

期待される高演色・省エネルギー光源

セラミックメタルハライドランプの可能性

Possibility of Ceramic Metal Halide Lamps Expected as High Color Rendering and Energy Saving Light Source

(社)日本電球工業会 HIDランプ業務委員会  
HID lamp operations Committee, JELMA

はじめに

東日本大震災・原子力発電所事故に伴って日本国内の電力が逼迫している。2011年夏は、東京電力、東北電力管内の大口需要家を対象に電気事業法第27条に基づく電力使用制限が発効され、政府は“夏季の省エネルギー対策について(平成23年5月31日)”を決定・発表した。また、同年11月1日には“冬季の省エネルギー対策について”を発表している。これらの省エネルギー対策では、“LED、Hf蛍光ランプ、セラミックメタルハライドランプへの切替えを推進すること”を要請している。

照明では、所要照度を確保しながら使用エネルギーの最小化を図ることが基本原則であるが、政府の要請はエネルギーの節減を確実に推進していくには、この3種類の光源を上手に組合せ・使い分けることが重要であることを示唆している。

本稿は、高演色・省エネルギー光源として期待されているセラミックメタルハライドランプの正しい情報を発信し、照明の質を低下させることなく省エネルギーが図られることを期待して執筆するものである。

1. HIDランプの歴史

一般照明用光源は、1887年のエジソンの白熱電球に始まる。しかし、その光量(全光束)は十分ではなかった。1901年に実用的な水銀ランプが開発された。このランプによって発光効率が大きく改善され、大光束が得られるようになった。1930年代以降には、発光管、電極、封入ガス、蛍光体など様々な技術改良が行われ、効率・演色性の改善が進み、

蛍光水銀ランプとして、工場・産業施設などの屋内施設及び道路・公園・広場などの屋外施設分野で普及した。

1960年代には、石英の発光管内に金属ハロゲン化物を封入し、蛍光水銀ランプよりも演色性と発光効率を改善したメタルハライドランプが開発された。また同じ時期に、透光性セラミック発光管を用いて高圧のナトリウム蒸気圧中の放電を利用し、低圧ナトリウムランプより演色性を改善した高圧ナトリウムランプも開発された。これによって、水銀ランプ、メタルハライドランプ、高圧ナトリウムランプが一通り出揃ったことになり、この時期以降に、これらのランプの総称としてHigh Intensity Discharge Lamp(高輝度放電ランプ)の頭文字からHIDランプと呼ばれるようになった。

1970年代のオイルショックを契機にHIDランプの効率改善が進み、メタルハライドランプに高圧ナトリウムランプのセラミック発光管技術を融合させたセラミックメタルハライドランプが開発された。

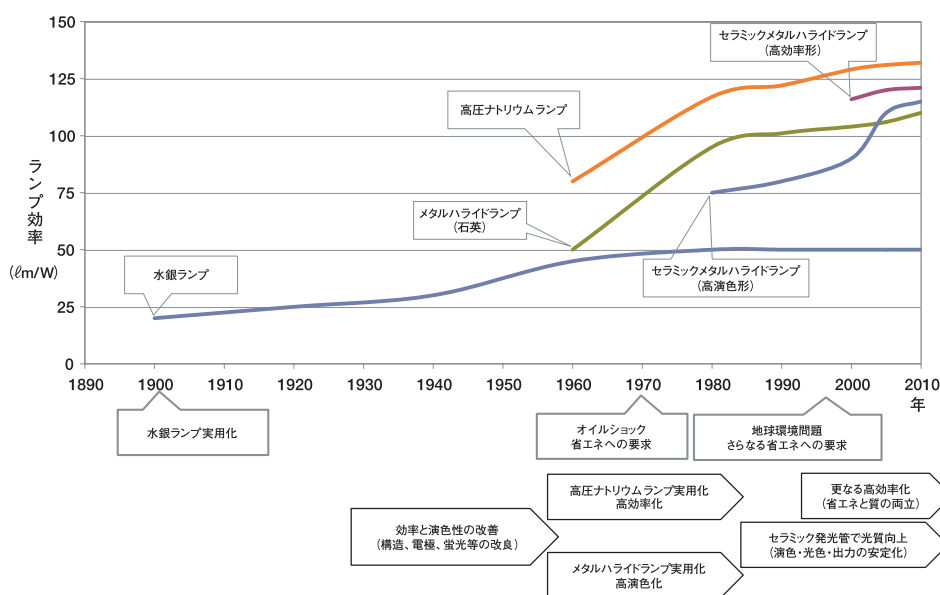


図1 HIDランプの変遷  
Fig. 1 History of HID lamps

1990年代に入ると、セラミックメタルハライドランプによって、演色性の改善、光色及び光出力の安定化など“光質の向上”が実現され、高演色性が要求される店舗照明などに急速に浸透した。

