

## 【1】ハロゲンランプの概要

### 一般白熱電球の欠点について

タングステンフィラメントを高温にして発光させる白熱電球は、高温の為に必ずフィラメントの蒸発が起こり、この蒸発したフィラメントのタングstenはバルブ（ガラス封体 普通、球形に近い形をしたガラス容器）の内面に付着し、ガラスが黒ずんでくるという、黒化現象を起こします。黒化を起こすと光の透過が妨げられ、発光効率が低下し電球としての機能が大幅に低下します。

この黒化現象はガラス封体が小さくするほど濃くなり、またフィラメントの温度が高いほど激しくなります。

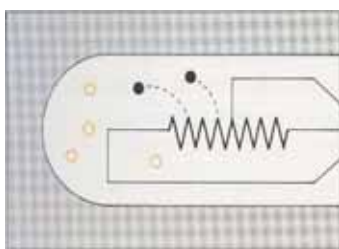
この黒化現象の為に白熱電球はそのフィラメントが極めて小さいにもかかわらず小型化できず、さらにフィラメント温度も高いものは困難でした。（フィラメント温度を高く設計するほど効率が高くなり良質の白色光が得られます。）

### ハロゲンランプとは

ハロゲンランプは上記の黒化現象を克服する為に考案された改良型白熱電球です。

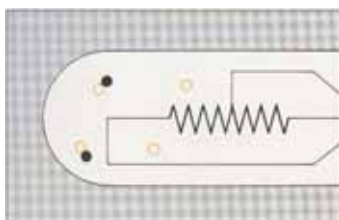
電球のバルブ内に不活性ガスとともに微量（1%以下）のハロゲン元素（塩素・臭素等）を封入し、温度条件、材料条件等を適性にするとランプ内で蒸発したタングstenを元のフィラメントにもどすという化学的循環（ハロゲンサイクル）が起こり、黒化現象を完全になくすることが可能になりました。

この化学的循環（ハロゲンサイクル）過程とは下記のようなものです。

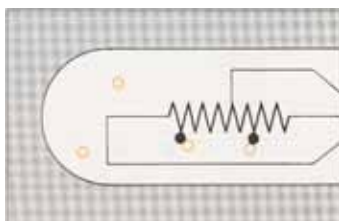


1) フィラメントから蒸発したタングsten原子は不活性ガス中を浮遊しながら比較的低温部に移動します。

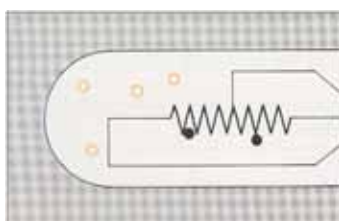
- ・・・タングsten原子
- ・・・ハロゲン原子
- ・・・ハロゲン化タングsten



2) ここでハロゲン原子とタングsten原子が化合し、ハロゲン化タングstenが形成されます。これはかなり蒸発しやすい物質であり、バルブ内が250℃以上であれば沈殿することなくガス状態を保ち、バルブ内を浮遊し続けます。



3) このガス状ハロゲン化タングstenがフィラメントに近づくと1500～2000℃まで上昇し、高温の為にハロゲン原子とタングsten原子に分離します。ここで分離したタングsten原子は再びフィラメントに付着します。



4) 一方、分離したハロゲン原子は再び蒸発してきたタングsten原子と化合し、循環使用されます。

このようにして黒化を克服したハロゲンランプはそのサイズを一般白熱電球に比べ1/100以下にす

ることに成功し、さらに小型化したことで強度を格段に高めた石英ガラス製のバルブにより不活性ガスの高圧封入を可能にし、これにより寿命、効率などランプ性能の大幅改善を可能にしました。また小型のバルブは特性改善らに大きな効果のある高価な希棒ガス（クリプトンやキセノン）の使用を経済的に可能にし、これによる特性改善効果も無視できないものがあります。

