

# 第1章 原理と特性

## 1-1 ハロゲン電球とは

ハロゲン電球は白熱電球の一種で、フィラメントに電流を流しその電気抵抗によりフィラメントを高温にし、温度放射の原理によって光を発する光源です。

ハロゲン電球と一般の白熱電球の大きな違いは、ガラス球に石英ガラス(一部硬質ガラスのものもある)を採用している点と、封入ガスにハロゲンガスを封入している点です。

高温に耐える石英ガラスにより形状をコンパクトにすることができ、ハロゲンサイクル(図1-3)により優れた寿命特性と光束維持率特性を発揮することができます。

## 1-2 ハロゲン電球の特長

### 小さな形状

たとえば、同じ100W相当の一般照明用白熱電球とハロゲン電球を比較すると、容積比は約1/30と非常にコンパクト。従って照明器具も小形にできます。また、ハロゲン電球は点光源に近いので、配光制御が容易であり、きらめき感のある魅力的な照明を演出できます。(図1-1)

### 長寿命と優れた光束維持率

電球の寿命を左右するのはフィラメントからのタングステンの蒸発です。通常白熱電球では、不活性ガスをガラス球内に封入してタングステンの蒸発を抑制しています。一方、ハロゲン電球は不活性ガスの他にハロゲンガスを封入し、そのハロゲンサイクルの効果によって白熱電球よりも長寿命を可能にしました。しかも、蒸発したタングステンが

ガラス球の管壁に付着しないため、ガラス球の黒化による光束維持率の低下もなくなり、最後までほぼ一定の明るさを保ちます。(図1-2)

### 温度放射とは

物体を高温に熱するとエネルギーが放射される現象。数百度になると人間の目に明るさとして感じられる可視光が放射されるようになり、さらに二千数百度に白熱させると、電球のような温かみのある光を発します。

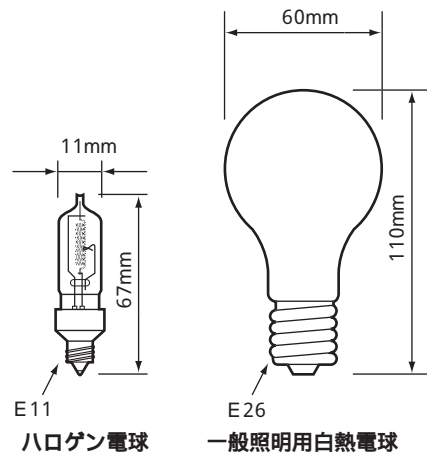


図1-1 ハロゲン電球と一般照明用白熱電球の寸法比較例

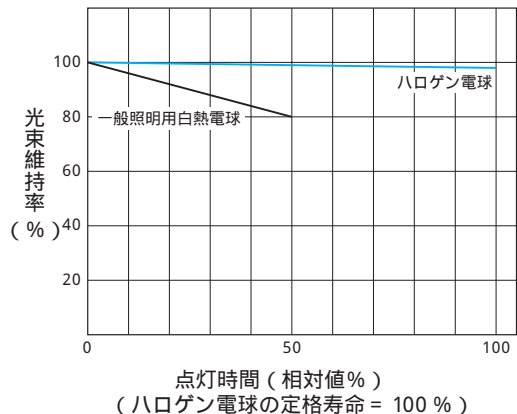


図1-2 光束維持率の例

## 高い発光効率

ハロゲン電球はハロゲンサイクルの効果により、白熱電球よりも発光効率は高くなっています。更にガラス球の表面に赤外反射膜をコーティングした種類のハロゲン電球では、フィラメントから出た赤外放射(熱線)を再度フィラメントに帰還させることにより、白熱電球よりも10～40%も発光効率を高めることができます。

