

Mercury-free Metal Halide Lamps for Automobiles

湘南の明かり人

* Hg-free Lamps の開発に関する各種発表論文を参考にし、もう少し詳細に技術開発内容、ランプ特性を以下に記します。

1 . Hg-free Lamps の開発

1.1 Hg 含有 Lamps (D2 Lamps)

・ D2 Lamps の一般的な主な封入物質

ScI₂ - NaI - Hg - Xe (数気圧) Lamp Voltage (VL) : 85 V

- ! ・ 始動時の光束立ち上がり特性の確保
- ・ Plasma 内の熱の保持 (Hg も同様作用)

1.2 Hg-free Lamps の電圧特性

・ D2 Lamps から Hg を除外した Lamps

ScI₂ - NaI - Xe (数気圧) Lamp Voltage (VL) : 20 V 代に低下する

規定光出力を出す Lamp Wattage にするためには高い Lamp 電流が必要

問題点 : ・ 点灯装置の容量が大きくなる

・ 配線容量も大

・ 電極損失の割合が増加するため効率低下する

1.3 Lamp Voltage の増大

・ Lamp Voltage (VL) は次のように表せる

$$V_L = E \times L + V_d \quad \dots \dots (1)$$

ここに E : 電位傾度

L : 電極間距離

V_d : 電極降下電圧

$$\text{また } E = I / (2 \int_0^r \sigma dr) \quad \dots \dots (2)$$

ここに I : Lamp 電流

σ : Plasma の電気伝導度

r : Plasma の径方向の距離

従って

V_L を増大させる・・・ E を増大させる
・・・ を小さくする

・ (Plasma の電気伝導度)

Plasma 内の物質 A の温度 T に於ける σ は

$$\sigma = C \cdot N_e / (T^{1/2} \cdot N_A \cdot Q) \quad \dots (3)$$

ここに C : 定数

N_e : 電子密度

N_A : 物質 A の密度

Q : 物質 A の電子に対する衝突断面積

式 (3) より、 σ を小さくするためには

- ・ N_e (電子密度) を小さくする
 - ・ N_A (物質 A の密度) を大きくする
 - ・ Q (衝突断面積) を大きくする
-) $\dots (4)$

すればよい

1.4 可能性ある封入物質

条件項目 (4) を満足する 物質は

- ・ N_e (電子密度) 小・・・ イオン化し難い・・・ion 化 Voltage 高い物質
- ・ N_A (物質 A の密度) 大・・・ Vapour Pressure 高い物質
- ・ Q (衝突断面積) 大・・・

