

タングステンクラスター光源のハロゲン化物に因る放射特性の検討

正会員 佐藤 歩 (新潟大学) 非会員 保坂 和幸 (新潟大学)
 非会員 久保 博樹 (新潟大学) 専門会員 関根 征士 (新潟大学)
 非会員 大河 正志 (新潟大学)

Evaluation of Tungsten Cluster Radiation Dependent on Various Metal Halides

Member Ayumu Sato (Niigata University),
 Non Member Kazuyuki Hosaka (Niigata University),
 Non Member Hiroki Kubo (Niigata University),
 Fellow Member Seishi Sekine (Niigata University) and
 Non Member Masashi Ohkawa (Niigata University)

ABSTRACT

Tungsten cluster lamps are expected to yield high efficiency and excellent color rendering. However, a regenerative halogen cycle is required to form and maintain the small clusters within the microwave-excited high-pressure discharge. Metal halides play an important role in building the halogen cycle, but we still do not know how the metal halides affect the radiation characteristics of the tungsten clusters. We investigated the spectral radiant exitance, the luminous flux, and the color temperature of the tungsten cluster radiation in various metal halides, such as NaCl, KCl, CsCl, NaBr, KBr, CsBr, NaI and KI. The radiation from the tungsten clusters yielded a continuous spectrum with a maximum between 650 and 700 nm, although the spectra were dependent on the type of metal halide used. The luminous fluxes in the metal alkali bromides were twice as large as those in the metal alkali chlorides and iodides. Also, the luminous fluxes in the sodium halides were twice as large as those in the potassium halides, and four times as large as those in the cesium halides. From those results, we confirm that NaBr is suitable as a metal halide in tungsten cluster lamps.

KEYWORDS : cluster lamp, metal halide, tungsten, incandescent radiation, favorable color rendering property, high luminous efficacy

1. はじめに

近年、放電空間内で金属微粒子を発光させ照明に利用するクラスター光源が提案されている。クラスター光源は無電極容量結合型 HID ランプに近く、マイクロ波電力による放電空間内で、クラスターと呼ばれる原子・分子の集合体が白熱放射する。これにより、高効率・長寿命の白熱光源として期待されている。

白熱電球は最高の演色性をもつが、動作温度が約 2,800 K であるため、発光効率は約 16 lm/W と非常に低い。一方、低圧および高圧放電ランプは発光効率が高く長寿命であるが演色性は低い。クラスター光源は、放電空間内で形成されるクラスターが白熱放射するため演色性は最高であり、クラスターとなる金属原子が融点を超えて加熱されるために放射のピークが可視波長域にシフトされ発光効率が高くなる。クラスター形成材にタングステンを用いた場合は発光効率が 56 lm/W 以上であり、レニウムを用いた場合は 62 lm/W 以上であると報告されている¹⁾。このように、クラ

スター光源は白熱電球の高演色性と放電ランプの高発光効率・長寿命を併せもつ理想的な光源である。

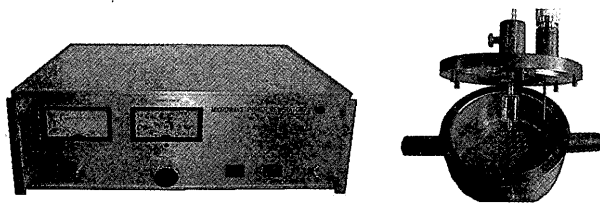
しかし、発光管封入材料については十分な検討がなされていない。そこで、著者らは発光管封入材料であるハロゲン化物の種類に着目し、異なるハロゲン化物による発光特性を実験的に評価した。

2. クラスター光源

クラスター光源は、図 1 に示すように 1. マイクロ波発振器、2. マイクロ波共振器、3. 発光管によって構成される。

マイクロ波発振器の周波数には ISM バンドで産業用周波数として割り当てられ、電力応用周波数として型式承認をえている 2.45 GHz を使用している。マイクロ波発振器はマグネトロンである。マグネトロンは反射波に対して非常に弱いため、内蔵のアイソレーターによって反射波を吸収することで保護されている。また、反射波電力をモニターするパワーメーターを内蔵し、反射波電力がアイソレーターの限界を超えたときにマイクロ波発振を停止する機構をもつ。これらの装置が連動して動作するため、マイクロ波発振器の耐久性は非常に高く、その寿命はマグネトロン

本論文の一部は、平成 15 年度照明学会全国大会、第 18 回光源物性とその応用研究会にて発表された。



(a) マイクロ波発振器 (b) マイクロ波共振器
(a) Microwave oscillator, (b) Microwave resonator.

図1 クラスター光源システム
Fig.1 Cluster light source system.

