

# ナトリウムランプ

(1963年～現在)

Key-words：透光性、セラミック、ランプ、アルミナ、高輝度放電灯

**注1** 高圧放電ランプの1種、発光物質として各種の発光スペクトルを持つ金属ハロゲン化物を組合せて使用することでRGBバランスのよい(演色性の高い)光を出すことができる。

**注2** 光の量(光束)を消費電力で割ったもの。1m(ルーメン：光束の単位)/Wの単位で表される。

**注3** 物体の色の見え方に関する性質を表す用語。演色性の高い光源で照らされると、色の見え方が太陽光の場合に近くなる。

ナトリウムランプはナトリウム蒸気中の放電を利用したランプである。1960年代に高温のナトリウム蒸気に耐える透光性アルミナセラミックの実用化に伴い、高圧ナトリウムランプが実現し、道路、公園等の屋外照明として広く普及している。発光管に使われている透光性アルミナセラミックは高純度アルミナ原料を管状に成形し、還元雰囲気中で焼成することで90%を超える全光線透過率を持つ。高い寸法精度や、耐熱性、耐アルカリ性といった特徴を生かし、透光性アルミナはメタルハライドランプ<sup>注1)</sup>や半導体装置用部品といった新たな用途への適用も広がっている。

## 1. 製品適用分野

高圧ナトリウムランプ、セラミックメタルハライドランプ

## 2. 適用分野の背景

ナトリウムランプはナトリウム蒸気中の放電を利用したランプである。点灯時の発光管内のナトリウム蒸気の圧力に応じて低圧型、高圧型に分類される。低圧ナトリウムランプはランプ効率<sup>注2)</sup>に優れる(図1)ため、トンネル照明などに使用されているが、黄橙色の単色光しか得られず色の識別ができない。ナトリウム蒸気圧を高めることで演色性<sup>注3)</sup>を改善することが可能であるが、低圧ナトリウムランプの発光管に使われる耐ナトリウム特殊ガラスは、高温高圧のナトリウム蒸気に耐えない。高圧ナトリウムランプは1960年代に透光性アルミナセラミックが製造可能となったことにより実現した。ランプ構造は外管と発光管の2

重構造となっており、透光性セラミックが使われるのは内部の発光管である。発光管の両端にはニオブウム製の電極がフリットガラスで封着され、内部には発光物質であるナトリウム、水銀、始動用ガスが封入されている。(図2)白熱灯や蛍光灯に比べ、高効率、高輝度といった特徴があり、主として道路、街路、広場、などの屋外照明、工場などの高天井照明、スポーツ施設照明、植物育成用光源として広く普及している。(図3)