Ionization Potential が高い、Vapour Pressure 高い Metal Halide

となる。

2. 水銀代替物質の条件

水銀代替物質を封入したランプが自動車用ランプとしての下記諸特性を満足すること

2.1 Hg に代わり色度を補正出来る物質

- ・自動車用 Lamps の規格色度範囲に入る

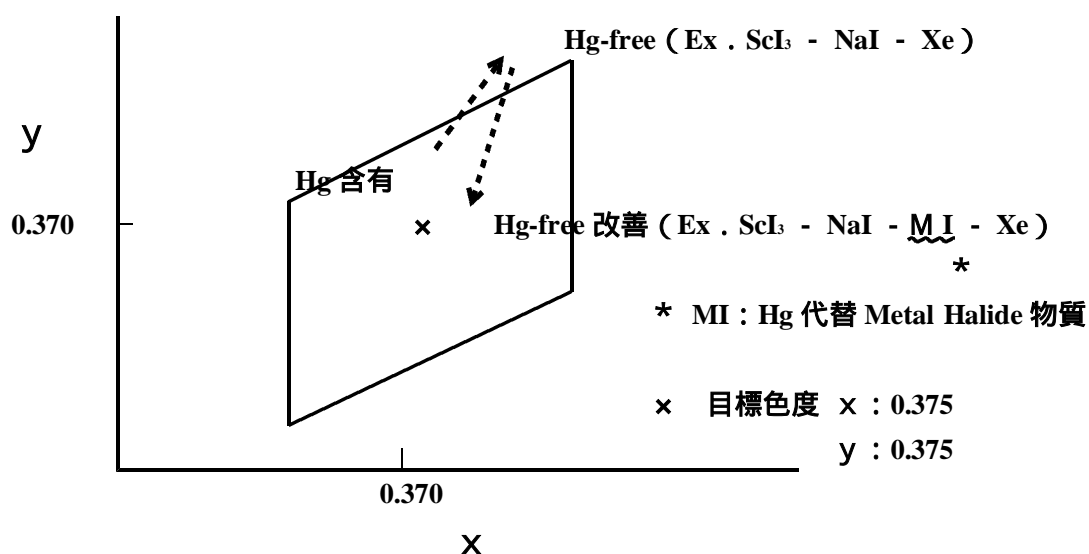


図1 . C I E x y 色度図上の色度変化

- ・ Hg - free 化で Hg の Blue 発光減少するため Greenish になり y 値が上がり規格範囲外にずれる

- ・ 適当な Hg 代替 Metal Halide 物質(MI) を選択し色度点を補正する

- ・ Hg 代替 Metal Halide 物質(MI) 例

ZnI₂ の封入 東芝ライテック

ZnI₂ 入りランプの発光分布 図2 参照

InI₃ の封入 スタンレ - 電気

Sc、Na に近い ion Potential を持ち、Vapour Pressure 高い

その他

TII など色補正できる (但し、始動時の発光色に問題あり)

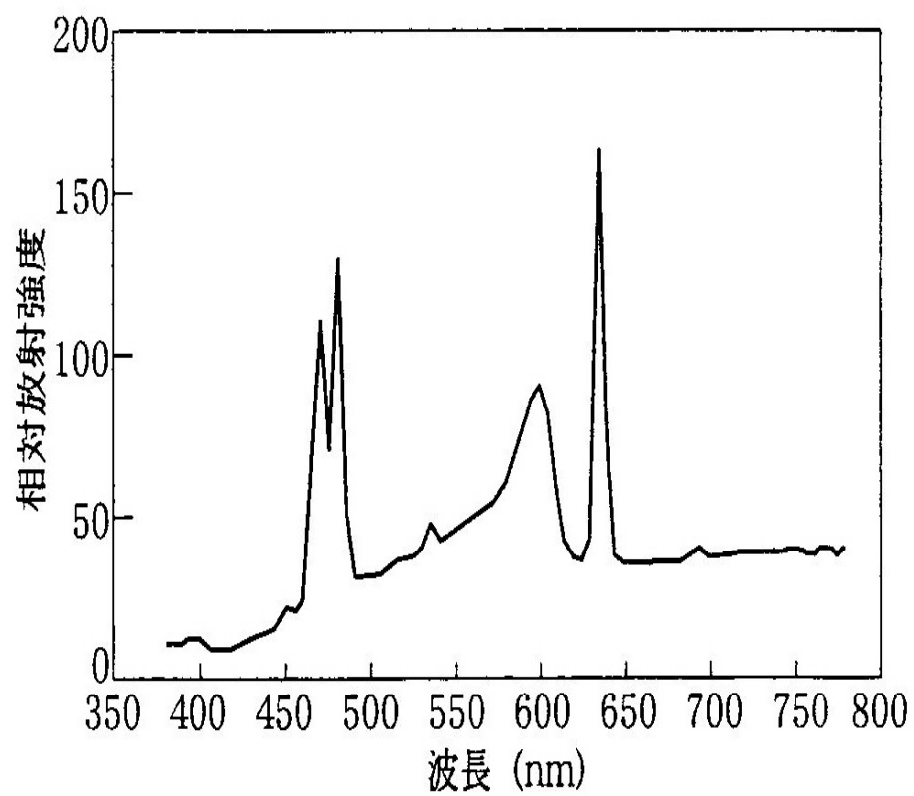


図2 . ZnI入りランプの発光分布

2.2 始動後の発光立ち上がり特性の改善

(1) Hg-free Lamps の始動特性

a . Hg-free Lamps の始動 - 安定迄の点灯過程

- ・ 1 st Step : 0 Sec (点灯) . . . 高圧 Pulse 印化し絶縁破壊
- ・ 2 nd Step : 0.5Sec 後 Plasma 起動 . . . Xe 励起発光、約 25 % 光束
- ・ 3 rd Step : 2.0Sec 後 Plasma 始動 . . . Metal Halide 蒸発し発光増加
約 25 ~ 50 % 光束
- ・ 4 th Step : 5 Min. 後安定点灯 . . . Flicker の無い封入物質安定発光
100 % 発光