2000年以降は、地球環境問題などから更なる省エネルギー化が求められるようになり、高効率形のセラミックメタルハライドランプが製品化された。このランプは、工場・産業施設などの屋内施設及び道路・公園・広場などの屋外施設の省エネルギー光源として浸透し始めている(図1)。

セラミックメタルハライドランプは、一般照明用光源のなかで、最高の効率・演色性を兼備した省エネルギー光源となり、2010年度にはその出荷数量構成の40%以上を占めるまでになっている(図2)。

以下、セラミックメタルハライドランプの特長、製品構成、照明制御の可能性、期待される用途などを紹介する。

## 2. 特長

セラミックメタルハライドランプは、発光管の材質にセラミックを採用しており、以下のような特長がある。

- (1) セラミック発光管は、石英発光管に比べて発光管の温度を高く保ち、金属ハロゲン化合物の蒸発量を十分確保することにより、演色性やランプ効率をより高めることができる。
- (2) 封入される金属ハロゲン化合物と発光管との反応が少ないので光束維持率の低下が少ない(図3)。
- (3) 発光管は型による成形加工(図4)なので、均一な形状となり、ランプ個々間の特性のばらつきが少なくなる。

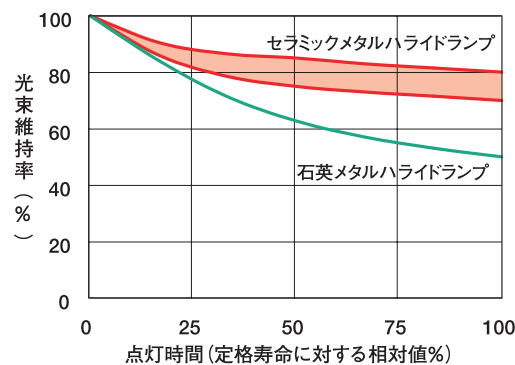


図3 光束維持率の例  
Fig. 3 Lumen maintenance factor

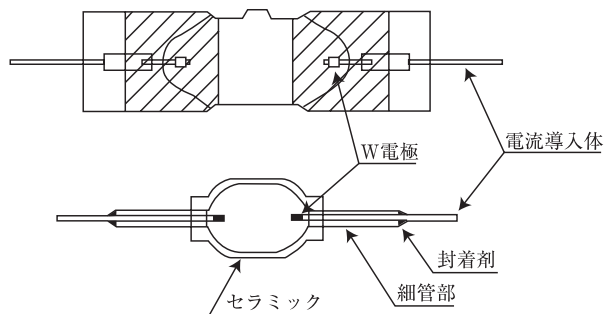
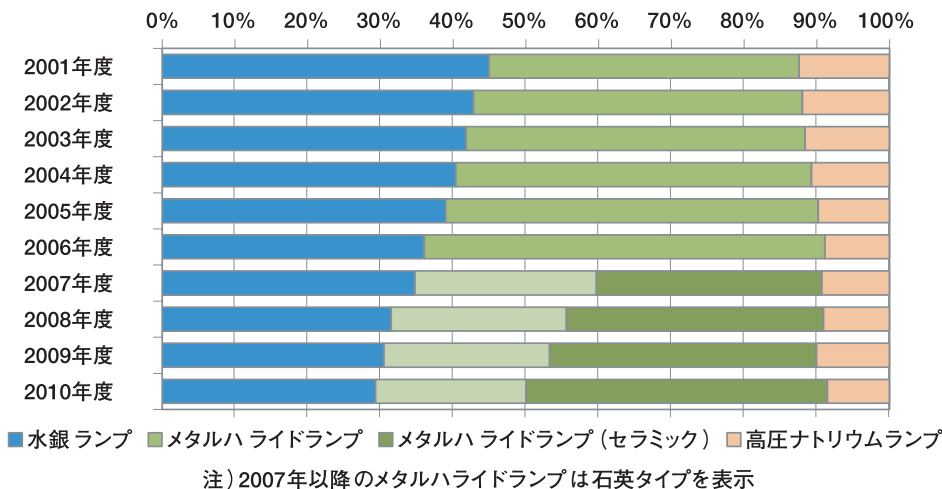