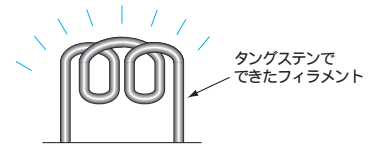
## 高い演色性

白熱電球と同様、ハロゲン電球は温度放射による発光を利用したランプで、自然光に似た分光分布を示し、演色性に優れています。

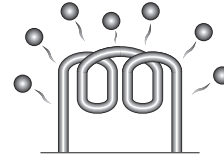
### 1-3 ハロゲンサイクルとは

フィラメントに電流が流れ高温になると、フィラメントからタングステン原子が蒸発し、封入されているハロゲンガスのハロゲン原子と結合し、ハロゲン化タングステンなどを形成します。この分子はガラス球内に付着することなく対流や拡散などによって移動し、高温のフィラメント付近でハロゲン原子とタングステン原子に分離します。タングステン原子は再びフィラメントに戻り、戻ったハロゲン分子は同様の反応を繰り返します。この一連の反応が「ハロゲンサイクル」で、これによりガラス球の管壁の黒化を抑制します。(図1-3)

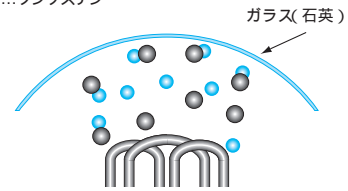
しかしフィラメントの温度は均一ではなく、分離したタングステンが蒸発の激しいフィラメントの高温部分より温度の低い部分に戻りやすいため、温度の高い部分のフィラメントはやせ細り、ついには断線することになります。



フィラメントに電流が流れると、タングステンが白熱し、光を放射。

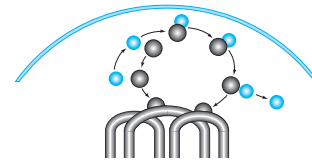


●...タングステン



●...ハロゲン

●...ハロゲン化タングステン



ガラス球内を浮遊するハロゲン化タングステンは、フィラメント付近でハロゲン原子とタングステン原子に分離。タングステン原子は再びフィラメントに戻り、遊離したハロゲン原子は以前の反応を繰り返す。

図1-3 ハロゲンサイクル

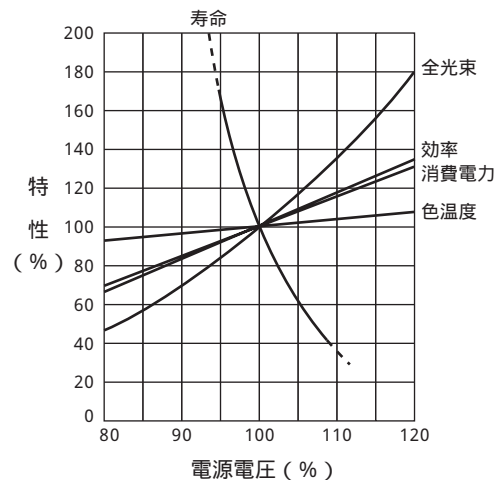


図1-4 電源電圧変動特性の例

## 1 - 4 ハロゲン電球の特性

### 電源電圧

白熱電球・ハロゲン電球など、フィラメントを高温にして発光させるランプでは、電源電圧によって電気特性、光学特性および寿命が大きく変化します。

電源電圧が定格電圧より高くなると消費電力が増加し明るくなり、低くなると消費電力が低下し明るさも低下します。

電源電圧が高くなるとフィラメントに流れる電流が増え、フィラメントの温度が上昇し、タングステンの蒸発量も増加し寿命が短くなる傾向があります。

一方、電源電圧が下がるとフィラメントに流れる電流が少なくなり、タングステンの蒸発量が減少し、フィラメントの寿命が長くなる傾向があります。(図 1-4)

### 調光

調光とは電球の光量を調節することで、一般には電圧を下げることで調光します。

ハロゲンサイクルを円滑に行わせるためには、ガラス球の管壁温度が250 以上になっていることが必要ですが、調光により点灯電圧を下げると250 以下になることがあります。この場合、ハロゲンサイクルが円滑に行われず黒化を防ぐ作用が低下するものの、同時にフィラメントの温度も下がりタングステンの蒸発も減少するため、黒化は発生しにくくなります。しかし、温度が下がっているとはいえフィラメントの一部がハロゲン族元素の浸食を受けます。このため、点灯電圧を下げることで白熱電球と同じ程度の調光をすることは実用的に可能ですが、電圧を下げすぎると寿命が短くなってしまう場合もあります。