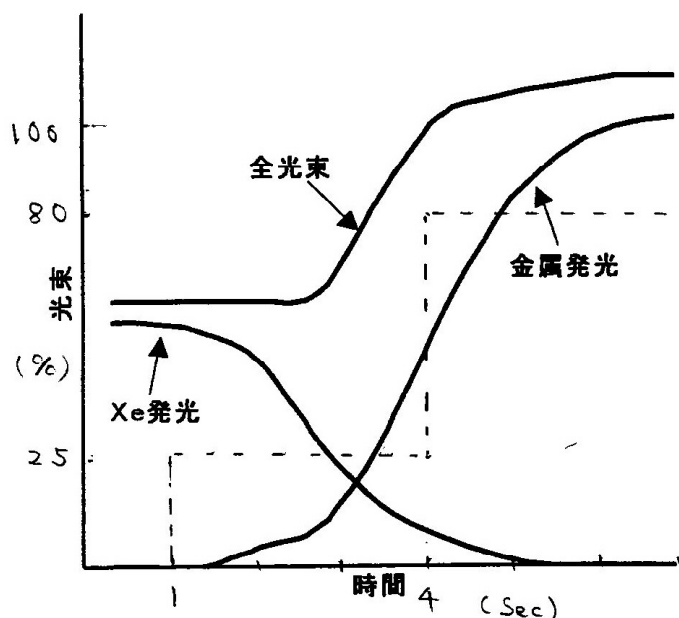


図5 . 始動時の発光立ち上がり特性 (概念図) と規格値

図5 . に於いて、 全光束 = Xe 発光 + 金属発光

- ・ Xe は金属より励起電圧高いので、金属の蒸気圧が高くなるとXe 発光は減少する
- ・ 始動初期の全光束を上げるためには

Xe の発光を増大させる Xe 封入圧力を高める

金属発光を増大させる 蒸気圧を上げる

- ・ . . . 蒸気圧の高い Metal Halides 選択
- ・ . . . 完璧温度上昇を速める

始動時に Lamp Power を増大させる 始動時定格の 2 ~ 3 倍 (約 90 W)