図4 セラミック発光管の例  
Fig. 4 Example of a ceramic arc tube

セラミックメタルハライドランプの主な特長は、は次の4点である。

- (a) ランプ効率が高い。
- (b) 演色性に優れている。
- (c) 高光出力(高ワット商品が可能)である。
- (d) 安定した光出力(光色、光束維持率)である。



注) 2007年以降のメタルハライドランプは石英タイプを表示

図2 HIDランプの出荷構成の推移

Fig. 2 Transition of the ratio of each lamp in total HID lamp's shipping

図5は、ランプ効率と平均演色評価数との関係を示したものである。これに示すように、効率面では、一般照明用白色光源で最高の効率を有するのは高圧ナトリウムランプであるが演色性に劣る。セラミックメタルハライドランプは、蛍光水銀ランプの2倍以上であり、白色LEDランプよりも高効率である。また、演色性においてもRa90以上の高演色タイプは、白熱電球やハロゲン電球の省エネルギー代替光源として店舗などで普及している。

このようにセラミックメタルハライドランプは、効率と演色性の両立を可能にした光源であり、商業施設・スポーツ施設・産業施設などの屋内施設及び道路・公園・広場・野球場・サッカー場などの屋外施設に幅広く使用することができ、演色性などの照明の質を損なうことなく省エネルギーを図ることを可能にした。

図6は、ランプ電力(ワット)とランプ光束の関係を示したものである。HIDランプ群は、白色LEDランプ群と比較して、光出力が桁違いに大きく、白色LEDランプのように自己発熱による光束の減少問題が無視できる。このため、照明器具を小さくすることができ、少ない灯数で広範囲を照明するような分野での活躍が期待できる。

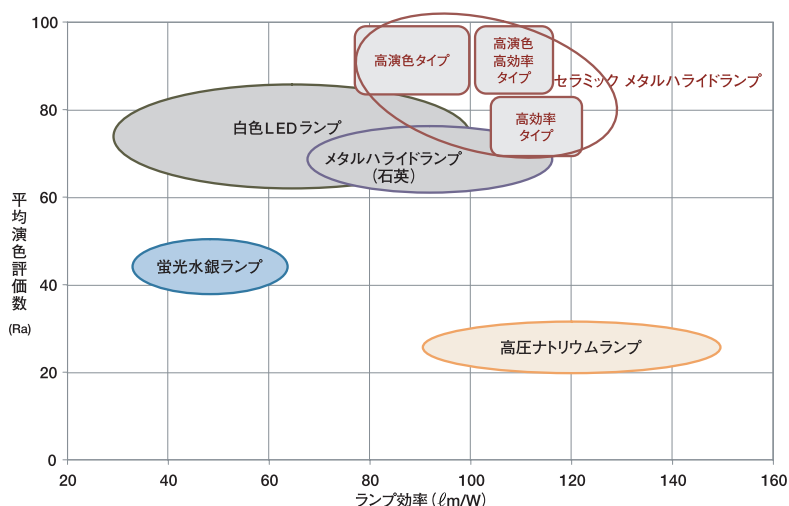


図5 ランプ効率と演色性  
Fig. 5 Lamp efficiency and color rendering properties

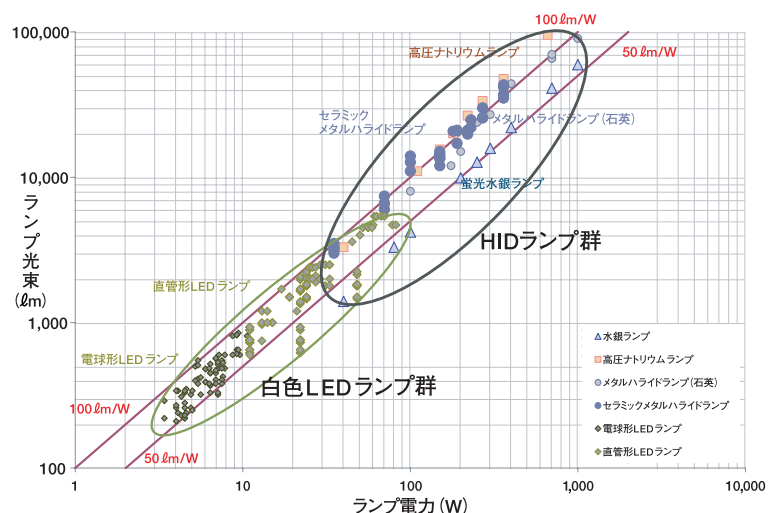


図6 ランプ電力とランプ光束  
Fig. 6 Lamp wattage and lamp luminous flux

表1 セラミックメタルハライドランプの製品構成  
Table 1. Product range of the ceramic metal halide lamps

