適正な薬品の選択と封入比率によって、赤成分だけでなく、比視感度曲線に沿うように光の分光分布を調整し、高演色と高効率を同時に可能とした。この新封入薬品により、ネオセラ™シリーズは最高115lm/W、Ra = 90を実現している。各ワットごとの代表品種の仕様を表1に示す。

## 2.2 任意点灯方向化の実現

多くのメタルハライドランプは点灯方向に制限を設けている。その理由は、点灯姿勢が変化することにより、発光管最冷部の場所が移動し、温度が変化することにより、液状となった封入薬品の蒸発量が増えるためである。

そこで、点灯方向制限をなくすため、発光管形状の最適化

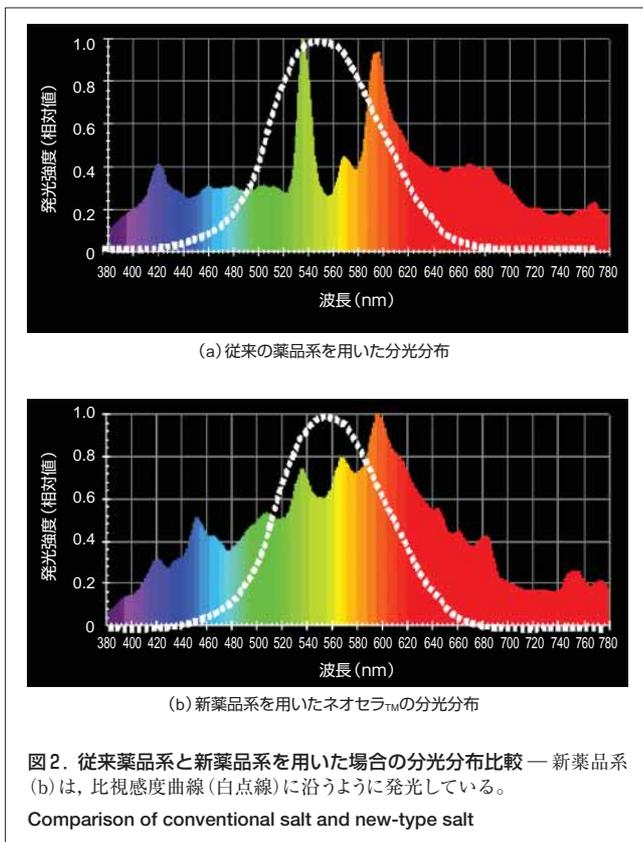
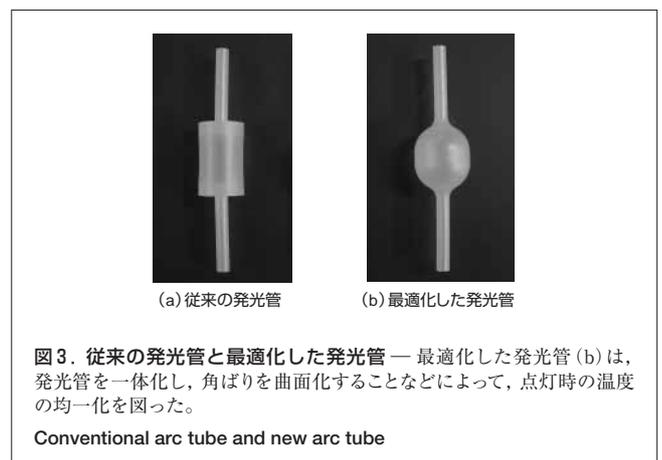


表1. ネオセラ™シリーズの仕様(代表値)

Specifications of NEOSERA™ series (typical values)

項目	形名			
	MT100CHE-W	MT250CHE-W	MF400CHE-W	
寸法 (mm)	外管径	40	48	116
	全長	140	240	290
	光中心距離	95	160	-
定格ランプ電力 (W)	100	245	390	
ランプ電圧 (V)	100			
ランプ電流 (A)	1	2.45	3.9	
全光束 (lm)	11,500	28,000	41,000	
色温度 (K)	4,000	4,100		
平均演色評価数	90	85		
点灯方向	任意点灯可能			
定格寿命 (h)	12,000			