### 残存率

多数の電球のそれぞれの寿命の平均値を「平均寿命」といい、ランプメーカーが公表している「平均寿命」が「定格寿命」です。つまり、定格寿命に達したときに、全ての電球が寿命となるわけではありません。また、全ての電球が定格寿命を全うするわけでもありません。使用電圧や点滅頻度および製造条件などにより変動があります。この様子を表したものが残存率曲線であり、試験電球総数に対する残存している電球数の割合を、点灯時間毎に示したものです。ここで、定格寿命は残存率50%の時点となります。(図 1-5)

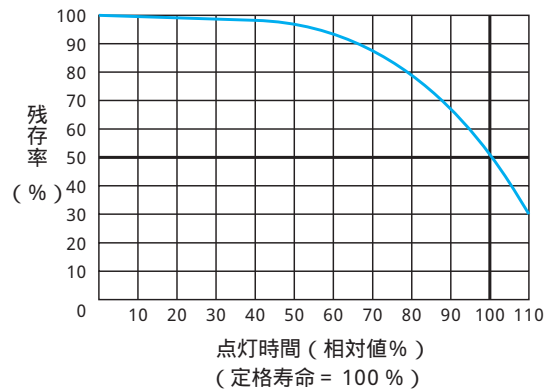


図 1-5 残存率曲線の例

## 色温度と分光分布

一般に入力される電力の75～95%が光と熱として放射されます。そのうち6～12%は可視光として放射され、残りは赤外放射(熱線)となります。

ハロゲン電球の色温度と分光分布の関係は図1-6のようになります。色温度が高くなると短波長側にピークが移り、可視光出力が大きくなります。

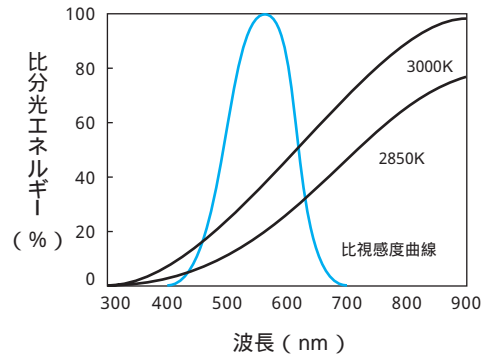


図1-6 ハロゲン電球の電力を一定にした場合の分光分布

## 1-5 ハロゲン電球の構造

### 各部の名称

代表的なハロゲン電球の各部の名称を図1-7に示します。

### 使用材料

#### 1. ガラス球

ガラス球は、ハロゲンサイクルに必要な高い温度に耐えるため、一般に石英ガラスが使用されています。石英ガラスは他のガラスと比較し、軟化点が高く、熱衝撃に強いという特長があります。

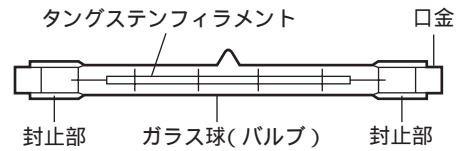
しかし、石英ガラスにナトリウム(汗、汚れなど)が付着するとガラスと反応して白濁(失透現象)が生じ、強度が低下するので、取扱いに注意が必要です。