の Power 投入、規格 100 W 以下

b . Xe 封入圧力と Lamps 管壁温度

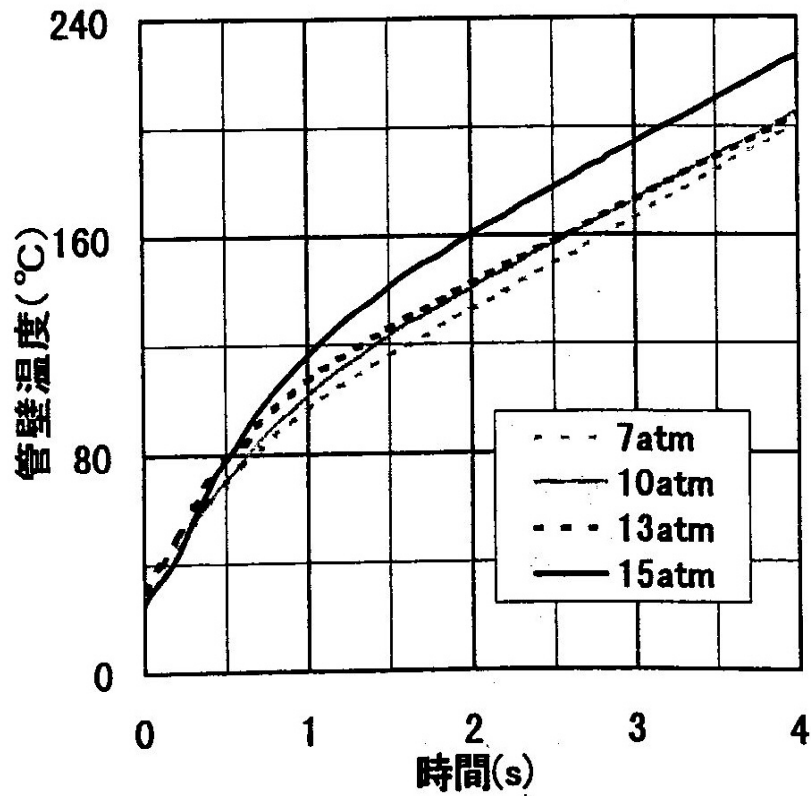


図6 . 始動直後の立ち上がり時の管壁温度変化

- ・ Xe 封入圧を上げると Xe 発光が増加するが、管壁温度上昇率も速くなる
- ・ 圧力を上げすぎると信頼性の問題(Lamp Crack 発生) ができる

C . Hg-free Lamps の立ち上がり特性改善

・ Hg 代替物質を加えた場合の立ち上がり特性を示す

C-1 . Hg 代替物質 : Indium Iodide (InI) の例

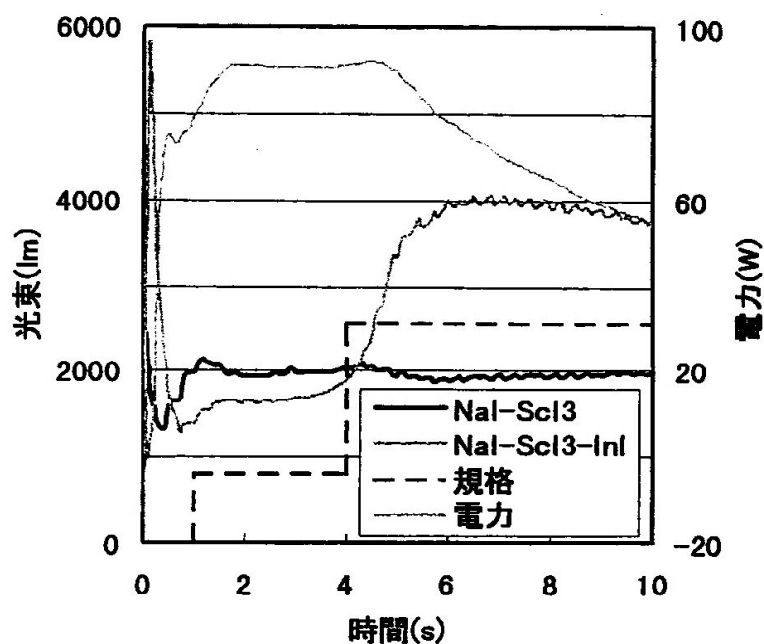


図7 . 立ち上がり時の全光束とランプ電力特性

・ Xe 封入圧を高めた場合の改善度

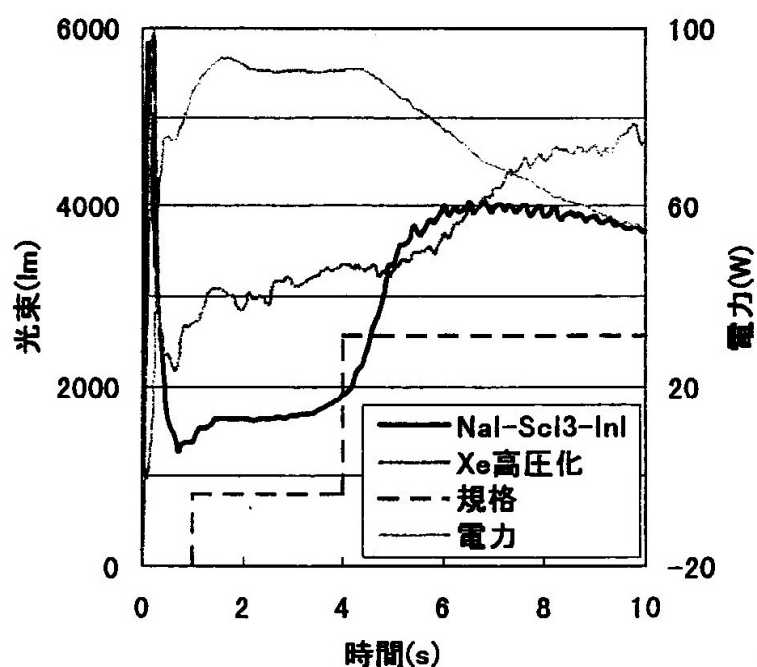


図8 . 立ち上がり時の全光束とランプ電力特性(Xe Pressure 効果)

