

(4) ランプの選定

これらのランプの選定に当たっては、水量や水質、適用位置を十分考慮する必要がある。表2-1は、これらのランプの特性をまとめたものであり、表2-2は低圧と中圧紫外線ランプの長所と短所をまとめたものである。

表2-1 紫外線ランプの特性

項目	低圧	中圧
波長	253.7 nm の単色光	不活化に有効な波長範囲を含む多色光
点灯時の水銀蒸気圧	1~10 Pa 程度	40~400 kPa 程度
動作温度	40~200 °C	600~900 °C
電気入力	0.4~10 W/cm	50~250 W/cm
殺菌に有効な紫外線出力	0.15~3.5 W/cm	5~30 W/cm
電力から不活化に有効な光への変換効率	20~40%	10~20%
アーク長	10~150 cm	5~120 cm
必要なランプ本数	多	少
寿命	8,000~12,000 時間	4,000~8,000 時間

表2-2 紫外線ランプの比較

	低圧	中圧
長所	<ul style="list-style-type: none"> 出力される波長が不活化に有効な 253.7 nm であり、不活化効率が高い ランプ 1 本当たりの消費電力が少ない 変換効率が高い ランプの寿命が長い 多灯装置のため、ランプ不点時の影響が少ない 	<ul style="list-style-type: none"> ランプ 1 本当たりの出力が高いため、設備を小さくできる 大容量の施設に対応できる 処理水温度に影響されない
短所	<ul style="list-style-type: none"> ランプ 1 本当たりの出力が小さいため、設備が大きくなる 	<ul style="list-style-type: none"> 運転温度が高いため、ファウリングが加速される ランプの寿命が短い 変換効率が低い

2. 1. 3 ランプスリーブ

ランプスリーブは、紫外線ランプを破損から保護し、最適な動作温度を保つために必要な部品であり、材質は石英である。直径は一般的に低圧紫外線ランプで 1.5~3.0 cm、中圧紫外線ランプで 2~10 cm となる。また、紫外線ランプ表面とランプスリーブ内面との距離は、0.5~2.0 cm 程度である。なお、ランプスリーブの厚さは一般的に 1.5~3 mm であり、主に 240 nm 以下の紫外線を吸収するものもある。このため、紫外線照射装置の設計に際しては、ランプスリーブにおける紫外線の吸収を考慮に入れる必要がある。図2-10に紫外線の波長別ランプスリーブ透過率の例を示す。オゾンレス石英は、ランプスリーブ外面のファウリングを防止する効果があるとされている。この他にも、ランプスリーブの割れ防止、割れた場合の飛散防止のためフッ素樹脂コーティングしたランプスリーブも使用されている。

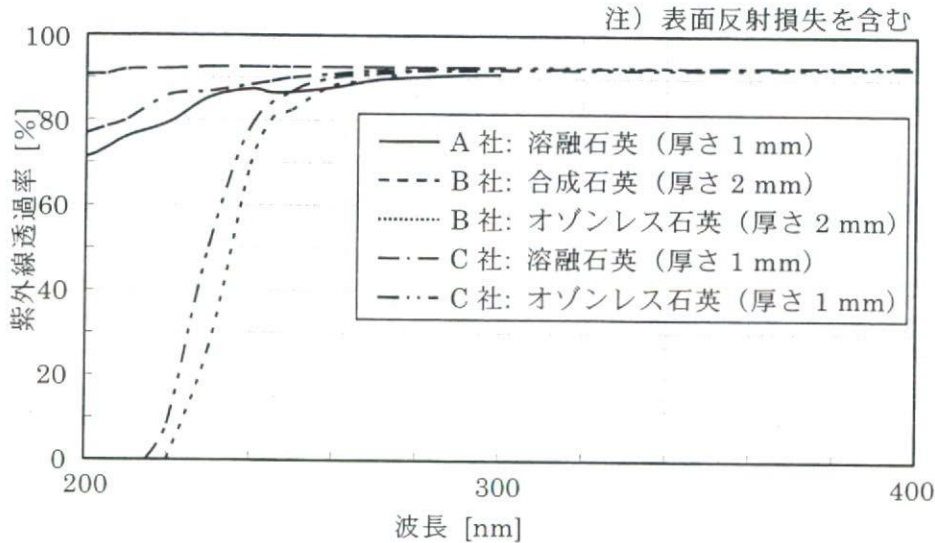


図 2-10 紫外線の波長別ランプスリーブ透過率例^{9),10),11)}

ランプスリーブの微細な割れやファウリング（汚染）により、紫外線強度は低下する。微細な割れは、内部応力や自動洗浄システムの故障、水撃、共振などの機械的な力によって起こる。ランプスリーブを手作業で洗浄する際にも微細な割れが生じることもあるため慎重な取り扱いが必要である。また、運転中にランプスリーブが割れると、水が内部に浸入し、紫外線ランプと水との温度差によって紫外線ランプが破損し、封入された水銀が漏れ出すおそれがあるため注意が必要である。

また、ランプスリーブ外面のファウリングは、主に水に含まれる硬度成分や金属イオンが原因で生じ、これらは洗浄によって定期的に除去する必要がある。

2. 1. 4 紫外線強度計

紫外線強度計は、照射槽内の紫外線強度を測定する感光検出器である（写真 2-2）。この強度計を使用することにより、照射槽内の特定位置の紫外線強度を測定できる。測定される値は、ランプ出力の設定、ランプの劣化、ランプスリーブの劣化、ランプスリーブのファウリング及び水の紫外線吸光度の変化により影響を受ける。紫外線強度計は、光学部品、光検出器、増幅器、ケース及び電気コネクタで構成される。なお、中圧紫外線ランプの強度を測定する際は、目的とする波長に応じて適宜受光部を変更する必要があるが、253.7 nm の波長を検出可能な受光部を選定するのが一般的である。中圧紫外線ランプの強度を測定する際の受光部の波長は、メーカーにより様々であるがその例を図 2-11 に示す。

