31 高圧ナトリウムランプの直流点灯時 における放電現象の検討

○小沢 正孝 伊藤 和彦 小山 和孝

(松下電器産業株式会社 照明研究所)

1. まえがき 安定器を小型・軽量・高効率化するための点灯方式の一つに電子点灯回路による直流点灯方式があり、この直流点灯方式で最も問題となるカタホレシス現象を起こすことなく高圧ナトリウムランプを点灯した例が最近報告されている。⁽¹⁾しかし、高圧ナトリウムランプ全般についてどのようなディメンジョン(アーク長, 管内径など)のランプであればこのような色分離を起こすことなく直流点灯できるか報告した例は見当らない。今回、高圧ナトリウムランプ全般について直流点灯時の放電現象とランプディメンジョンの関係を調べたので報告する。

2. カタホレシス現象とランプディメンジョンの関係 放電ランプを直流点灯するとカタホレシス現象によって封入金属や希ガスの種類に応じた多色の発光(色分離)をする。このような色分離を起こすことなく直流点灯できる高圧ナトリウムランプのディメンジョン(アーク長, 管内径など)を求めるために、直流点灯時の発光管内の封入ナトリウム蒸気の動きとランプディメンジョンとの関係を理論的に検討した。直流点灯時のカタホレシス現象の理論解析に関して、Druyvesteynはバッファガスとして希ガスを封入した金属蒸気ランプを直流点灯したとき、金属蒸気の運動が主として電界と拡散に影響されるものと仮定し、陰極から距離 x の点の金属蒸気密度 Nx は(1)式で表されるとしている。⁽²⁾

$$Nx = Nc - 8.3 \times 10^{10} \cdot [(\mu_+ \cdot V_0 \cdot I_0) / (\lambda - D \cdot R^2)] \cdot x \quad \text{--- (1)}$$

Nc : 陰極部の金属蒸気密度, μ_+ : 金属イオンの移動度, V_0 : 電子温度に対応した値,

I_0 : ランプ電流, λ : 電子の平均自由行程, D : 金属原子の拡散係数, R : 発光管半径

(1)式を高圧ナトリウムランプの場合に適用し、(1)式において Nc をナトリウム蒸気圧 P_{Na} に置き換え、カタホレシス現象による色分離を起こさない境界のナトリウム蒸気圧がアーク長 ℓ の所で得られるとして、(1)式を変形すると、カタホレシス現象によって色分離を起こさない境界条件として(2)式が得られ、この式を理論モデル式と仮定した。

$$P_{Na} = K_1 \cdot I_0 \cdot \ell / d^2 + K_2 \quad (d \text{ は管内径} = 2R, K_1, K_2 \text{ は定数}) \quad \text{--- (2)}$$

3. 実験および結果 上記理論モデル式が妥当であるかどうかを確認するとともにその係数 K_1, K_2 を求めるため、アーク長, 管内径, 定格ランプ電流の異なる各種高圧ナトリウムランプを抵抗形安定器を用いて、電源電圧を変化させて直流点灯し、このときの発光管の状態を観測するとともにランプ電流, ナトリウム蒸気圧を求めた。この実験結果を図1に示す。図1において各ランプ毎の結果を破線で、カタホレシス現象による色分離を起こさない境界線を実線で示す。この結果から、(2)式はカタホレシス現象による色分離

図1 実験結果

を起こさない境界条件として妥当であることを確認するとともに、ナトリウム蒸気圧 P_{Na} (kPa), ランプ電流 I_0 (A), アーク長 ℓ (mm), 管内径 d (mm) が、 $P_{Na} \approx 5.6 \cdot I_0 \cdot \ell / d^2 + 0.5$ の領域にある高圧ナトリウムランプはカタホレシス現象による色分離を起こすことなく安定に点灯できることを明らかにした。

参考文献: (1)矢橋他: 昭和60年照学全大論文集 p44、(2)M.J.Druyvesteyn: Physica, 2, p255 (1935)

A study of electric discharge phenomenon on the D.C. operation of high pressure sodium lamps
Masataka Ozawa, Kazuhiko Ito, Kazutaka Koyama