最近では、紫外放射(UV)吸収機能をもつ石英ガラスを使用したハロゲン電球も作られています。

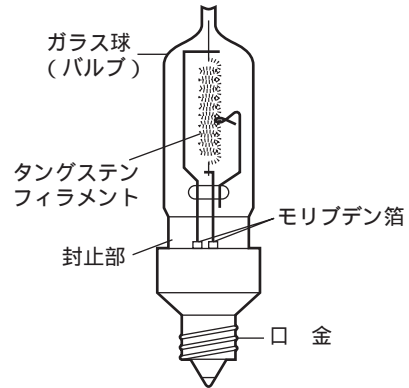
#### 2. フィラメント

ハロゲン電球のフィラメントには、線の加工性と高温での蒸発率が低いことからタングステン線が用いられています。

### 両口金形



### 片口金形反射鏡無し



### 片口金形反射鏡付き

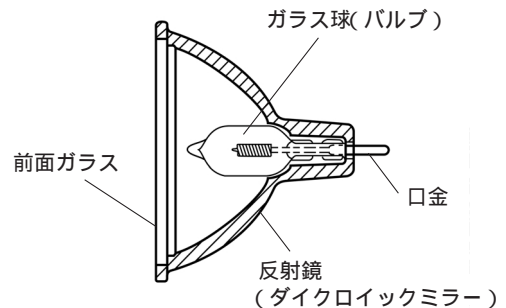


図1-7 ハロゲン電球の構造

### 3 .封止部(モリブデン箔)

モリブデンは、封止部でハロゲン電球の内と外を電氣的に接続する箔として使用されています。このモリブデン箔によって、石英ガラスでできた封止部の気密性が保たれます。

### 4 .封入ガス

ハロゲン電球は、窒素( $N_2$ )、アルゴン( $Ar$ )及びクリプトン( $Kr$ )などの不活性ガスと微量のハロゲンガスをガラス球内に封入しています。現在、一般に使用されているハロゲンガスは、沃素( $I_2$ )系、臭素( $Br_2$ )系および塩素( $Cl_2$ )系の化合物です。

### 5 .口金

ハロゲン電球の口金は、高温で使用されるため、通常、セラミック(ステアタイトなど)あるいは耐熱性金属が使用されます。

### 6 .赤外反射膜

発光効率を高めるため、ハロゲン電球のガラス球表面に赤外反射膜をつけたものが一般的となっています。フィラメントから放射される赤外放射(熱線)を、この膜によって反射し、再びフィラメントに戻します。これによってフィラメント温度が上昇し、明るくなります。つまり、同じ明るさをより少ない電力でだすことができるため省エネ効果が高く、経済的です。(図1-8-A)

また、一部の製品においては、更に発光管を楕円形状にすることによりフィラメントから放射された赤外放射をより効率よくフィラメントに戻し、更に発光効率を高めた製品もできています。(図1-8-B)

### 7 .反射鏡(ダイクロイックミラー)

一般に反射鏡には、硬質ガラス製ミラー内面に可視光反射赤外透過膜がコーティング

されたダイクロイックミラーが用いられています。その働きにより、反射鏡の前方に可視光が反射され、赤外放射(熱線)は後方に透過されるために、ランプ前方に放射される熱線を80%以上カットすることができます。(図1-9)

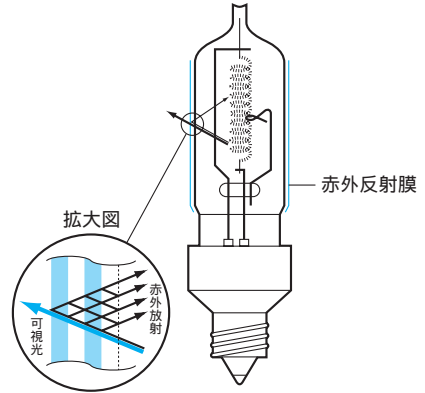


図1-8-A 赤外反射膜の働き



図1-8-B 楕円形状発光管

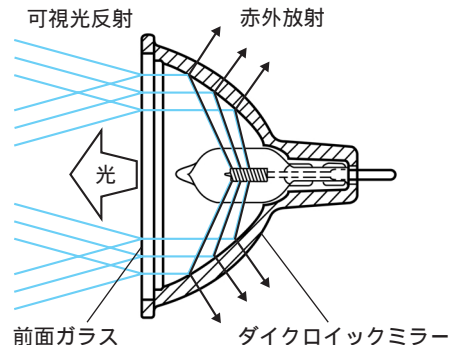


図1-9 ダイクロイックミラーの働き

## 1 - 6 他の光源との比較

ハロゲン電球以外の光源と比べると、

### コンパクト性

ハロゲン電球は、白熱電球や電球形蛍光ランプと比べて小さいので、光源が目立たない小形の照明器具ができます。

### キラメキのある光

ハロゲン電球は、白熱電球や電球形蛍光ランプと比べて点光源に近く、配光制御が容易で、スポットライトやダウンライト照明で、物をよりきらびやかにより鮮やかに演出することができます。