の寿命である 20,000 時間程度である。

マイクロ波共振器は、中心軸上に効率よくエネルギーを供給するため TM_{010} モード円筒型を採用している²⁾。この共振器の中心軸上に、クラスター形成材(酸化金属)、クラスター形成補助材(ハロゲン化物)、放電ガス(希ガス)を封入した発光管を設置する。共振器の中心軸上に効率よくエネルギーが供給され、それ以外ではエネルギーが低いほどエネルギー効率が高くなる。そこで、共振器には TM_{010} モードが採用される。また、 TE_{010} モードも中心軸上にエネルギーが効率よく供給されるが、このモードには縮退モードが存在するため、マイクロ波の供給が不安定になる。

クラスター光源の動作開始機構について述べる¹⁾。発光管はマイクロ波エネルギーの供給により気体放電を生じる。発光管の中心軸上は、放電エネルギーが高く高温であるため、酸化金属が還元されてクラスターを形成する。一方、管壁付近では放電エネルギーが低く低温であるため、酸化金属とハロゲン化物が結合してハロゲン化酸化金属を形成する。このようなハロゲン再生サイクルについて、クラスター形成材に酸化タングステン (WO_2) を用いた場合を図2に示す。発光管の管壁付近は、温度が約 850~1,250 K と低いため、そこにはハロゲン化酸化タングステンが多く存在する。このハロゲン化酸化タングstenは高温領域である発光管中心軸上へ拡散される過程でタングsten原子、酸素分子およびハロゲン分子に分解される。そのタングsten原子が集合して飽和蒸気圧を超えると凝縮してクラスターを形成する。このクラスターが放電エネルギーにより過熱され自熱放射する。このようなハロゲン再生サイクルが連続的に繰り返されると、自熱放射が安定に持続される。

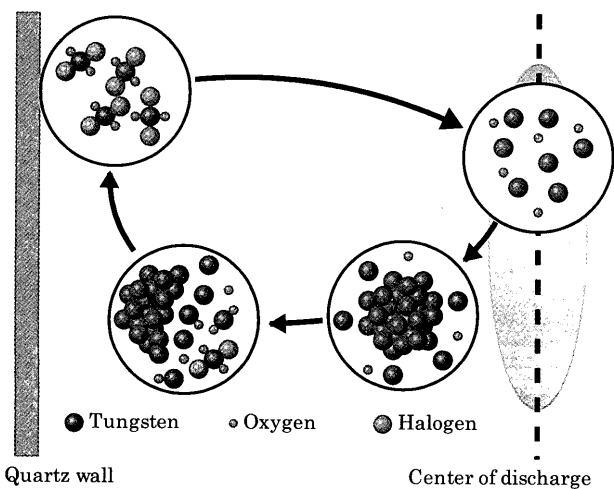


図2 ハロゲン再生サイクル
Fig.2 Regenerative halogen cycle.

クラスター光源の発光が安定して持続するためには①クラスターとなる金属原子が発光管中心軸上で飽和蒸気圧を超えて凝縮すること、②ハロゲン再生サイクルが連続的に持続することが必要不可欠である。そこで、①、②の条件を満たす材料を実験的に明らかにすることを主たる目的とし、合わせて、クラスター形成補助材の違いによるクラスター放射特性についても検討した。

3. クラスター放射特性の評価

3.1 評価方法

一般に、光源の放射特性の評価項目としては、①効率(発光効率[lm/W], ランプ効率[lm/W]), ②光色(色温度[K]), ③演色性(平均演色評価数, 特殊演色評価数)などが挙げられる³⁾。発光管の点灯実験では、放電発光からクラスター発光への移行をスペクトル分布によって判別するため、分光放射発散度を測定して評価した。発光の放射温度は色温度から推定した。なお、同一条件下で測定した分光放射発散度から発光効率を相対的に評価した。分光放射発散度の測定には、広帯域モノクロメーター(CT-25GD, 日本分光株式会社)、光検出器(R374, 浜松ホトニクス株式会社)を用いた。

3.2 発光管およびその封入物質

作成した発光管の概要を図3に示す。発光管には石英(GE214, General Electric, Co.)を用い、その容量は約 2.5 cm^3 である。また、発光管に封入したクラスター形成材は酸化タングsten (WO_2) であり、クラスター形成補助材は8種類のハロゲン化物である。これらのクラスター形成補助材を表1に示す⁴⁾。放電ガスはネオン(Ne)とアルゴン(Ar)の混合ガスとし、その混合比率は Ne99.9%, Ar0.1% である。これ以降、この混合ガスを「NeAr」と記述する。また、放電ガスに NeAr を用いた理由は、ペニング効果により放電開始電力を低くできるためである。次に、最適な封入圧を決定するため、図3に示す発光管に NeAr のみを封入し、封入圧を 2.67 kPa から 34.7 kPa まで 2.67 kPa きざみで変えて作製した 13 本の発光管について放電開始電力を測定した。測定は、入力電力を 5 W から 200 W まで 5 W きざみで変え、放電開始電力を測定した。これらの操作をそれぞれの発光管に対して 50 回ずつ実験した。この実験からえられた封入圧-放電開始電力特性を図4に示す。このグラフにおいては、放電回数が多かった条件のときほど大きい○印で示している。測定結果から、封入圧が 16.0 kPa から 26.7 kPa において放電開始電力は低い値を示し、封入圧が 21.3 kPa において最も低い放電開始電力を示した。そこで、本論文中の発光管はすべて NeAr が 21.3 kPa 封入されている。