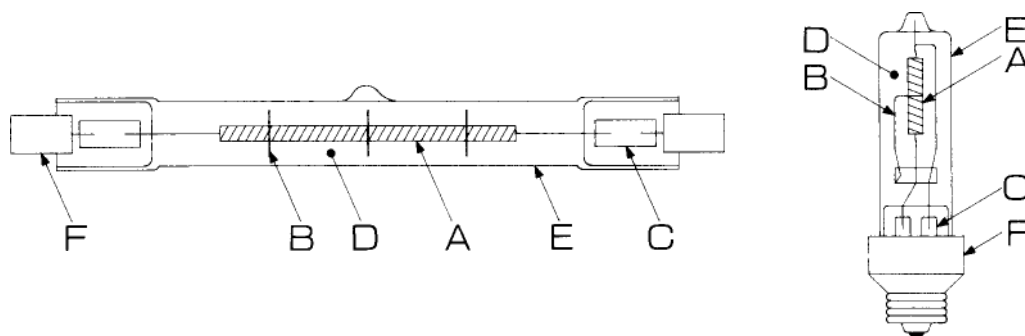
## 【2】ハロゲンランプの基本構成と特徴

### 1. ハロゲンランプの構成

標準的なハロゲンランプは下記の6種類の部品により構成されます。

[表 - 1]ハロゲンランプの主要構成部品と、その材質、役割

部品名称	材質と役割
A. フィラメントコイル	(構成) 材質は例外なくタングステン。コイル状、又は2重コイル状となっている。 (機能) 高温となり、光、赤外線を放出する。
B. アンカー	(構成) 材質はタングステン又はモリブデン。 (機能) フィラメントを支持、補強する。
C. モリブデン箔	(構成) 厚さ30 μm以下のモリブデン (Mo)。 (機能) 機密を保ちながら内部のフィラメントに電流を供給する。
D. 封入ガス	(構成) 不活性ガス (Kr, Ar など) と1%以下のハロゲン化合物。 (機能) フィラメントの蒸発を抑制し黒化を防ぐ。
E. 封体	(構成) 材質はほとんどの場合、石英ガラス。 (機能) 光は通過させるが、封入ガスは逃げないように完全な密閉とする。
F. 口金	(構成) セラミックなどの電気絶縁材料と電気接点材料など。 (機能) ランプの保持や電気を受電。



### 2. ハロゲンランプの特徴

#### 発光原理

ハロゲン電球の発光原理そのものは一般白熱電球と同じであり、フィラメントを通電加熱することにより2500 ~ 3000 の高温とし、この高温による温度放射により発生する光を利用します。

#### ハロゲンランプと白熱電球との比較

サイズのちがいが最大の特徴となっています。100Wのランプは小指大であり、1kWのランプでもペンシル程度の大きさにできます。

[表 - 2]ハロゲンランプと一般白熱電球の比較一覧表

比較項目	一般球との比較数値	備 考
サイズ	体積比で約 1 / 100	取扱、搬送が楽になる。ヒーターとして使う場合、大きなメリットが出る。
寿命	2 倍以上	フィラメント温度が高いランプほど、ハロゲン化のメリットが出る。
明るさ	同寿命ならば 1 . 3 倍	輝度は更に高い。封体の黒化がないため、明るさの減退がない。
耐熱性	約 2 倍	石英ガラスの採用により約 900 まで使用できる。軟化点は約 1700
熱衝撃性	約 10 倍	石英ガラスは 900 から冷水に投入しても割れない。

### ハロゲンランプから出る光の特性

ハロゲンランプから出る光成分はフィラメントの温度に相当する黒体放射スペクトルとほとんど一致します。(正確には数十度高い温度の黒体放射に等しい。)

太陽光に比べると紫外線はほとんどなく、可視光のバランスでは赤色成分のやや多い暖白色光となります。

放射のピークは 0 . 9 ~ 1 . 0 μm の近赤外域にあり、放射の大部分は 0 . 5 ~ 3 . 0 μm までの可視から近赤外域にあります。

封体(石英ガラス)は 3 . 5 μm 以上の波長に対しては不透明になります。従ってフィラメントからの直接放射光は約 3 . 5 μm 以上でカットされます。ただし封体が高温になりますので、これからの 2 次放射が 3 . 5 μm 以上で行われます。

### ハロゲンランプのフィラメント温度と特性

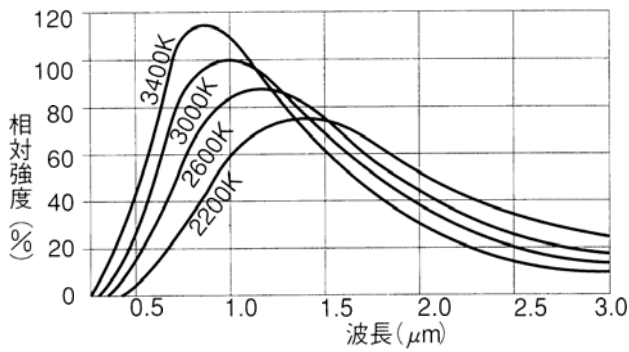
フィラメント温度を上げると明るくなります。より白っぽい光色となりますがフィラメントの蒸発、消耗が激しくなり寿命が短くなります。HSH(集光型高効率ミラー付ハロゲンランプ)に使用しているハロゲンランプはフィラメント温度を高くするほど有利なのですが、ランプ交換の必要をなくす為に、金型予熱の通電時間とサイクルから計算すると半永久的に使用できるであろう寿命を有する 2800k を採用しています。