### 明るさの維持

ハロゲン電球は白熱電球や電球形蛍光ランプと比べて、ハロゲンサイクルの効果により、寿命末期まで一定の明るさを維持します。このため照度を維持しやすいという利点があります。

### 調光可能

ハロゲン電球は、蛍光ランプと比べ瞬時に十分な明るさを得ることができ、また容易に調光ができますので、照明する空間に合わせた照明の演出ができます。

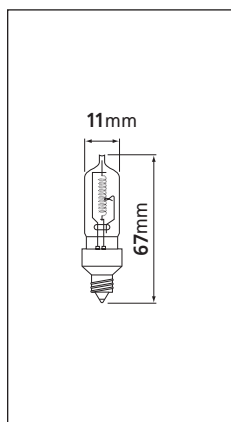
\* 過度の調光については寿命に影響がでる場合があります。

## ハロゲン電球の4大利点

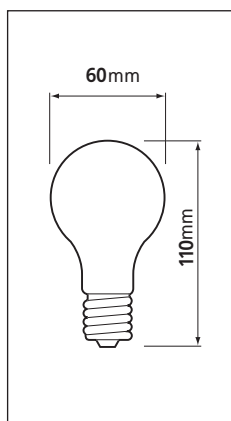
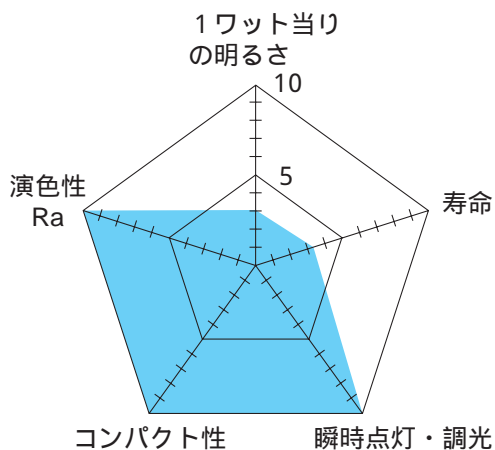
性能項目	光源		
	ハロゲン電球	白熱電球	電球形蛍光ランプ
コンパクト性			
キラメキのある光			
明るさの維持			
調光可能			

○ : 優れている。 △ : やや優れている。 □ : あまり優れていない。

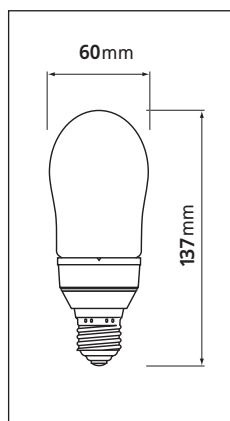
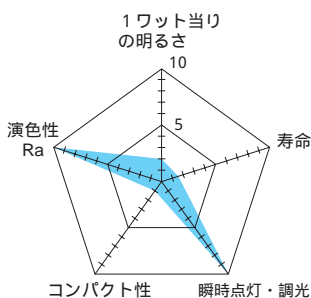
## レーダーチャートによる比較例



(a) ハロゲン電球



(b) 白熱電球



(c) 電球形蛍光ランプ

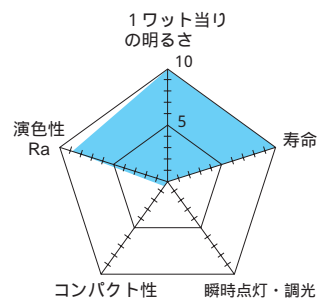


図 1-10 特性・形状の比較

光源の種類	種類の例	点灯電圧 (V)	消費電力 (W)	光束 (lm)	効率 (lm/W)	演色性 (Ra)	定格寿命 (h)
ハロゲン電球	JD100V85WNP	100	85	1600	18.8	100	2000
白熱電球	LW100V90W	100	90	1520	16.9	100	1000
電球形蛍光ランプ	EFA25EL / 22	100	22	1520	69.1	84	6000

図 1-11 比較例の光源の特性