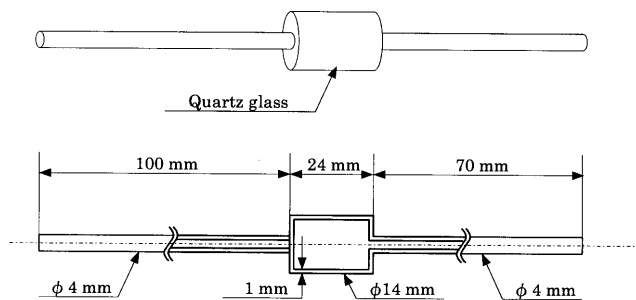


図3 発光管
Fig.3 Quartz vessel.

表1 クラスタ形成補助材

Table1 Metal halide for cluster.		
物質名	ハロゲン	封入状態
塩化ナトリウム	Cl	NaCl
塩化カリウム	Cl	KCl
塩化セシウム	Cl	CsCl
臭化ナトリウム	Br	NaBr
臭化カリウム	Br	KBr
臭化セシウム	Br	CsBr
ヨウ化ナトリウム	I	NaI
ヨウ化カリウム	I	KI

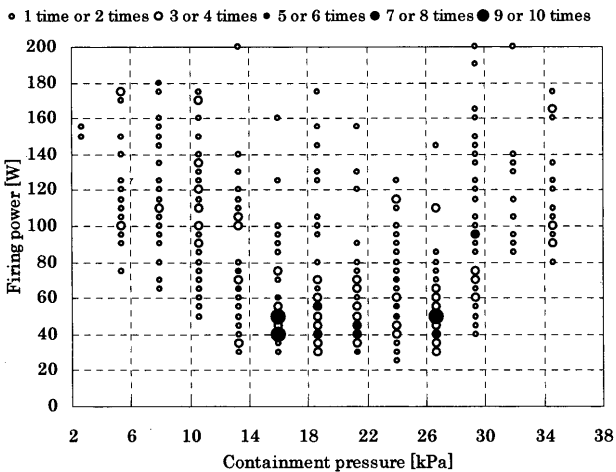
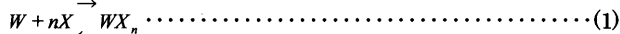


図4 封入圧-放電開始電力特性

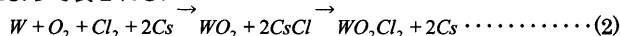
Fig.4 Relationship between containment pressure and firing power.

3.3 タングステンクラスタ

はじめに、文献を参考にして、クラスタ形成材に WO₂、クラスタ形成補助材に CsCl を用いて実験し、クラスタ形成材とクラスタ形成補助材の封入量について検討した。ハロゲン再生サイクルは式(1)によって表せる³⁾。左辺は高温領域の化学式であり、右辺は低温領域の化学式である。



ここで、Wはタングステン原子、Xはハロゲン原子を表す。タングステンとハロゲンは高温領域では解離するが、低温領域で結合する。式(1)より、WO₂とCsClのハロゲン再生サイクルは式(2)によって表される。



左辺の高温領域ではタングステンが原子として存在し、右辺の低温領域では塩化酸化タングステンとして存在する。式(2)より、WO₂とCsClの封入比率は原子数比で1対2とすることで効率よくハロゲン再生サイクルを利用できると考察される。

上記の条件で作製した発光管について、気体放電発光とクラスタ発光の確認をおこなった。表2に発光管に封入したWO₂とCsClの封入量とその比率、および発光確認を示す。表に示す「○」は発光が確認され、持続されたこと、「△」は発光が確認されたが、持続されなかったこと、また、「-」は発光が確認されなかったことを示す。これらの実験から、WO₂の封入量が少ない発光管と封入物質(特にハロゲン)が多すぎる発光管はともにク

ラスタ発光を確認されなかった。WO₂の封入量が少ない発光管は、タングステン原子の濃度がクラスタ形成に必要な不可欠な過飽和状態に達しなかったためと考えられる。一方、封入物質(特にハロゲン)が多すぎる発光管は、式(2)に示すハロゲン再生サイクルの平衡状態が崩れてクラスタが形成されないためと考えられる。この場合、発光管中の電子が不足するため、放電開始電力が高くなることもクラスタ発光しない要因と考えられる。

表2 試作発光管とその発光確認

Table2 Prototype of quartz vessel and confirmation of radiation from cluster.