を試みた。一般的なセラミック メタルハライドランプの発光管形状と、点灯方向任意化に最適化した発光管形状を図3に示す。従来の発光管(図3 (a))の形状は、いくつかの材料を接合して成形するため信頼性を確保する必要から肉厚となり、また、接合箇所が角ばるなどのため各部の温度差が大きくなる。一方、最適化したネオセラ™シリーズの発光管(図3(b))は、一体型の発光管であり、肉厚も薄く各部が均一化され、最冷部の温度と発光管各部の温度差を最小限にできた。また、発光管の曲面部を最適化し、点灯方向の姿勢変更時も可能な限り温度バランスを最適化した。これにより点灯方向の任意化が実現し、100 W形と250 W形においては、専用回路との組合せで調光点灯も可能とした。



## 3 点灯回路

このランプの点灯回路には、電子安定器(インバータ)を採用した。

電子安定器には、従来の銅鉄形安定器と比較して次のような長所がある。

- (1) 連続調光制御 (光出力 50～100%) が可能
- (2) 矩形 (くけい) 波点灯方式の採用などによりランプのちらつきをカット
- (3) 電圧フリー (入力電圧 100～242V に対応)
- (4) 始動時や無負荷時の入力電流を定格点灯時以下に設定
- (5) ランプ寿命末期時の保護回路を内蔵 (出力停止)

これらの長所から、今回の開発でもっとも特長的な、高効率の連続調光制御を実現した。次に調光制御についてネオセラ<sup>TM</sup>の調光特性を例にとり、従来の石英発光管メタルハライドランプ (以下、石英タイプと呼ぶ) と比較し説明する。

定格点灯時のランプ電力と全光束を 100% とした場合の調光特性を図 4 に示す。

メタルハライドランプは、調光することで効率が下がる傾向 (電力比 > 光束比であり、効率が一定でない) があるが、電力比が 50% のネオセラ<sup>TM</sup>の光束比は 40% と石英タイプと比較し約 13% 改善し、効率の低下を最小限にとどめた。

調光時における Ra と色温度の変化を図 5 に示す。電力比を下げるに従い Ra は下がるが、ネオセラ<sup>TM</sup>は電力比 50%

でも 80 以上で、石英タイプの定格点灯時よりも十分に高い値を維持し、調光時の高演色性能を確保する。色温度の変化についても、電力比 80% まではほぼ変化はなく、電力比 50% で約 15% の変化率である。

店舗用照明では、商品の見え方に重要なファクターが置かれる。ネオセラ<sup>TM</sup>は、そのファクターである平均演色評価指数と色温度に関して調光制御を行った場合でも、ランプの性能を十分に発揮できる。

また、調光制御用の外部信号として、当社の蛍光灯用調光電子安定器と同様の PWM (パルス幅変調) 信号による制御を採用したため、既存の調光制御システムとの互換性があり汎用性もある。調光信号 (PWM 信号) パルス幅と光束比を図 6 に示す。調光可能範囲の光束比 50～100% の間で、PWM 信号に対し光束が直線的に変化するように設定した。

高効率・高演色ランプと細やかな調光制御を行うことで、更なる省電力を実現できるランプ-点灯回路の組合せを実現した。

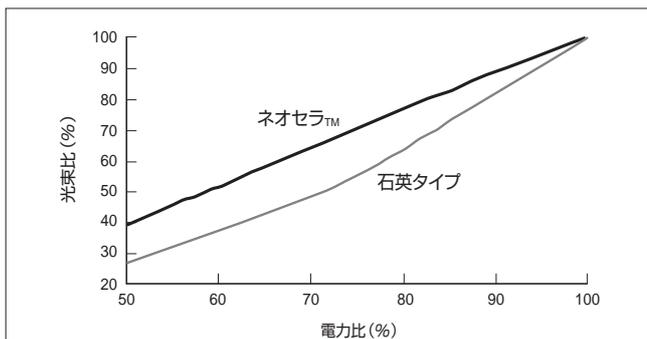


図 4. 一般的な石英タイプとネオセラ<sup>TM</sup>の調光特性比較 (光束比) — 調光時の光束特性は石英タイプに比較して、より高効率でリニアな特性である。

Comparison of dimmer characteristic of quartz type and NEOSERA<sup>TM</sup> system

