スタジオ用光源としてのキセノンランプ†

正会員 西 島 公 信*

The Application of Xe-Lamps
for the Motion-Picture Studio and Television Studio Lightingby Kiminobu Nishijima (Member)
(Ushio Industrial Co. L. D.)

ABSTRACT

Xe-lamps have inherent properties in spectral energy, luminous efficiency, electrical operation and geometrical characteristics, which make them attractive from both technical and operational point of view as a new light source for motion-picture studio lighting.

There are two types of Xenon lamps a short arc lamp and a long arc lamp, which can be used for set or stage lighting.

For spot-lighting and projecting the short arc lamp is recommended. The short arc lamp is usually operated at d. c. voltage, but for special purpose they can be lighted by pulse voltage.

The long arc Xe-lamp is suitable for flood-type stage illumination and generally operated at a. c. voltage. For the flickerless lighting, luminaire with three lamps connected with three phase power supply is used.

There are two types of long arc lamps, the one is used by water-cooling and the other is used by natural ventilation. The power of the water-cooling lamp is 6 kW and the natural ventilation lamp can be manufactured in any size from 1 kW to 20 kW. The total luminous flux of 20 kW lamp is 500,000 lumens.

現在映画およびテレビ等のスタジオで主として照明用に使用されているのは大型自熱電球であり、大体 2 kW から 20 kW 程度までがある。特殊の場合はカーボンアークが使用されている。キセノンランプはこの方面には未だ実用されていないが、このランプの特徴より考え将来大量に使用される可能性があるので、以下各種ランプについて説明する。撮影所で使用されるランプには (1)短弧光ランプ (2)長弧光ランプがあり、長弧光ランプには水冷式のものと同冷式のものがある。

1. 短弧光ランプ

アーク長が大体 10mm 以下のランプで常温におけるキセノンガス封入圧力は 8～10 気圧で、動作時には約 20～30 気圧になる。交流点灯用と直流点灯用の 2 種類あるが、フリッカの問題から直流を使用する。ランプ構造は第 1 図の通りである。球状の石英バルブ中に相対した

第 1 図 キセノン短弧光ランプ図

電極を有する構造であり、陽極を上にして、陰極を下にして点灯する。陽極は陰極に比べ質量が大きい。点灯回路は第 2 回の通りである。スタジオで使用される此の種のランプは、1000W、2000W、4000W の 3 種と考えられその特性は第 1 表の通りである。用途のまず第一にあげられるのはスポット照明である。第 1 表記載のようにいずれも

第 2 図 短弧光 Xe lamp の点灯回路

† 昭和 34 年 4 月電気四学会シンポジウム講演をまとめたものである

* 牛尾工業株式会社

第1表 キセノンランプの特性

ランプ種類	UXL-1000-D	UXL-2000-D	UXL-4000DK
ランプワット W	1000	2000	4000
ランプ電流(最大)A	45	70	140
ランプ電圧 V	22~26	27~31	27~32
アーク間隙 mm	5	6	6.5
光束 lm	28,000	60,000	130,000
寿命(平均) hr	800	800	400
点灯方向	垂直	垂直	垂直
冷却方式	自然	自然	強制冷却

点灯に2万から5万ボルトの高圧を要するので、スタータは灯具の下に附属せしめ、高圧リードをできるだけ短くして点灯を容易にしている。ランプはいずれも垂直点灯用であり、したがって灯具の操作角度は 40° 以下にせねばならない。傾斜の大きい場合は特別な冷却方法を考えねば寿命が短くなる。次にあげられる用途はスクリーンプロセス用である。テレビスタジオの場合、16mm用プロセスでは1000Wで充分で、受像管の感度が良いので、画面照度も200 lx程度で良いようである。しかしながら映画撮影所では要求される照度は1000~2000 lxと非常に高いので、現在100~200 A程度の大容量のカーボンアークが使用され、なおかつ不十分な現況である。カーボンアークの場合容量が大きくなればなる程、発生熱のため、光源を光学系へ近づけることができず、したがって光の利用率は悪く、現在のキセノンランプの場合の約 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{2}$ 程度である。

バックアークの80 V 160 A (約13kW) のものでリフレクタ光学系を利用した場合の有効光束は約22,000 lmで、光学系全体の効率は1.7 lm/W程度である¹⁾。キセノンランプの場合、2 kWで有効光束は約8,000 lmで効率は約4 lm/Wであり4 kWの場合有効光束は約20,000 lmで効率は約5 lm/Wになる。キセノン光学系はなお改善の余地があり、約7 lm/W程度までの上昇は可能である。上記の有効光束は直流連続点灯を行い映写機シャッタをつけた場合である。キセノンランプはパルス点灯が可能であり、現に16mm映写機では実用されているが、シャッタ無しの映写ができるので、有効光束も倍近くあげることができる。

次に発生熱について、カーボンアークの場合映写機のゲート部分の受ける熱は非常に高く一般に400~500°C程度にもなり、大型の場合700~800°C程度に上昇することもあり得る。キセノンランプの場合はこの温度は、はるかに低く燃焼灰およびスパッタがないので、ゴールドミラーの使用も可能であり、非常に有利になる。