WO ₂ [mg]	CsCl [mg]	原子数比	気体放電	クラスタ発光
0.07	0.10	1.83	○	-
0.62	0.98	2.03	○	△
1.10	1.60	1.86	○	△
2.00	3.30	2.12	○	○
3.00	4.70	2.01	○	○
5.00	7.80	2.00	○	○
7.00	11.0	2.01	○	○
9.00	13.0	1.85	○	○
10.5	16.4	2.00	○	○
15.0	24.0	2.05	○	○
21.0	32.8	2.00	○	△
25.0	39.5	2.03	○	△
30.7	48.4	2.02	○	△
40.0	62.0	1.99	○	△
50.3	80.1	2.04	○	△
60.0	93.1	1.99	○	△
80.0	126	2.02	○	△
100	159	2.04	○	△
120	188	2.01	○	△
150	235	2.01	○	-
160	250	2.00	○	△
180	282	2.01	-	-

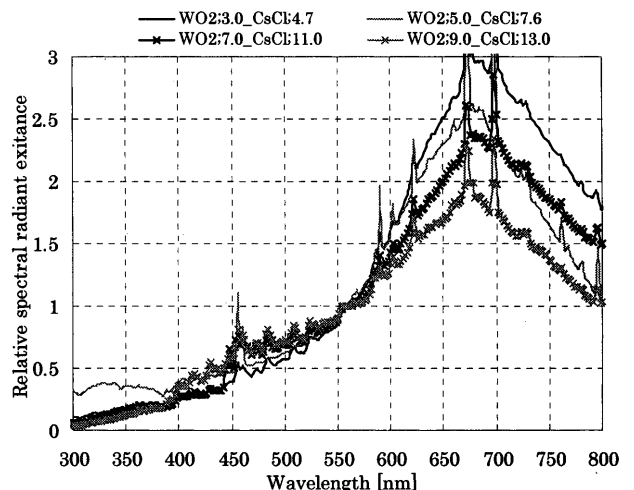


図5 タングステンクラスタ放射体の分光放射発散度

Fig.5 Relative spectral radiant exitance of tungsten cluster.

クラスター発光を確認できた7本の発光管中で、WO₂封入量が3.0, 5.0, 7.0, および9.0 mgの分光放射発散度を図5に示す。分光放射発散度は、波長560 nmにおける値を1.0に規格化した相対分光放射発散度で表示する。これらの分光放射発散度は、クラスター発光の連続分布に原子や分子の励起発光による輝線が重畳されている。クラスター発光はピーク波長が650~700 nmの波長域にある。ほとんどの輝線はW, Cs原子の励起発光である。このような実験結果から、クラスター形成材にWO₂を使用する発光管は、その封入量を表2より5.0 mgとする。なお、そのときのW原子の体積モル濃度は約9.3 μmol/cm³である。

3.4 ハロゲン化物の違いによる放射特性の比較

WO₂の封入体積モル濃度を9.3 μmol/cm³一定にして、クラスター形成補助材であるハロゲン化物の種類を変えて作製した発光管の分光放射発散度を図6から図8に示す。ここで、ハロゲン化物の種類が前述のCsClと異なる場合においても、それらのハロゲン再生サイクルは(2)式と同様に示される。よって、ハロゲン化物の封入量はいずれの発光管もタングステン対ハロゲンの原子数比が1対2とする。クラスター形成補助材として、図6(a)はNaCl、図6(b)はKCl、図6(c)はCsClをそれぞれ封入した発光管の分光放射発散度である。同様に、図7(a)はNaBr、図7(b)はKBr、図7(c)はCsBrをそれぞれ封入した発光管の分光放射発散度である。また、図8(a)はNaI、図8(b)はKIをそれぞれ封入した発光管の分光放射発散度である。なお、放電ガスにはNeArを用い、その封入圧は21.3 kPaである。

これらの分光放射発散度は、いずれもタングステン(W)クラスター発光の連続分布にアルカリ金属の励起発光による輝線が重畳されて⁹⁾、連続分布のピーク波長は650~700 nmの波長域にある。また、Wクラスター放射の分光放射発散度はアルカリ金属(Na, K, Cs)が異なっても、ハロゲン(Cl, Br, I)が同じであれば、スペクトル分布の形状が相似である。一方、アルカリ金属(Na, K, Cs)が同じであっても、ハロゲン(Cl, Br, I)が異なれば、スペクトル分布の形状が異なる。

ハロゲンにClを用いた場合のスペクトル分布は、アルカリ金属(Na, K, Cs)が異なっても、300~500 nm域の放射発散度が平坦であるが、ピーク波長域650~700 nmの放射強度の増加が急峻である(図6参照)。ハロゲン化物にNaClを用いた場合、ピーク波長の放射発散度は560 nmに対して約2倍である。また、589 nmの輝線はNa原子の励起発光であり、400 nmから550 nmおよびピーク波長の弱い輝線はW原子の励起発光である(図6(a)参照)。ハロゲン化物にKClを用いた場合、ピーク波長の放射発散度は560 nmに対して約2倍である。また、404 nm, 766 nmおよび770 nmの輝線はK原子の励起発光である。589 nmの輝線は不純物としてわずかに混入したNa原子の励起発光である(図6(b)参照)。ハロゲン化物にCsClを用いた場合のピーク波長は、基準となる560 nmに対して約2.5倍の放射発散度である。また、460 nm, 592 nm, 672 nm, 696 nm, 698 nmおよび800 nmの輝線はCs原子の励起発光である(図6(c)参照)。

