



Title	下水二次処理水の消毒に用いる無電極UVランプの特性
Author(s)	大西, 博; 波多野, 晶紀
Description	第7回衛生工学シンポジウム (平成11年11月11日 (木) -12日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 水処理 1 . 6-5
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 7, 215-218
Issue Date	1999-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7295
Type	departmental bulletin paper
File Information	7-6-5_p215-218.pdf



6-5 下水二次処理水の消毒に用いる無電極UVランプの特性

大西 博 (東芝ライテック株式会社)、 ○波多野晶紀 (株式会社 東芝)

1. はじめに

紫外放射 (UV) による下水二次処理水の消毒は、有害な消毒副生成物を生じる心配がなく、また、消毒効果の残留性がないことから、放流先の環境にやさしい消毒方法として注目され始めている。

従来、UV消毒装置に用いられるランプは、発光管内部に電極を持つ低圧または中圧の有電極ランプであった。有電極UVランプの寿命は、内部電極の損耗などのため最大10000時間程度であり、ランプ交換毎に生じる消耗ランプが産業廃棄物の増大につながるという問題を抱えていた。そこで、筆者らは、磁界結合型無電極放電技術をランプに応用し、電極寿命に左右されない長寿命 (50000時間) の無電極UVランプを開発し、産業廃棄物の発生を最小限に抑える環境にやさしい消毒装置を開発した。⁽¹⁾

本報では、無電極UVランプのさらなる性能向上のために行った各種パラメータ最適化の検討結果について報告する。

2. 無電極UVランプ

従来の有電極ランプは電極の消耗により点灯しなくなる“球切れ”が生じるため、長寿命化は困難であった。そこで、電極寿命に左右されない無電極ランプが長寿命・高効率な環境保全のためのランプとして期待されている。

無電極放電は、構造および使用高周波電力の周波数の違いから、電界結合放電型、磁界結合放電型、マイクロ波放電型、表面波放電型の4タイプに分類される。このうち、大電力化が可能であるのは磁界結合放電型とマイクロ波放電型である。⁽²⁾ 本報で報告する無電極UVランプは、磁界結合放電型に属している。

磁界結合放電型無電極UVランプは、図1のようにUVを透過する石英ガラス製発光管にアルゴンなどの希ガスと放電に必要な原子数以上の水銀が少量封入されている。発光管外周に巻かれたコイルに 13.56MHz の高周波電流を流すと磁界が生じ、リング状のプラズマが形成され誘導電流が流れることにより発光している。

電極を使用しないため長寿命であり、電極によるエネルギー損失もない。コンパクトな発光管に比較的大容量を投入できるため、高輝度である。また、ランプ最冷部温度を制御することでエネルギー効率の良い低圧ランプとした。

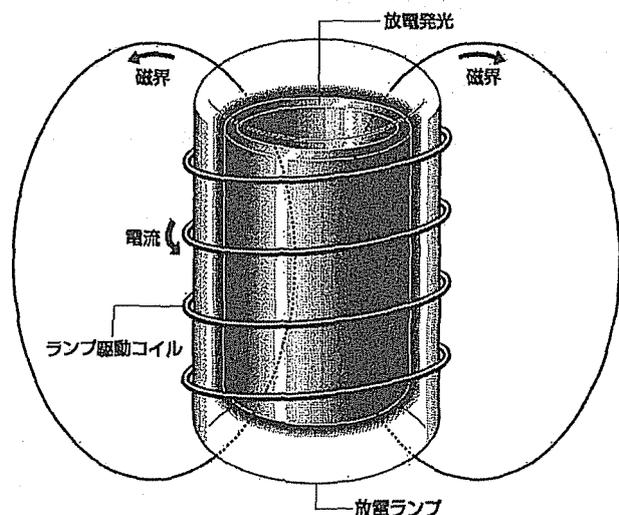


図1 磁界結合放電型無電極UVランプ

表1に下水消毒用UVランプの比較を示す。

表1 ランプ諸元

	有電極UVランプ		無電極UVランプ
	低圧	中圧	低圧
水銀圧	低輝度～高輝度	高輝度	比較的高輝度
容量	数十 W～1kW	数 kW～十数 kW	500W
UV変換効率	30%～40%	10%～20%	約 35%
寿命	3,000～14,000 時間	約 7,000 時間	50,000 時間(約6年)