・ 始動から 4 Sec は Lamp Power を約 90 W 投入し立ち上げ速めている

C-2. Hg 代替物質 : Zinc Iodide (ZnI₂) 例

・発光分布の変化

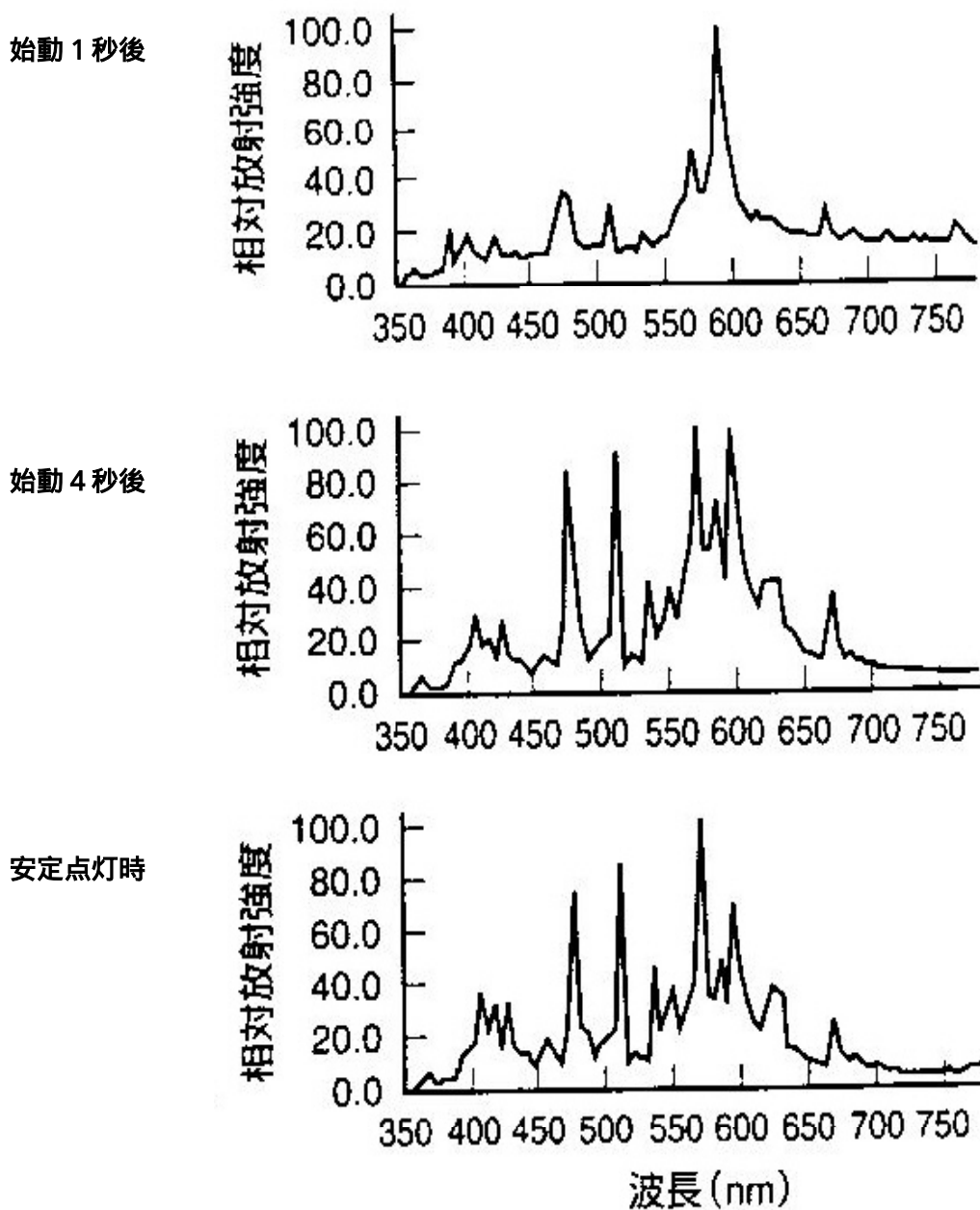


図 9 . 立ち上がり時の発光分布の変化

- ・ 始動時の発光 : Zn 発光と連続 Spectral が重畳した発光を示す
- ・ 安定時の発光 : Na、Sc に比べ励起 Energy 高いためほとんど発光しない、470nm 付近のみ発光し Hg 発光を補う

・色度の変化・・・Hg 代替物質：Zinc Iodide (ZnI₂)