ハロゲンにBrを用いた場合のスペクトル分布は、アルカリ金属(Na, K, Cs)が異なっても、300 nmからピーク波長(650~700 nm)域では放射強度の増加が緩やかである。また、ピーク波長の放射強度は、いずれの場合も560 nmに対して約1.5倍である。アルカリ金属原子の励起発光による輝線は、Clを用いた場合と同様に確認される(図7参照)。

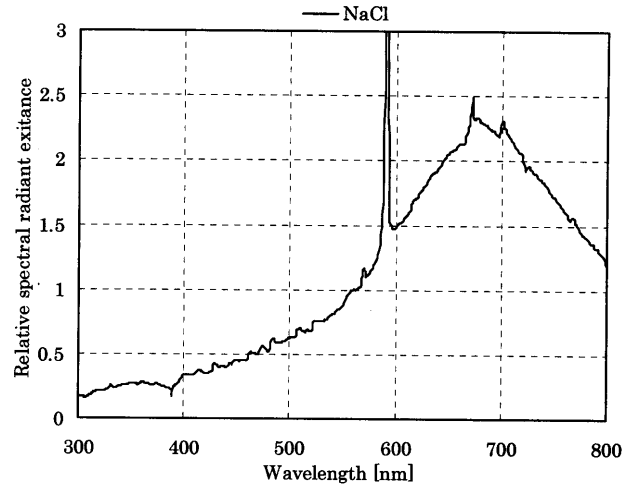


図6(a) クラスター形成補助材用にNaClを用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.6 (a) Relative spectral radiant exitance using NaCl.

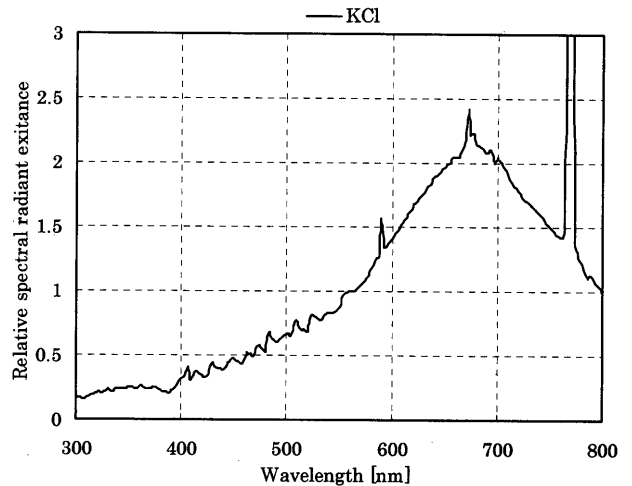


図6(b) クラスター形成補助材用にKClを用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.6 (b) Relative spectral radiant exitance using KCl.

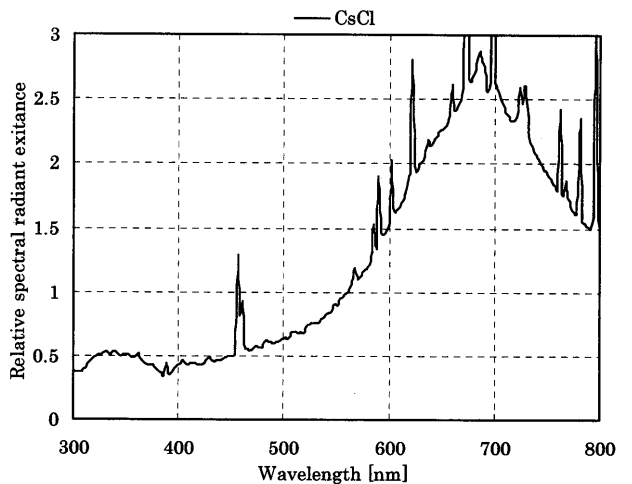


図6(c) クラスター形成補助材用にCsClを用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.6 (c) Relative spectral radiant exitance using CsCl.

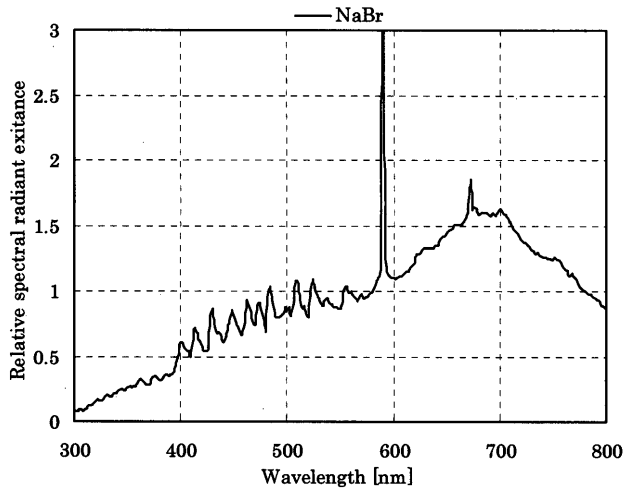


図 7 (a) クラスター形成補助材に NaBr を用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.7 (a) Relative spectral radiant exitance using NaBr.