形状	姿図	安定器	ワット範囲	光原色の範囲	高演色 (Ra80以上)	高効率 (100lm/W以上)	調光
T形		水銀灯用	110W~360W	電球色~白色 3,000K~4,200K	○	○	専用安定器で可
		専用	20W~400W	電球色~昼白色 2,800K~5,500K	○	○	○
B形 BT形		水銀灯用	110W~680W	電球色~白色 3,000K~4,200K	○	○	専用安定器で可
		専用	34W~400W	電球色~白色 3,000K~4,200K	○	○	○
R形 PAR形		水銀灯用	190W~360W	電球色~白色 3,000K~4,200K	○	○	不可
		専用	20W~150W	電球色~白色 3,000K~4,200K	○	○	不可

備考:○印は該当する商品が存在することを表している。

### 3. 製品構成

セラミックメタルハライドランプは、演色性、効率のほか、光源色、ランプ形状、ランプ電力(ワット)が豊富であり、表1に示すように適合する安定器の種類などによっても様々な種類がある。

水銀ランプなどからの代替は、全光束が同程度の商品を選択するとよい。

### 4. 照明制御の可能性

メタルハライドランプは、一般的に発光管内に封入している金属ハロゲン化物の蒸気圧を高く保つ必要がある。このために、調光によって蒸気圧を下げるのが基本的に困難であった(一部に調光可能タイプ有)。しかし、セラミックメタルハライドランプは発光管の動作温度が石英発光管に比較して高いため、この問題を回避して調光可能な製品が開発されている。調光用安定器と組み合わせることによって、次のような応用が可能になる。

- (a) 道路・公園・街路灯などでは、交通量や人通りの少なくなる深夜にタイマーや外部信号などにより調光が行える。
- (b) 屋内施設では、照度(昼光)センサーと組み合わせることによって昼光利用による省エネルギーが可能になる。
- (c) 照明では、光源の光束維持率(図3)分だけ照度が低下することを見込んで高い照度を計画する。この部分の電力を調光により節約することができる(図7)。

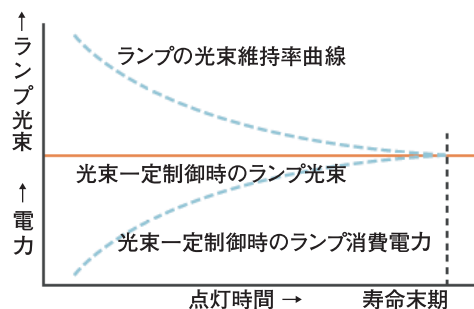


図7 光束一定制御による省エネルギー  
Fig. 7 Energy saving by constant luminous flux control

### 5. 期待される用途

セラミックメタルハライドランプは、高効率・高光出力(高ワット商品が可能)、高演色であり、少ない灯数で広範囲を照明するような大空間などでの活躍が期待できる。

図8は、32m×20m(取付高さ8m)の大空間を例に、水銀ランプからランプと安定器を交換した場合の経済性を比較したものである。

蛍光水銀ランプ400W40台で平均照度535lx(維持)を190Wのセラミックメタルハライドランプに交換することによって、ほぼ同レベルの平均照度534lx(維持)を得ながら、消費電力を約50%削減、演色性をRa40からRa75に改善することができる。

年間の点灯時間を3,000時間と仮定すれば、ランニングコスト(電気料金・ランプ交換費)が約44%削減可能で、3年以内に設備改修費(H23年推定価格)を償却できることになる。