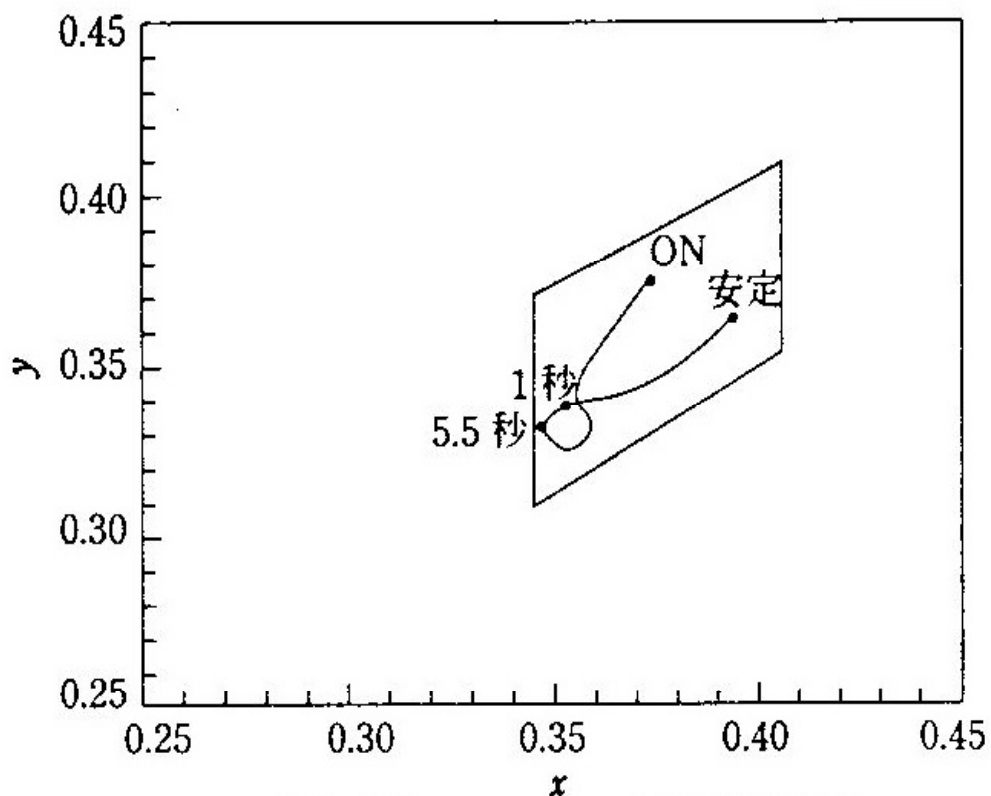


図 1 0 . Hg-free Lamp の光束立ち上がり時の色度変化
Hg 代替物質：Zinc Iodide (ZnI₂) の例

- ・始動直後から白色色度範囲に入っており色度変化は水銀入り Lamps より少ない
- ・光束立ち上がり時の光色（色調）
 - ZnI₂ : 発光色が自然（白色味）である
 - TlI : 安定時は問題ないが立ち上がり時、緑色味(Tl 発光)を示す
 - InI : 安定時は問題ないが立ち上がり時、青味(In 発光)を示す

2.3 効率を落とさない

- ・自動車用ランプは演色性 (Ra) より効率を重視する。効率を落とさない代替物質の選択

検討代替物質例

- ・ GaI₃、SnI₂ は発光しやすく、連続 Spectral 発光を示すため Ra は良好である。しかし、効率が低く使えない

2.4 ランプ部材との反応性が低いこと

- ・自動車用ランプは負荷が高く、始動時に過電流(通常の数倍)を流す

石英 Glass、電極(W材) と反応が低いこと

検討代替物質

- ・ AlI₃ : ランプ特性、色特性は良好・・・しかし石英 Glass と反応し短寿命となる
- ・ FeI₃ : 電極と反応性大きい・・・・・・黒化現象、短寿命



- * 以上の検討結果から、Hg-free Lamps の Hg 代替物質としては ZnI₂、InI₃ が適している

3 . Hg-free Lamps のその他の特性

3.1 Plasma Arc 形状の改善

- ・自動車ランプは Arc 形状が配光に直接影響するためその変位を制限するように規格化されている
- ・特に Hg-free Lamps は Hg 含有 Lamps に比べ Arc が細くなる問題点がある。この対策が必要である。

表 1 . Arc 形状の E C E 規格値
(D2S Lamps の場合)

	量 産 光 源	標 準 光 源
Arc 湾曲 : r (mm)	0.50 ± 0.40	0.50 ± 0.20
Arc 拡散 : (mm)	1.10 ± 0.40	1.10 ± 0.25

a . 添加物量(NaI, ScI₃) と Arc 拡散

- ・ ScI₃ 量 : 増大で I 分圧上昇し、電子付着・・・電子付着・・・ Arc 収縮
Sc 自身も励起順位多いため Arc 収縮作用あり
- ・ NaI 量 : 低温部で ion 化し易いので増大すると Arc 拡散
- ・ 従って Arc 拡散 NaI 量 / ScI₃ 量