[表 - 3]ハロゲンランプのフィラメント温度と特性一覧表(一般例)

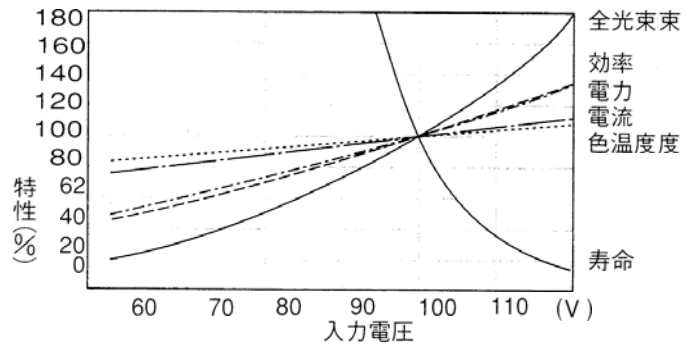
フィラメント温度	ランプ寿命	1w 当りの明るさ	用 途
1200k (実施例無)	半永久的	約 0 Lm/w	ニクロムヒーター並のフィラメント温度。主に遠赤外線域となる。
2200k	半永久的	2 Lm/w	長寿命のランプヒーター。
2500k	10000h	8 Lm/w	一般的なランプヒーター。
2800k	3000h	16 Lm/w	一般白熱電球並の明るさ。
3000k	1500h	20 Lm/w	一般商業施設や屋外照明用ハロゲンランプ
3200k	300h	27 Lm/w	TV・写真スタジオや舞台照明用ハロゲンランプ
3400k	70h	32 Lm/w	映写機用など特殊用途

(注)『k』は絶対温度の単位「ケルビン」であり、『 』で表した温度に 273 を加えたものです。

$$2000 = 2273 \text{ k}$$



電圧変化と諸特性変化



### 【3】ハロゲンランプのヒーターへの応用

ハロゲンランプは以下のように、ヒーターとしての優れた敵性を持っていますので、ヒーターとしても盛んに利用されています。

#### (1) 高いエネルギー密度が得られる

ハロゲンランプや一般電球をヒーターとして利用した場合、電気エネルギーを最終的に熱エネルギーに交換する効率は、当然のことなのですが100%です(エネルギー保存の法則より)。ここでおなじワット数でもサイズが極めて小さいハロゲンランプは極めて高いエネルギー密度の加熱源になりうるということがわかります。その発熱密度は1平方cm当り100wを超え、被加熱物を1500以上まで昇温させる能力を持っています。

#### (2) 立上りが速い

熱放射出力は通電後、1秒間以内に約90%となります。これはほとんど瞬間的と表現できるものです。

#### (3) 放射熱の割合が高い

良質な加熱エネルギーである放射熱(光)の割合が90%程度であり、急速加熱用ヒーターとして適しています。

ヒーターから出る熱エネルギーは主に放射熱(光)と伝導、対流熱(空気を暖め、その空気によりヒーターから持ち去られる熱)に分けられます。放射熱(光)は直進し、ヒーターから直接、被加熱物に伝わるので急速加熱できますが、対流によるものは熱の流れ方向に制約を受け、しかも伝達が極めて遅いものです。

#### (4) ハロゲンランプ自身の耐熱、耐熱衝撃性が優れている

短時間ならば1000に耐え、さらに900からの急冷にも耐えるほど熱衝撃に強い。(点灯中に水がかかっても破損しない)

#### (5) 近赤外線放射なので金属の加熱に適している

次項で説明しますように金属を加熱するには近赤外線である必要があります。

### 【4】赤外線ヒーターと遠赤外線ヒーターの特徴について

近赤外線ヒーターとはハロゲンランプヒーターのように2000を超えるような高温発熱体から出る1μm程度の波長の光を利用するものです。

遠赤外線ヒーターとは600~1000程度の発熱体から出る、3~20μm程度の波長の光を利用するものです。

両者は加熱対象物によって使い分ける必要があります。

[表 - 4] 近赤外線と遠赤外線ヒーターの比較表

	近赤外線ヒーター	遠赤外線ヒーター
発熱体	タングステンフィラメント 2000 ~ 3000	ニクロムやセラミックなど 600 ~ 1000
光の吸収率から見て 適する加熱対象物	金属など電気良導体の加熱	プラスチック、木材などの 電気絶縁体の加熱
研磨した鉄材に 対する吸収率	約30%	約10%
木材に対する 吸収率	約40%	約80%
高温加熱の適性	1500 程度まで可能	500 程度まで
急速加熱の適性	あらゆる加熱方式の中でも 最も速い部類に属する	極めて遅い
ヒーター自身の 立上り速度	瞬間的(1秒以内)	遅い(約1分以内)
熱源寸法	極めて小さい。集光できる。	大きい。集光には適さない。