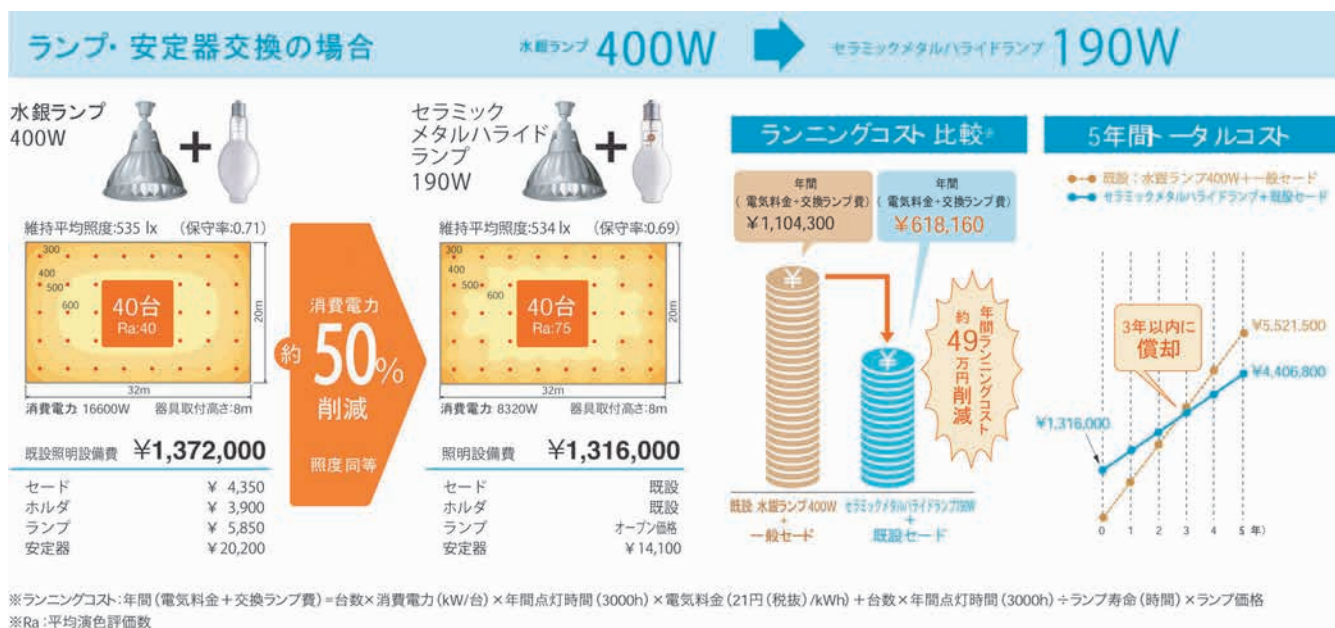


図8 水銀ランプからの代替の経済性

Fig. 8 Economic potential of the replacement of mercury lamps by ceramic metal halide lamps

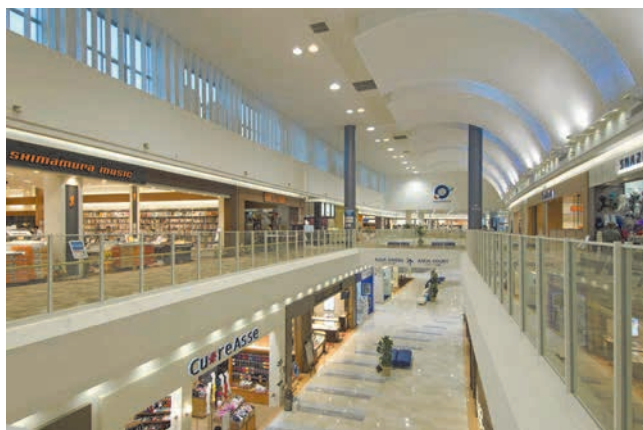


図9 モール棟の照明例  
Fig. 9 Example of a mall's lighting



図11 体育館照明の例  
Fig. 11 Example of a gymnasium lighting



図10 店舗照明の例  
Fig. 10 Example of a store lighting



図12 工場照明の例  
Fig. 12 Example of a factory lighting

照明効果や省エネルギー性は、使用する施設によって異なるので、以下に商業施設、スポーツ施設、工場・産業施設、公園・街路・広場及び道路などの照明例を紹介する。

### (1) 商業施設

図9の例では、自然光が差し込む開放的な吹き抜け空間に、高効率・高演色のセラミックメタルハライドランプ150W (4,300K、96lm/W、Ra95)を使用したダウンライトと間接照明を効果的に配置し、視覚的变化と楽しさを演出している。

図10の例では、ベース照明を高効率・高演色のセラミックメタルハライドランプ150W (3,500K、96lm/W、Ra92)のスポットライトで行い、ロフト感を効果的に演出し、さらにセラミックメタルハライドランプ70W (3,500K、96lm/W、Ra90)のスポットライトで車体のきらめきを魅力的に演出している。