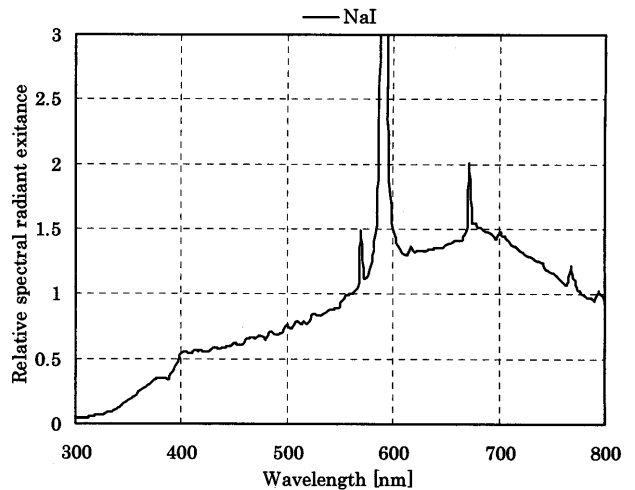


図 8 (a) クラスター形成補助材に NaI を用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.8 (a) Relative spectral radiant exitance using NaI.

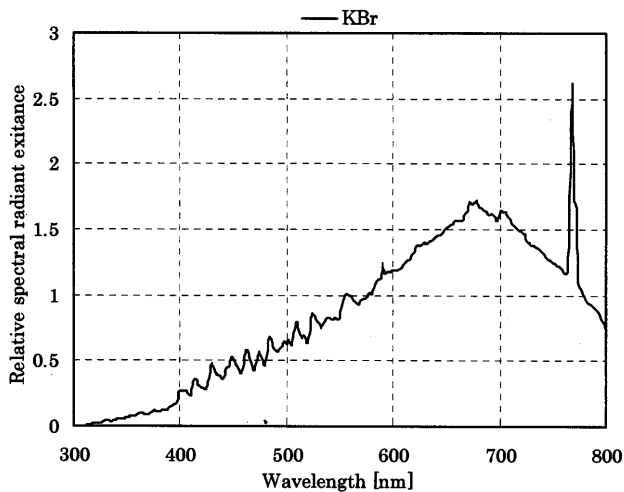


図 7 (b) クラスター形成補助材に KBr を用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.7 (b) Relative spectral radiant exitance using KBr.

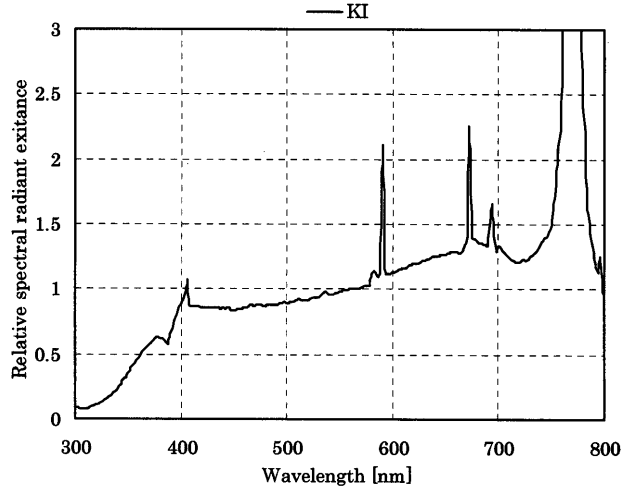


図 8 (b) クラスター形成補助材に KI を用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.8 (b) Relative spectral radiant exitance using KI.

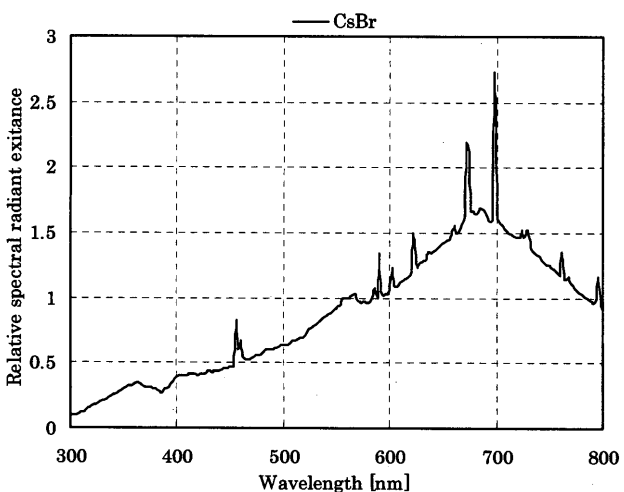


図 7 (c) クラスター形成補助材に CsBr を用いたタングステンクラスター放射体の相対分光放射発散度

Fig.7 (c) Relative spectral radiant exitance using CsBr.