- \* 金属のような電気の良導体は一般に短波長の光ほど良く吸収します。鉄材を例に取りますと1 μmの光では約35%を吸収するのに対し、10 μmでは5~6%しか吸収しません。従って金属の加熱にはハロゲンランプのような近赤外線ヒーターの方が遠赤外線ヒーターに比べ数倍の加熱効率をもっていると言えます。
- \* プラスチックや木材、セラミックのような電気の不良導電体は一般に長波長の光をよく吸収します。白色セラミックや木材を例にとると遠赤外線ヒーターは近赤外線ヒーターの2倍程度の加熱効率をもっていると言えます。
- \* 500 以上というような高温加熱が目的の場合には遠赤外線ヒーターはほとんど利用できません。この場合はハロゲンランプが最適です。
- \* 大パワー密度ヒーターによる急速加熱にも遠赤外線ヒーターは全く適しません。必ずハロゲンランプヒーターが必要になります。

## 【5】ハロゲンランプ、ヒーターに関する用語と意味

用語	単位	解説
熱エネルギー	J (ジュール)	カロリーも使われますが、ジュールがより一般的です。1 Jは1ワットの電力で1秒間継続した時のエネルギー。 1 J = 1 w × 1 秒間                      1 カロリー = 4.19 ジュール
比熱	J / g · k	1 gの物体を1 上昇させるのに必要な熱量。
電力	w (ワット)	ハロゲンランプの場合、電流 × 電圧で求められます。ただし三相交流の場合は1 線に流れる電流 × 相間電圧 × 1.73 です。
光束	Lm (ルーメン)	光の量の基本単位です。
効率	Lm / w	電球などの発光する効率を表します。電球の発生する光量を消費電力で割ったものです。 [例]一般電球 17Lm/w・ハロゲンランプ 22Lm/w・蛍光灯 70Lm/w

色温度	k (ケルビン)	光源の分光分布がそれとほぼ等しい分光分布を示す黒体の温度で表す。ハロゲンランプの場合、真のフィラメント温度とほぼ等しい。ハロゲンランプ 3000~3400k
演色	Ra	光源の特性によって物体の色の見え方が変わる性質をいう。物体の持つ色を再現する尺度単位を表す。
照度	Lx (ルクス)	光源によって照らされている面の明るさの程度を表す。(1ルクスとは1㎡の面上に1Lmの光束が平均に照射している時の照度)

## 【6】ハロゲンランプ使用上の注意

(1) 振動、衝撃をできるだけ加えないで下さい。

点灯していない時のフィラメントは非常に脆く、振動、衝撃により断線の危険があります。

点灯中のフィラメントは非常に柔らかくなっていますので振動、衝撃により変形することがあります。また点灯中のランプは封入ガスが高圧になっており、危険です。

(2) 石英ガラス管封体の最高温度部は800以下になるよう放熱にご注意ください。

(ただしヒーターとして設計されたものは、短時間であれば1000まで許容できます。)

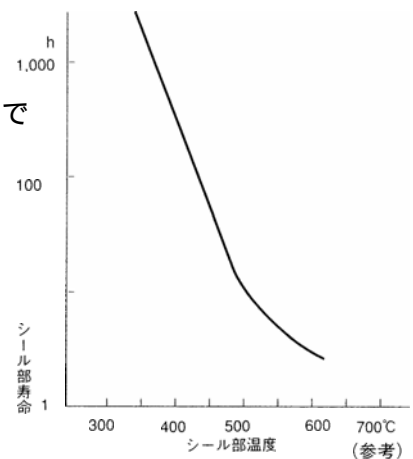
(3) 一般的にはシール部を除く封体の最低温度は250以上として下さい。これは正常なハロゲンサイクルを維持する為に必要です。