3. 無電極UVランプの最適化

無電極UVランプのUV出力特性には、各種の設計パラメータが関与している。ここでは、最冷部温度、整合回路構成、発光管寸法、投入電力の最適化について報告する。

3.1 最冷部温度

UV出力特性は最冷部温度に依存し、最冷部温度は周囲温度の影響を受ける。この特性をみるための実験に用いた無電極UVランプ形状を図2に示す。最冷部側の保護管内面に温度制御用のヒートシンクを取付けた。表2のように最冷部細管とヒートシンクの位置関係を変えた4種類の試作について、周囲水温－UV強度特性を測定した。

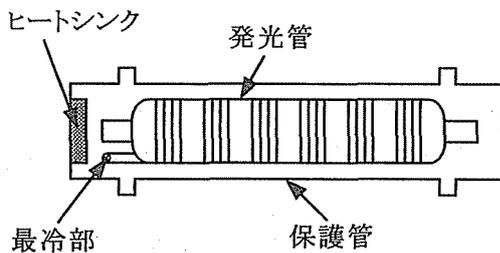


図2 実験ランプ概要図

表2 実験試作一覧

	ヒートシンク	最冷部位置	概略図
試作 A	無し	横	
試作 B	水平	横	
試作 C	垂直	横	
試作 D	垂直	下	

実験結果を図3に示す。試作Aは周囲水温5℃、試作Bは周囲水温10℃、試作C、Dは周囲水温20℃でUV強度がピークとなった。試作CとDとでは、Cのほうが温度変動に対するUV強度の変動幅が小さいという結果を得た。

周囲水温10℃～30℃の間で最冷部を制御可能であることが確認された。

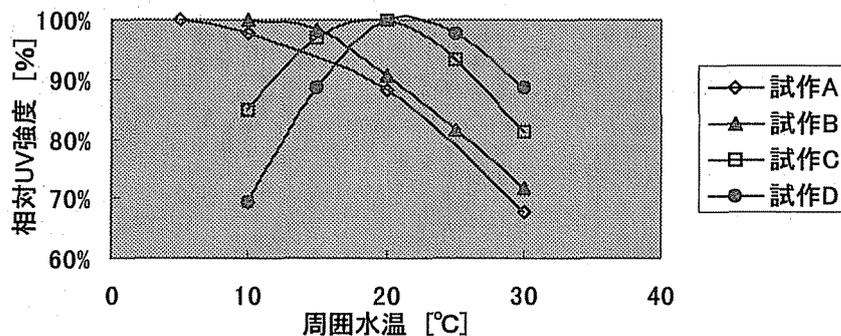


図3 周囲水温－UV強度特性

3.2 整合回路構成

整合回路は、電源からみたランプ全体のインピーダンスが純抵抗となるよう調整するために必要な回路である。

分離型整合回路を使用した場合の回路構成例を図4に示す。整合回路とランプはケーブルで接続されているため、ケーブルの電力損失が生じていた。また、ケーブルのインピーダンスは、コンデンサ成分を含んでいるため、整合回路内にコイル成分を取付ける必要があった。

そこで、図5のようにケーブルを無くし、整合回路部分をランプに一体化した。これにより、整合回路内のコイルも不要となり、電力損失の低減を実現した。

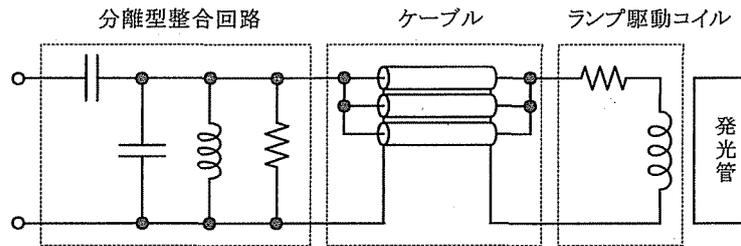


図4 回路構成例(分離型)

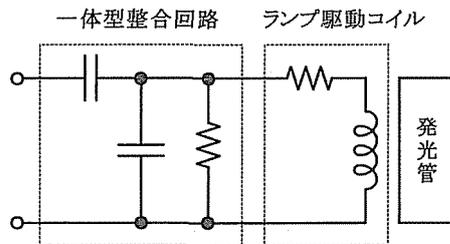


図5 回路構成例(一体型)