ハロゲンに I を用いた場合の波長分布は, Cl と Br に比べて波長域 300~400 nm の放射発散度が高い。また, 700 nm 以上の赤外域放射発散度が低下しない。これらの特徴は, KI を用いた場合の波長分布において顕著である。ピーク波長の放射強度は, いずれの場合も 560 nm に対して約 1.5 倍である。アルカリ金属原子の励起発光による輝線は, Cl を用いた場合と同様に確認されるが, 589 nm の Na 原子の励起発光による輝線と 766 nm, 770 nm の K 原子の励起発光による輝線は, その線幅が広くて放射強度が高い (図 8 参照)。

3.5 光束の評価

上述の発光管について, 全光束の相対値を評価した。発光管と受光器である光電子増倍管の受光面との距離, 受光面の開口, 光電子増倍管の印加電圧などの測定条件を一定にして測定した相対分光放射発散度を標準比視感度で評価して全光束の相対値を算出した。ハロゲン化合物に NaBr を用いた発光管の値を 100 に規格化して, それに対する各発光管の値を表 3 に示す。

表3 光束の相対評価

Table 3 Relative luminous flux.		
Alkali	Halogen	Luminous flux
Na	Cl	53.8
K	Cl	25.8
Cs	Cl	13.9
Na	Br	100
K	Br	62.8
Cs	Br	19.4
Na	I	59.2
K	I	15.2

アルカリ金属が同じであれば、ハロゲンに Br を用いた W クラスターの全光束は Cl や I を用いた W クラスターに比べて約 2 倍高いと評価される。また、アルカリ金属に Na を用いた W クラスターの全光束は、ハロゲンの種類に関わりなく、K を用いた場合に対して約 2~3 倍、Cs を用いた場合に対して約 4~5 倍高いと評価される。また、図 1 (b) のマイクロ波共振器に、クラスター発光管の代わりに、ハロゲン電球 (JD110V85WN/M, 岩崎電気株式会社) をセットして、クラスター発光管と同じ測定をおこなった。その結果、ハロゲン電球の全光束 (カタログ値) から、クラスター形成補助材に NaBr を用いた W クラスター発光管のランプ効率は約 60 lm/W であると推定される。

3.6 相関色温度の評価

各発光管の xy 色度をそれぞれの分光放射発散度から算出して図 9 に示す。図に示す実線は黒体軌跡であり、軌跡上のプロットは色温度が右側から 500 K 間隔で 2,500 K, 3,000 K, 3,500 K, ... の値である。W クラスター放射の色度は黒体放射近傍に分布しているが、クラスター形成補助材のハロゲン化合物の種類により、相関色温度が異なる。

ハロゲンに Cl を用いた W クラスター放射の相関色温度は、アルカリ金属の種類によらず約 3,000 K であり、相対的に低い。一方、ハロゲンに Br を用いた W クラスター放射の相関色温度は、アルカリ金属の種類によらず約 3,500~4,000 K であり、相対的に高い。しかし、ハロゲンに I を用いた W クラスター放射の相関色温度は、アルカリ金属が Na であるとき約 3,000 K と低く、K で

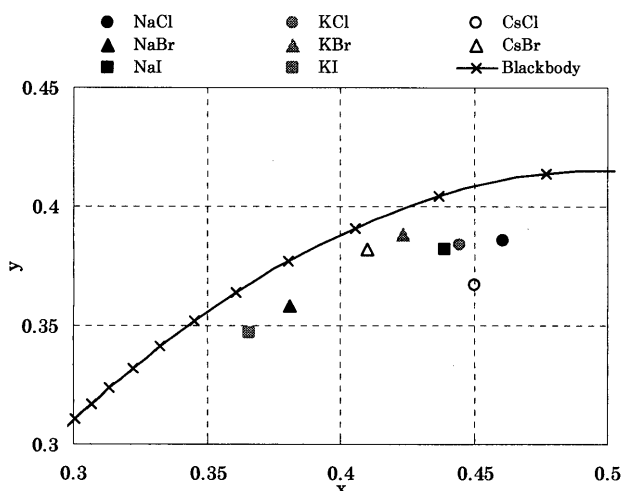


図9 xy色度図

Fig.9 xy chromaticity chart.

あるとき約 4,500 K と高い。これは前述のように、Cl, Br の場合はともにスペクトル分布がアルカリ金属の種類によらずほぼ一致するが、I の場合はアルカリ金属の種類によりスペクトル分布が異なるためである。

W クラスター放射の相関色温度がアルカリ金属の種類によって異なるのは、アルカリ金属の励起発光による輝線の違いによるためではなく、W クラスター放射のスペクトル分布の形状がわずかなではあるが異なるためであり、かつ、400~550 nm 域における W 原子の励起発光の強さも異なるためであると考察される (図 6, 図 7, 図 8 参照)。一方、アルカリ金属の励起発光による輝線の波長はその種類によって異なるが、相関色温度にはほとんど影響を及ぼさないと考察される。ハロゲンの種類が Cl の場合、相関色温度はアルカリ金属が K, Cs, Na の順に高く、Br の場合は Cl とは逆に Na, Cs, K の順に高いことから推察される (図 9 参照)。これらの考察から、アルカリ金属の違いによる相関色温度への影響は大きくないと評価される。