(4) シール部のモリブデン箔の温度は350以下として下さい。

ハロゲンランプのシール部には、モリブデン箔が用いられています。このモリブデン箔は完全には外気と遮断されているわけではなく、外部リード棒と石英ガラスとの微細な隙間を通して空気にふれています。モリブデンは350程度の高温になると非常に酸化しやすい性質があります。このため350付近でモリブデン箔に酸化が始まり、体積が増えていきます。そしてシール部がモリブデンの体積に耐えられない時点で破損が起こり、モリブデン箔も切れてしまいます。

したがってシール部は350以下であることが望まれます。

ただし、定格寿命の短い高効率のハロゲンランプでは、350を超えるシール温度であっても実用上使用可能な場合があります。



(5) 点灯方向の制限を受ける品種があります。ご使用に当たってはこの点をご確認下さい。両口金型の棒状ハロゲンランプは一般に水平点灯が原則です。

(6) 適性なヒューズをご使用下さい。ヒューズの使用が指定されている品種では必ず適性容量のヒューズを使用し、指定されていない品種でも安全の為、ヒューズの使用をお奨めします。(ヒューズ以外の手段でも高速遮断が可能なものであればかまいません。)

(7) 不良ソケットは使わないで下さい。ランプまで過熱し、短寿命や事故の原因になります。不良ソケットとは下記のようなものです。

\* 接触面の金属に酸化や汚れのあるもの。

\* 接触圧力が適性に加わらないもの。

\* 放熱に対する考慮が不足しており、過熱するもの

\* 接触面の金属材料が適当でないもの ステンレスなどの電気抵抗の大きい材料が使われていたり、

錆びやすい材料が使っているようなもの。

\* ピン間隔などの寸法が規格を外れているもの。

(8) ランプが汚れた状態で点灯すると汚れが焼き付き、ランプ性能が低下します。とくに石英ガラス封体が800に達するような品種のランプでは石英ガラスの失透原因(結晶化現象)になります。失透が起ると光の透過が阻害され性能低下し、強度もすこし低下します。

原則として素手で石英ガラスの部分には触れないで下さい。もし触れた場合はアルコールを少し含ませた布で拭きとって下さい。

(9) できるだけ乾燥した環境でご使用下さい。異常な高湿度環境では口金の腐食や漏電など各種の問題が発生する事があります。

(10) ランプの点灯開始瞬時に、定格電流の6倍程度の突入電流が極短時間ですが流れます。

この為、接点型のスイッチは抵抗負荷に比べ消耗がやや激しくなります。電流容量が定格電流に対し2倍以上余裕のあるスイッチをご使用下さい。

なお点灯回数が異常に多いとランプ寿命に悪影響がでます。これを避ける為にはスロースタート(ソフトスタート)付きの電源装置を使用します。これにより突入電流が抑制されます。1秒間のスロースタートで突入電流は定格電流の2倍程度となり、ほとんど悪影響がなくなります。

## 【7】参考資料

反射率(近赤外線炉の場合)

物質表面	反射 (%)	物質表面	反射 (%)
銀	92	消光アルミ	62
アルミニウム	62	杉	45
ニッケル	55	檜	35
クロム	65	白黒-0-1ナール	75
真鍮	75	白ペンキ	60
銅	75	アルミラッカー	55
鋼	60	白色壁	60
ガラス鏡	85	茶色壁	5~10
炭酸マグネシア	94	赤レンガ	15
亜鉛華	87	コンクリート	25
石こう	87	透明ガラス	8
吸取紙	70~80	裏面消光ガラス	12
アート紙	63	表面消光ガラス	10
画用紙	75	濃乳色ガラス	70
障子紙	40	淡乳色ガラス	20
トレス紙	22	銀粉塗装	60~70
アルミニウム磨面	96		

波長変動に伴う反射率の変化

材料名	記号	0.6u	0.95u	4.4u	8.8u
酸化コバルト	CO <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3	4	14	13
酸化クロム	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	27	45	33	5
酸化鉛	PbO	52	-	51	26
赤鉄鉱	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	26	41	30	4
酸化イットリウム	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	74	-	34	11
クロム酸鉛	PbCrO <sub>4</sub>	70	-	41	5
酸化アルミニウム	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	84	88	21	20
二酸化トリウム	ThO <sub>2</sub>	86	-	47	7
酸化亜鉛	ZnO	82	86	8	3
酸化マグネシウム	MgO	86	-	16	2
酸化カルシウム	CaO	85	-	22	4
白鉛鉱	PbCO <sub>3</sub>	88	93	29	10
マグネシア	MgCO <sub>3</sub>	85	89	11	4

上記は顔料の主原料です。