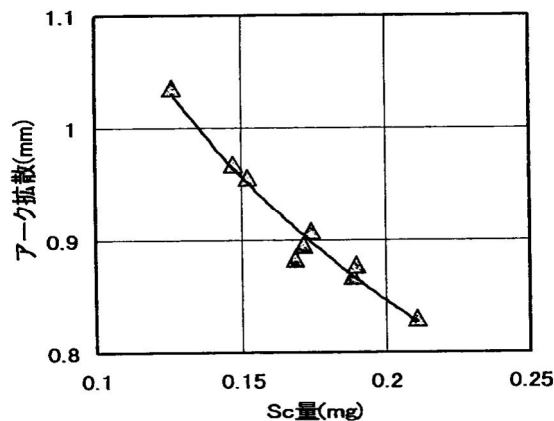


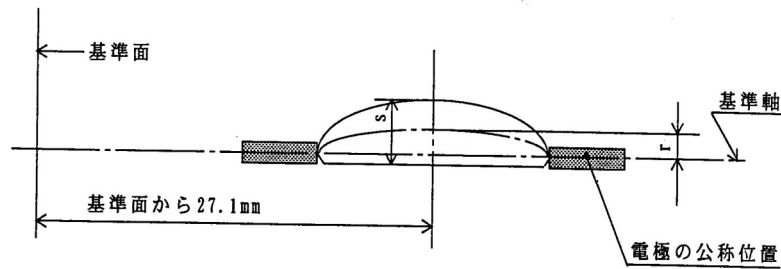
図 10 . Sc 量と Arc 拡散の関係
(ScI₃ + NaI + InI 総重量 0.4mg)

- ・ InI と InI₃ の違い : 同じ In 量でも、I の少ない InI の方が拡散する
- ・ InI と ZnI₂ の比較 : ZnI₂ の方が ion 化電圧高く、I 量多いので拡散度小さい

参考：「Arc 形状の規格」

1996	H I D光源データシート	頁 6/6
	分類：D2S	
	口金：P32d-2	

基準面から27.1mmの距離の断面でアークの湾曲と太さを測定することによってアークの形状及び基準軸と基準面に対する位置関係を特定するのに用いる。

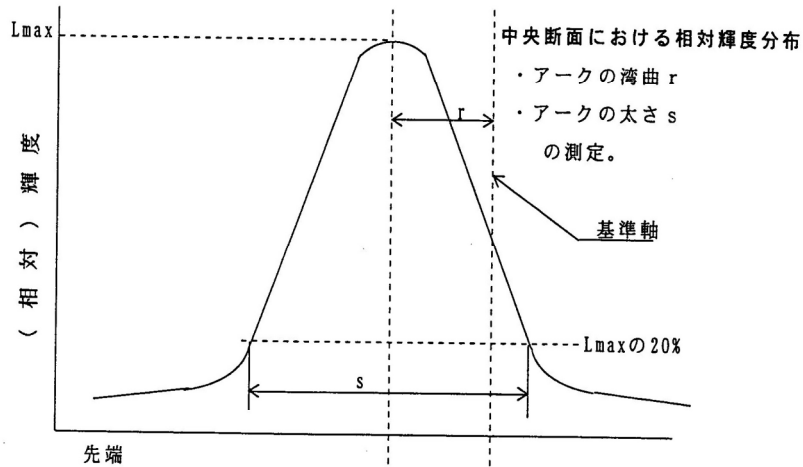


アークの位置と形状

上図に示す中央断面における相対輝度分布を測定したとき、最大値は基準軸から距離 r 内に位置するものとする。最大値の20%の点は s 内に位置するものとする。

単位 mm

寸法	量産光源	試験用光源
r	0.50 ± 0.40	0.50 ± 0.20
s	1.10 ± 0.40	1.10 ± 0.25



備考1. 測定方向はD2Sの頁1/6で定めたB方向。

* 参考文献

- 1 . 電球工業会報、No.445、(2002)
- 2 . 東芝レビュー -、Vol 58、No.4、(2003)
- 3 . . Proceeding of Th LS-10, p146,, 2004-7
- 4 . 特開 平 1 1 - 2 3 8 4 8 8
特開 2 0 0 2 - 9 3 3 6 9 他

以上