## 3. 製品の特徴と仕様

最も重要な仕様である発光管の透光性は以下の特徴により得られる。

- ①不純物が少なくアルミナ純度が高いこと
- ②残留気孔が少なく緻密であること

不純物、気孔は光の吸収/散乱の原因となるため極力排除されなければならない(図4)。この特徴により

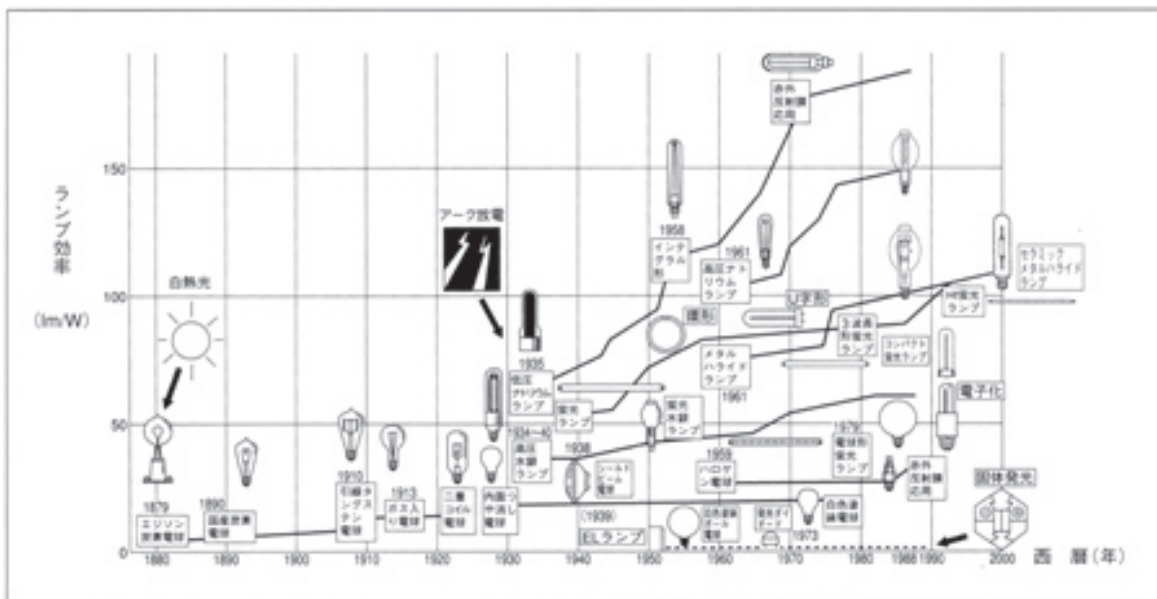


図1 ランプの効率の進歩

主な光源のランプ効率の進歩を年代別に並べたもの。ナトリウムランプの効率は他の光源に比べ高い。

透光性をもつが外観は透明ではなく乳白色である。これは、アルミナの持つ結晶構造に起因する光学的異方性による粒界散乱や、排除しきれない微細気孔の影響とされている。粒径が大きくなると、透明性(直線透過率)は増すが、同時に強度低下を招き、ランプ製作時、あるいは、点灯時の破損に繋がる恐れがある。一般照明用ランプとして使用するためには透明性は必ずしも必要ではなく、透過する全ての光の量(全光線透過率)が重要である。また、ランプ点灯時には発光管温度は1000℃を超えるため耐熱性や強度、高温のナトリウム蒸気に対する耐食性が要求される。(表1)実用上は少量の焼結助剤(金属酸化物)の添加と、焼成温度のコントロールにより粒径や粒界相は適正な値に保たれている。

#### 4. 製法

前述の通り、不純物は透光性低下の原因となるため、高純度アルミナ(99.99%)が原料として使用される。管形状の成形には、押し出し、鑄込み、ラバープレスといった方法が用いられるが、このうち、ラバープレスによる製法を以下に示す。原料調整工程では原料粉末に水、少量の焼結助剤を加え、ボールミルで解砕した後、有機バインダーを加え、スプレッドライヤーで顆粒状とする。成形工程では顆粒をラバープレス法で押し固め、管状に成形する。この後、製品の要求形状によっては管の端部に別に成形したリング状部品の組立を行う。焼成工程では大気中、1000～1500℃で仮焼し、バインダー等の有機成分を分解除去した後、水素雰囲気のもと1700～1900℃で焼成し、気孔のない緻密な焼結体を得るとともにリング状部品と本体を焼成接合する。

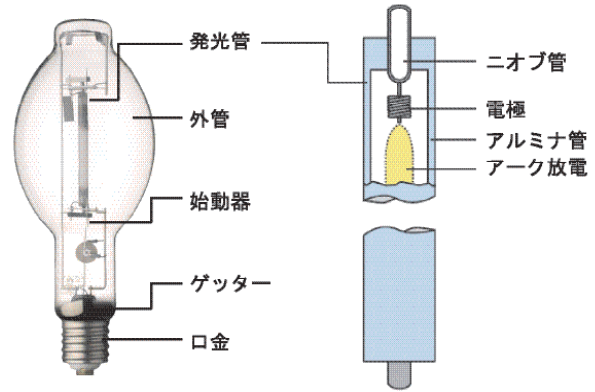


図2 高圧ナトリウム灯の外観および発光管の構造

一般型高圧ナトリウムランプの外観。外管と発光管の2重構造となっており内部の発光管に透光性アルミナが使用される。発光管の両端にはニオブ製の電極がフリットガラスで封着されている。内部にはナトリウムアマルガム、始動ガスが封入されている。