キセノンランプをスポットおよびスクリーンプロセス用映写機等に使用する場合、このランプのアークの特性を充分考慮に入れた光学系を設計する必要がある。

第3図のように陰極附近にプラズマ球ができ最大の輝

第3図 キセノンアークの輝度分布

第4図 カーボンアーク・クレータの輝度分布

度を示し、陽極へ行くに従って低下し、陽極附近ではプラズマ球部分の約 $\frac{1}{10}$ 程度になる。カーボンの場合は第4図のように、輝度分布は一樣である。したがってカーボンアーク光学系のような、単に反射鏡のみとか、コンデンサーレンズのみとかの集光方式を取ると、照射面の照度むらが甚しくなるので、種々の光学系が考えられている。またキセノンランプは色調が太陽光に類似していることが大きな特徴であるので、光学系もこれを生かす様に設計する必要がある。すなわちランプの陽極陰極がアークにより加熱され、約1800°C程度になるので、この部分をアークと共に集光してしまうと非常に赤味掛った色調になる。アークのみの色温度は約6200°Kにであるが、電極を共に集光すると約4500°Kに程度に色温度は下がる。したがってアーク部分のみを主として集光する様な光学系でなければ、キセノンランプの大きな特徴を失わせることになる。

以上のような点を充分考慮してこのランプを使用すればスポット用スクリーンプロセス用として良い結果が期待できる。

2. 長弧光ランプ

2.1. 水冷式ランプ

このランプは主として交流点灯用として製作されたものであり、両極間を石英細管にしてこの中を高温アークを通すようにしてあるので、石英壁の温度上昇が甚だしくしたがって外部から水で冷却している。数秒間の断水でランプが破損するので、ランプ点灯回路は第5図のようになっており、水の循環に対する安全装置をつけている。水の速度が非常に問題になり、遅いと冷却不十分でランプ自体に悪影響を及ぼし、また小気泡の発生が起り、光学系に悪影響を与えるので、特殊な循環ポンプを使用して、これを灯具に取付け、大体6 l/min程度の速

第 5 図 UXF-6000AW 点灯回路

2 表の通りである。

交流用であるので、撮影用としては 3 本を三相点灯してフリッカを防ぐようにする。此のランプは横縦点灯が自由であり、フラッドな光を出すので撮影用としては非常に適したランプである。映画撮影の場合、最も多く照明を要するのは、バックスクリーンの照明であり、面積も広く而も天然色の場合 5,000 lx というような高照度を要求されるので、普通は 10~20 kW の白熱電球を 2~3 間隔に使用している。この場合の有効光束は 20kW で 24~30 万 lm 程度である。キセノン 6 kW 3

第 6 図 水冷式 6 kW ランプ UXF 6000 AW

灯使用に灯具は約 60 万 lm の光束が得られる。大体同じ消費電力で約 2~3 倍の明るさが得られることになるので経済的にも非常に有効である。ただしこのランプの色温度は約 6,000 °K という高温であるので、普通の屋内撮影用の 3,200 °K の色温度のフィルムを使用する場合は、アンバ系統のフィルタを入れ色温度を下げねばならないので、約 40 % 程度の光束のロスが見込まれる。したがってキセノンランプを撮影用に使用する場合は、ある面のみの照明ではなく、全くセットの照明を各種キセノンランプで行い、フィルムも屋外用 5,500 °K の物を使用せねば効果が半減する。

2. 2. 空冷式ランプ

前述のランプは光源の大きさがいづれも余り大きくないので、大きな場所の全般照明に使用する場合に照度のムラを起さぬようにする為には、ランプ数を増さねばならず経済的に相当問題がある。また水冷式であるために取扱い運搬等に若干問題があり、循環水の質も問題になる。水道水を使用する場合は、毎日稀塩酸等によるラ

度になるようにしている。ランプは第 6 図の通りである。ランプが悪くなった場合は、ランプのみを簡単に取替えができるようにしてある。ランプ特性は第

第 2 表

ラ ン プ 特 性		
電 流	交流	45 A. Max.
ランプ電圧		135 ± 10 V
全 光 束		210,000 lm
電 源 電 圧	交流	220 V
点 灯 位 置	任	意
冷 却	水冷	6 l/min. 以上

ンプの洗滌が必要で相当面倒なことになる。したがって水冷が不要で一本で大容量のランプが要求されることになる。1958 年 Lichttechnik にこの種のランプが発表された³⁾。このランプは前述のランプと比べ封入キセノンガス圧は非常に低く点灯時で約 1 気圧程度ににしかならない。ランプ管径、電極間距離封入圧力を選定することにより、1 kW 程度から 2 kW 程度まで、自由に製作が可能である。小容量の物は若干ガス圧を上げなければ、効率が 25 lm/W 以上にできないので、横点灯をすると石英管の過熱のためにランプが破損する。ただし 10 kW 程度以上の大容量の物の場合、低いガス圧で 25~27 lm/W 程度の効率の物が得られ、外壁温度も 800 °C 程度以下になし得るので横点灯が可能である。20 kW のランプは全長約 2.2 m、アーク長 1.9 m で安定時ランプ電圧 250 V、電流 80 A である。点灯には約 20 kV の高圧を要する。全光束は約 55 万 lm、器具に入れ 50 万 lm の光束が得られる。此のランプも交流点灯であるので、撮影の場合は 3 相点灯を行いフリッカレスとして使用する。色温度は約 6,000 °K である。スペクトル分布は低圧になる程輝線が増加する傾向がある。

以上簡単に各ランプについて説明したが、今後の撮影所用照明としては、なお灯具の問題、安定器の問題等研究すべきことは相当あるが、大型ランプで全セットおよびバックスクリーン等を照明し、補助用として 1~2 kW のスポット照明を行うようにすれば、キセノンランプのみによる全セット照明も可能で、従来作業員および俳優が熱のために苦痛を相当感じていた点も相当改善でき、経済的にはむしろ有利な照明ができると考えられる。特殊撮影の場合は 1~2 万 lx という高照度の要求される場合もあるので、此の種ランプの利用価値も益々向上すると考えらる。

文 献

- 1) H. Uiffers : Lichttech. 10 (1958) 409~416
- 2) Warran B. Reese : Journal SMPTE 67 (1958) 392~396
- 3) A. Lompe : Lichttech. 10 (1958) 108~109