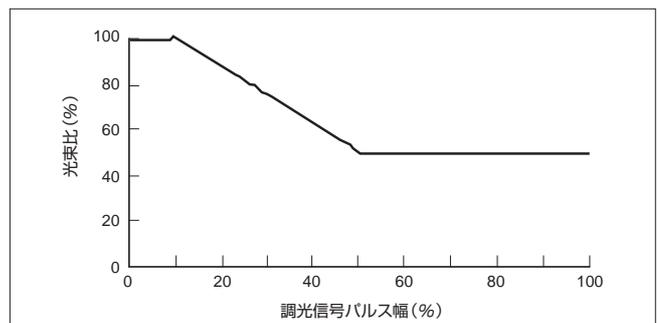


図 6. 調光信号と光束比 — 調光可能範囲の光束比 50～100% の間で、PWM 信号に対し光束が直線的に変化する。

Comparison of dimmer signal level and lumen flux

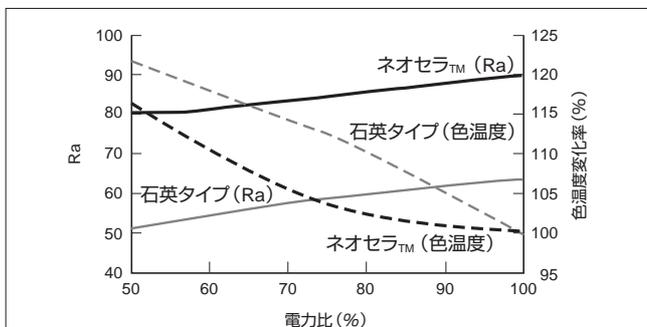


図 5. 調光特性比較 (Ra と色温度比) — ネオセラ<sup>TM</sup>の Ra は調光時においても高い値を維持し、色温度の変化も少ない。

Comparison of color-rendering index and color temperature of quartz type and NEOSERA<sup>TM</sup> system

## 4 高効率照明器具<sup>(2)</sup> フロアマスター<sup>TM</sup>

### 4.1 商業施設における照明の省エネ

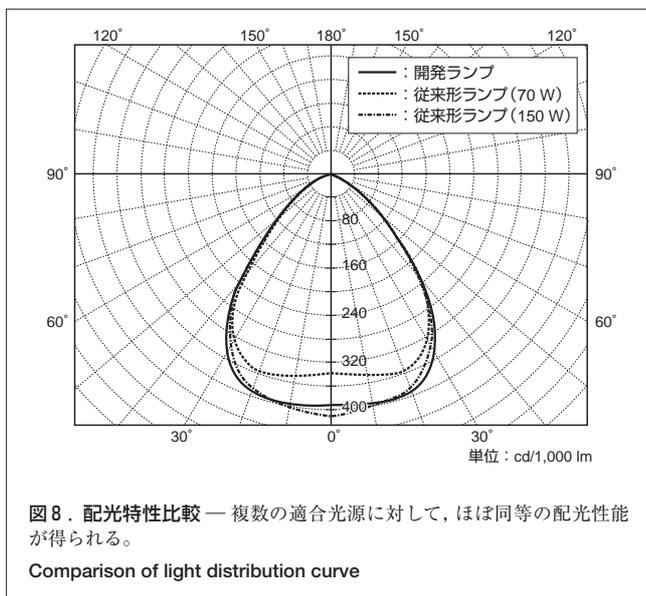
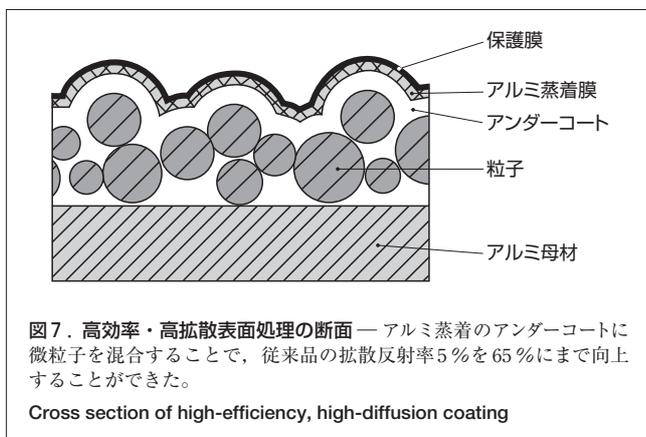
ネオセラ<sup>TM</sup>ランプの高効率・高演色の特長を最大に生かせる商業施設用として、ネオセラ<sup>TM</sup> 100W 形と専用電子安定器とを組み合わせた専用器具 フロアマスター<sup>TM</sup>を開発した。このフロアマスター<sup>TM</sup>は、高効率・高拡散表面処理の反射鏡の設計のほか、調光機能を付加した専用電子安定器により省エネが可能となる。