### (2) 屋内スポーツ施設

図11の例は、114lm/Wの高効率セラミックメタルハライドランプ250W (4,100K、Ra85)を搭載した広角配光ガード付投光器 (50~100%調光) 51台を天井キャットウォーク横に設置し、ランプ交換を容易にしている。また、アリーナ横ランニングコースに照度センサー (ガード付) を配置し、500lxを維持しつつ昼光利用と初期照度補正制御により省エネルギーを図っている。

### (3) 工場・産業施設

図12の例は、既設の蛍光水銀ランプ1,000W (壁面高さ18m) をセラミックメタルハライドランプ360W (壁面高さ10m) に替えることにより、同レベルの照度を維持しながら消費電力を大幅に削減するとともに、雰囲気 (光色) を変化させることなく、演色性をRa40からRa85に大幅に改善している。

図13の例は、水銀ランプからセラミックメタルハライドランプ (360W、270W、230W、4,100K) に交



図 13 高天井施設の照明例

Fig. 13 Example of high ceiling facilities' lighting

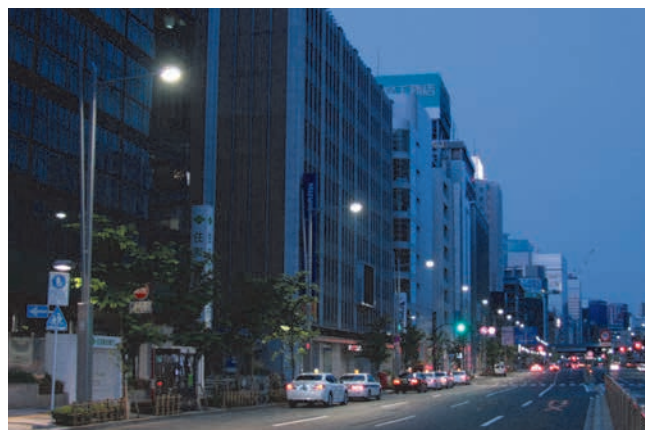


図 15 道路照明の例

Fig. 15 Example of a street lighting



図 14 駅前広場の照明例

Fig. 14 Example of a station square's lighting

換することによって、照度をこれまでの300lxから450lxへとアップするとともに、演色性をRa40からRa85に改善し、年間消費電力をこれまでの約3/4に削減している。リニューアル後は、「明るく、見やすくなった」と現場の評判も良い。

#### (4) 公園・街路・広場の照明例

図14左の例は、蛍光水銀ランプ250Wを使用していた既設照明設備をセラミックメタルハイドランプ150W(4,100K、Ra70、調光可能)に交換することによって、同レベルの照度及び雰囲気(光色)を維持しながら、1灯当たり約100Wの省エネルギーを図ると同時に演色性をRa40からRa70に改善している。

同様に右は、水銀ランプ400Wを230Wセラミックメタルハイドランプ(4,100K、Ra80、調光可能)に交換することによって、同レベルの照度及び雰囲気(光色)を維持しながら、省エネルギー化と高演色化とを実現している。

図15の例は、セラミックメタルハイドランプ

を広場空間全体に採用し、高効率と高演色形とを使い分けている。車のための車道照明は高効率形(3,500K、220W、120lm/W、Ra75)、人に近い照明(車道、バスシェルダー)は高演色形(3,200K、70W、83lm/W、Ra90)とし、いずれも暖色系の温かみのある色温度により、憩いの空間を創造している。

#### (5) 道路照明例

図16の例は、車道照明用に120lm/Wの高効率セラミックメタルハイドランプ270Wの白色系(3,500K、Ra75)の光を採用することによって、視認性に優れた安全・快適な道路空間を創出している。また、経済性も従来の水銀灯ランプ(400W、55lm/W)と比較して大幅に削減するとともに都市道路にふさわしい演色性を確保している。

#### おわりに

優れた光源を形容するときには“太陽光のような”などの言葉が用いられる。これには、“波長毎の光出力(分光分布)が近似、演色性に優れている、輝が高い”などの意味が含まれている。太陽光は、380~780nmの可視域に連続した放射をもっており、演色評価数が100、効率が96.8lm/Wである。

セラミックメタルハイドランプは、ここに示したように、一般照明用光源として限りなく太陽光に近づきつつある光源である。また、ここ数年、効率や寿命の改善、調光対応など更なる進化をし続けている。

今後も照明の高演色と省エネルギーに向けた様々なニーズに応えていくことを期待したい。