4. まとめ

クラスター光源の発光管にはクラスター形成材、クラスター形成補助材、放電ガスが封入される。本論文ではクラスター形成補助材であるハロゲン化合物の違いによるタングステンクラスター放射の諸特性を明らかにするため、ハロゲン化合物の異なる種々の発光管を作製して分光放射発散度を測定し、以下の知見がえられた。

- (1) W クラスター放射の連続分布のピーク波長は、ハロゲン化合物に関わらず 650~700 nm の波長域にある。ハロゲンが Cl の場合、ピーク波長域の放射強度の増加が急峻である。また、ハロゲンが Br の場合、300 nm からピーク波長域では放射強度の増加が緩やかである。さらに、ハロゲンが I の場合、Cl と Br に比べて波長域 300~400 nm の放射発散度が高く、700 nm 以上の赤外域放射発散度が低下しない。
- (2) W クラスター放射の全光束は、アルカリ金属が同じであれば、ハロゲンが Br の場合は Cl や I に比べて約 2 倍高い。また、アルカリ金属が Na の場合は、ハロゲンの種類に関わりなく、K に比べて約 2~3 倍、Cs に比べて約 4~5 倍高い。なお、クラスター形成補助材に NaBr を用いた発光管のランプ効率は約 60 lm/W であると推定される。
- (3) W クラスター放射の相関色温度は、ハロゲンが Cl の場合、アルカリ金属の種類に因らず約 3,000 K である。また、ハロゲンが Br の場合、アルカリ金属の種類に因らず約 3,500~4,000 K である。一方、ハロゲンが I の場合、相関色温度はアルカリ金属によって異なり、Na ときが約 3,000 K であり、K ときが約 4,500 K である。

上記の結果から、タングステンクラスター光源に用いるクラスター形成補助材は、NaBr が最適であると評価される。

参考文献

- (1) B. Weber and R. Scholl: A new kind of light-generation mechanism: Incandescent radiation from cluster, *J. Appl. Phys.*, 74(1), pp.607-613 (1993).
- (2) S. Offermanns: Electrodeless high-pressure microwave discharges, *J. Appl. Phys.*, 64(1), pp.115-123 (1990).
- (3) 照明学会編: ライティングハンドブック, pp.129-173 (1987).

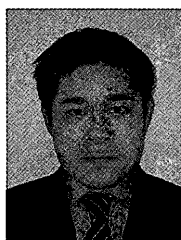
- (4) F. A. Cotton, G. Wilkinson and P. L. Gaus: Basic inorganic chemistry 3rd ed., pp.267-479 (1998).
(5) F. M. Phelps III: M.I.T. Wavelength tables Vol.2: Wavelength by element (1991).

(受付日 2003 年 12 月 4 日 / 採録日 2004 年 2 月 13 日)



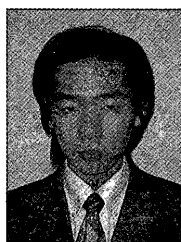
佐藤 歩 (正会員)

新潟大学大学院自然科学研究科後期課程
〒950-2181 新潟市五十嵐2の町 8050 番地
昭和 52 年 8 月 27 日生まれ。平成 14 年 3 月新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程修了, 同年 4 月同大学大学院自然科学研究科博士後期課程に進学。現在に至る。照明学会会員。



保坂 和幸 (非会員)

新潟大学大学院自然科学研究科前期課程
〒950-2181 新潟市五十嵐2の町 8050 番地
昭和 54 年 12 月 23 日生まれ。平成 14 年 3 月新潟大学工学部福祉人間工学科卒業, 同年 4 月同大学大学院自然科学研究科博士前期課程に進学。現在に至る。



久保 博樹 (非会員)

新潟大学大学院自然科学研究科前期課程
〒950-2181 新潟市五十嵐2の町 8050 番地
昭和 55 年 9 月 30 日生まれ。平成 15 年 3 月新潟大学工学部福祉人間工学科卒業, 同年 4 月同大学大学院自然科学研究科博士前期課程に進学。現在に至る。



関根 征士 (専門会員)

新潟大学工学部福祉人間工学科
〒950-2181 新潟市五十嵐2の町 8050 番地
昭和 16 年 7 月 7 日生まれ。昭和 39 年 3 月新潟大学工学部電気工学科卒業, 同年 4 月新潟大学工学部電気工学科勤務。現在同大学工学部福祉人間工学科教授。工学博士。照明学会, 電気学会会員。



大河 正志 (非会員)

新潟大学工学部福祉人間工学科
〒950-2181 新潟市五十嵐2の町 8050 番地
昭和 36 年 12 月 28 日生まれ。平成元年 3 月大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期過程修了, 同年 4 月新潟大学工学部電気電子工学科勤務。現在同大学工学部福祉人間工学科助教授。工学博士。応用物理学会, 電子情報通信学会, OSA, SPIE 会員。