図3 高圧ナトリウムランプを使用した施設例

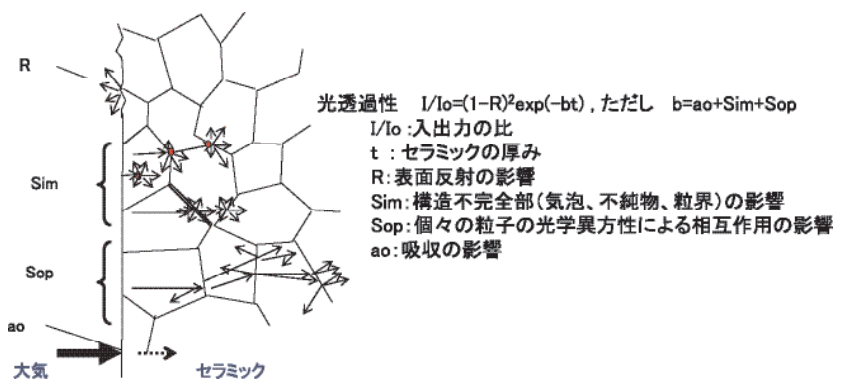


図4 透光性セラミックの光透過モデル

不純物、気孔は散乱・吸収の原因となるので極力排除する必要がある。

## 5. 将来展望

高圧ナトリウムランプと同じ高圧放電ランプの1種であるメタルハライドランプは、従来、石英ガラス製であったが、1990年代にセラミック製メタルハライドランプが実用化された。セラミックの持つ高い寸法精度、耐熱性、耐腐食性といった特徴を活かし、年々ランプ性能の向上が図られている。セラミックメタルハライドランプには高輝度、高効率といった特徴に加え高演色、高い色安定性といった特徴もあるため、ショーウィンドウのスポットライト、ショッピングモールのベース照明といった高品質・高効率が求められる用途に用いられるようになってきた。このことにより、従来、高圧ナトリウムランプ用として屋外照明が主役であった透光性セラミックスの活躍の場が、メ

タルハライドランプ用として屋内照明の分野にも急速に広がりつつあり、今後もこの傾向はしばらく続くものと考えられる。

## 文献

照明学会 普及部編、『照明の基礎知識 中級編(改訂版)』(シリーズ<新・照明教室>)、p16, pp30-32 (2005).

照明学会 普及部編、『光源(改訂版)』(シリーズ<新・照明教室>)、pp2-4, pp56-66 (2004).

山口、柳田編：セラミックサイエンスシリーズ3「オプトセラミックス」、技報堂出版、p40, pp48-50, pp76-77 (1984).

[連絡先] 日本ガイシ(株)  
<http://www.ngk.co.jp/>

表1 透光性アルミナの一般的特性

特性	単位	性質
呈色		透光性のある乳白色
構造		多結晶 $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$
純度	%	99.9
粒子径	$\mu\text{m}$	35
全光線透過率	%	96 <sup>*1</sup>
比重		3.99
吸水率	%	0.0
4点曲げ強度	MPa	300 <sup>*2</sup>
破壊靱性 $K_{Ic}$ (SEPB法)	MPam <sup>1/2</sup>	4.2
ヤング率	GPa	410
ポアソン比		0.24
ピッカース硬度	Hv	1850
熱膨張係数(40~800℃)	/K	$8.1 \times 10^{-6}$
熱伝導率	W/mK	33
比熱	J/kgK	790
体積抵抗率	$\Omega\text{cm}$	$1 \times 10^{16}$
耐電圧	kV/mm	20
誘電率		10

\*1 内径8mm、肉厚0.75mm、全長105mmにおける値

\*2 JIS R1601