### 4.2 高効率照明器具の実現

この器具の開発では、ネオセラ<sup>TM</sup>シリーズのほかに、既存のセラミックメタルハライドランプ (透明形及び拡散形) も適合光源として加えながら、小形で高効率な照明器具を開発する必要があった。そこで、高効率・高拡散表面処理の実現と専用反射鏡の設計に注力した。

透明形ランプは、拡散形ランプに比べ照射パターン内の照度むらが目立ちやすくなる。そのため、反射面に適度な拡散成分を持つ表面処理を施さなければならない。今回、アルミ蒸着のアンダーコートに微粒子を混合することで、反射面に拡散反射成分を持たせ、全反射率85%を維持しながら、拡散反射率を従来のアルミ蒸着の5%から65%に向上させることができた。開発した高効率・高拡散表面処理の断面を図7に示す。

一方、専用反射鏡の設計には3次元モデルによる配光シミュレーションソフトウェアを用い検討を行った。この結果、配光特性は図8のようになり、複数の適合光源に対してはほぼ同等の配光性能を得ることが可能となった。



### 4.3 省エネの効果

開発品(ネオセラ™100 W形搭載器具)と従来品(150 W形セラミックメタルハライドランプ用照明器具)との省エネ効果の比較を行った。図9に示すように、同じ器具台数でほぼ同じ平均照度を得られ、約33%の省エネが可能となった(表2)。

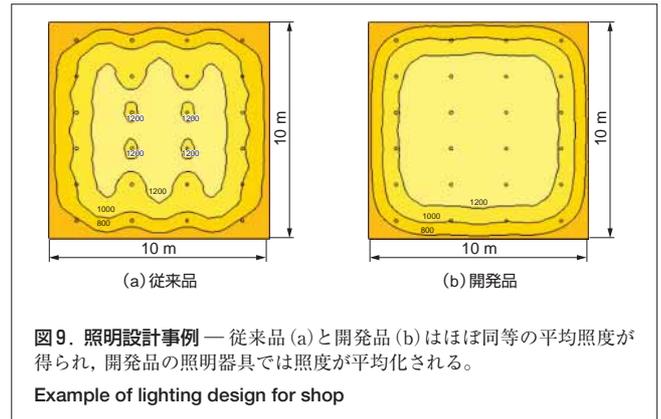


表2. 省エネ効果の比較

Comparison of energy-saving

項目	従来品 (セラミックメタル ハライドランプ 150 W形搭載器具)	開発品 (ネオセラ™ 100 W形搭載器具)
平均照度 (lx)	1,030	1,123
消費電力 (W)	164	110
年間電気代 (円)	374,000	250,000

## 5 あとがき

高効率・高演色ランプと細やかな調光制御、及び高効率照明器具を組み合わせることで、省エネで付加価値の高い照明システムが開発できた。今後は、より高機能な次世代のメタルハライドランプ照明システムの開発に注力していく。

## 文献

- Atago, S. "High efficiency ceramic metal halide lamps". Proceedings of the 5<sup>th</sup> Lux Pacifica. Warren G Julian. Cairns Queensland Australia. Illuminating Engineering Society of Australia and New Zealand. Canberra, 2005, p.237 - 240.
- 鈴木則雅, ほか. "高効率・高拡散反射膜を用いた115 lm/Wセラミックメタルハライドランプ用照明器具の開発". 電気設備学会. 東北学院大学, 2005-09, p.117 - 118.



高山 大輔 TAKAYAMA Daisuke

東芝ライテック(株) 管球照明社 管球技術部。  
メタルハライドランプの設計・開発に従事。  
Toshiba Lighting & Technology Corp.



寺坂 博志 TERASAKA Hiroshi

東芝ライテック(株) 電材照明社 電材技術部。  
電子安定器の設計・開発に従事。照明学会会員。  
Toshiba Lighting & Technology Corp.



鈴木 則雅 SUZUKI Norimasa

東芝ライテック(株) 電材照明社 電材技術部。  
照明器具の設計・開発に従事。  
Toshiba Lighting & Technology Corp.