3.3 発光管寸法

発光管長を変えてUV変換効率を測定した。図6に発光管長－UV変換効率特性を示す。発光管長を増加すると管壁負荷の減少に伴い、UV変換効率は上昇する。しかし、ある程度以上では急激にUV変換効率が低下する傾向が見られた。

これは、発光管長の増加に伴う電力伝達経路の増加により、電力の伝達効率が急激に減衰することが原因と考えられる。

ここでは、発光管長500mm～600mmが最適であった。

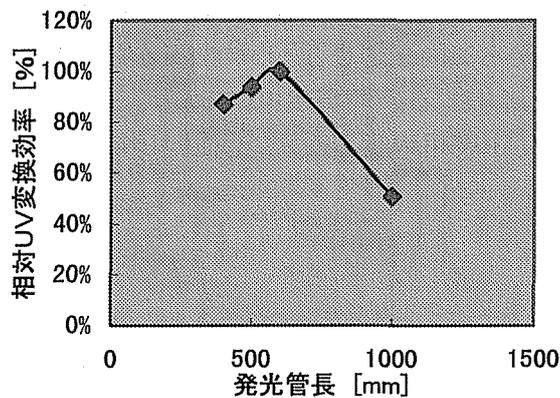


図6 発光管長－UV変換効率特性

3.4 投入電力

投入電力に対するUV強度特性を図7に示す。投入電力を増加するとUV強度も増加するが、増加率は徐々に低下し、UV変換効率は低下する傾向が見られた。UV強度は、500W入力時を100としたとき、100Wでは29、1kWでは151となった。また、UV変換効率は、同様に500W時を100としたとき、100Wでは143、1kWでは75となった。これは、電力密度の増加に伴う励起水銀原子の枯渇が主な原因と考えられる。

UV変換効率の面からはより小電力で運転するほうが有利であるが、小電力化による必要ランプ本数の増加は、初期投資の増大・設置スペースの増大・メンテナンスコストの増大につながるためデメリットとなる。逆に大電力運転は、必要本数は減るものの電力コストが増大する不利もある。必要ランプ本数と消費電力の兼ね合いから500W運転が適切と判断した。

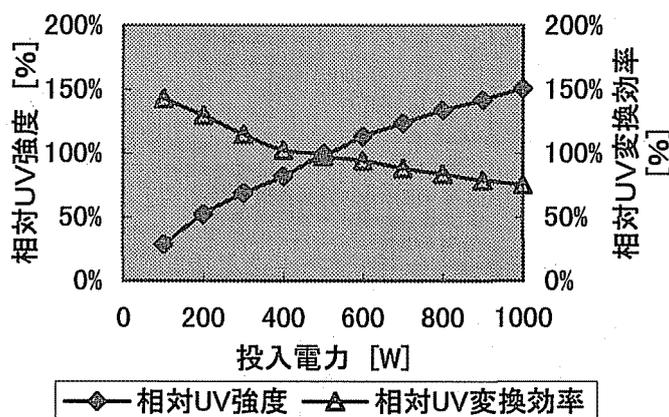


図7 投入電力－UV強度特性

4. まとめ

無電極UVランプの特性について次の知見を得た。

- (1) 最冷部構造の最適化により、周囲温度－UV出力特性を制御できる。
- (2) 整合回路を一体化することにより、回路をシンプルにでき、電力損失も抑えられる。
- (3) 発光管長増大に伴ってUV変換効率が低下する場合がある。これは電力の伝達損失が原因と考えられる。
- (4) 投入電力が大きいほどUV強度は増加するが効率は低下する。必要ランプ本数と消費電力の兼ね合いから投入電力は500Wが適切と判断した。

今後も無電極放電技術をさらに向上させるために開発を続行している。ランプ構造に関する各種パラメータにはさらに最適化する余地が残されており、500Wタイプのさらなる性能向上を目指すとともに大規模向けの1kW超大容量ランプも検討している。

(参考文献)

- (1) 中山芳夫, 井上昭浩: 無電極紫外線ランプによる消毒装置, 第34回下水道研究発表会講演集
- (2) 井上昭浩: 次世代の新型ランプ, 電気学会誌, 117-3(1997)