紫外線強度計の型式は、湿式と乾式に分けられる。乾式強度計は、監視窓を通して紫外光を測定するものであるのに対し、湿式強度計は照射槽を流れる水に直接接触させて測定するものである。監視窓と湿式強度計の水との接触部分は、時間の経過とともに汚れる可能性があるため、ランプスリーブと同様に洗浄が必要である。

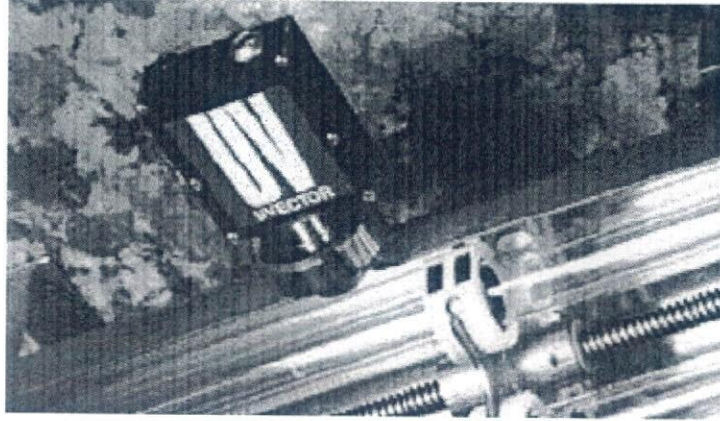


写真 2 - 2 湿式紫外線強度計の外観 2)

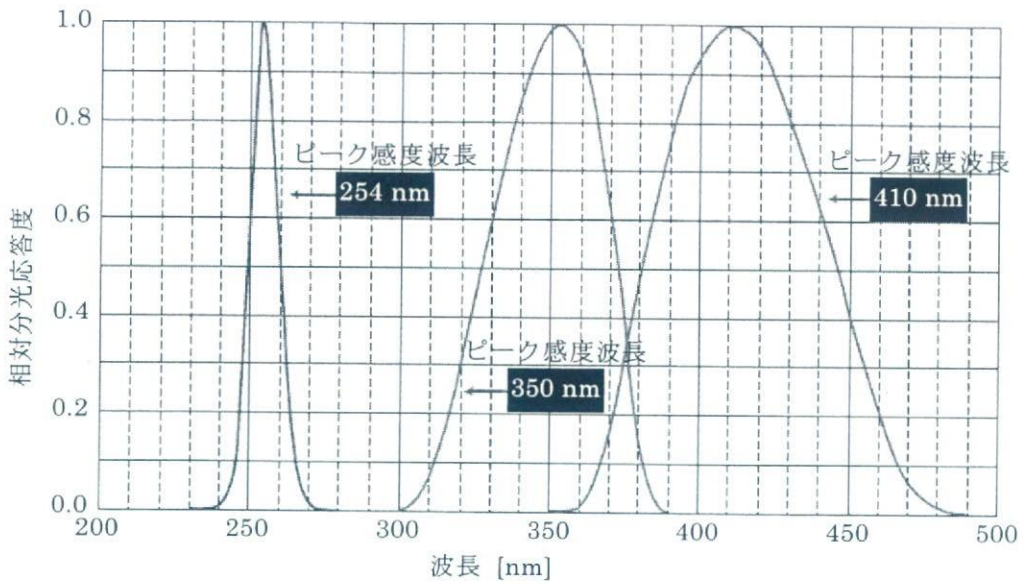


図 2 - 1 1 紫外線強度計の受光部の波長 (例) 12)

物理的センサとして、光電管やシリコンフォトダイオードを用いた紫外線照度モニタが検出器として用いられている。物理的センサの構造については、代表例として UV-B センサを図 2 - 1 2 に示す。

石英ドームより入射した光が拡散板、干渉フィルタ、蛍光膜、ブロックフィルタを経て分光、変換される。計測すべき紫外線の波長域に応じて干渉フィルタの材質が適宜変更される。

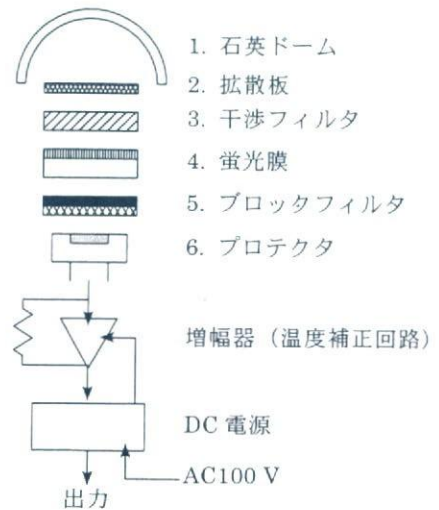


図 2 - 1 2 UV-B センサの構造 1)

2. 1. 5 安定器

ランプを点灯するには電力をランプに供給する必要がある。白熱電球は電流が増えると電圧が高くなる正特性を示すので、安定器なしで直接電源に接続できる。低圧紫外線ランプや中圧紫外線ランプの放電は、図2-13に示すように電流が増えると電圧が下がる負性抵抗（負特性）を示すので、放電を安定させるためには図に示したような出力特性曲線を持つ安定器が必要である¹³⁾。ランプの電流は動作点において安定する。安定器を備えた点灯回路はランプを始動させ、安定してランプに電気エネルギーを供給する機能を有している。安定器には電磁安定器と電子安定器があり、電子安定器はインバータとも呼ばれている。

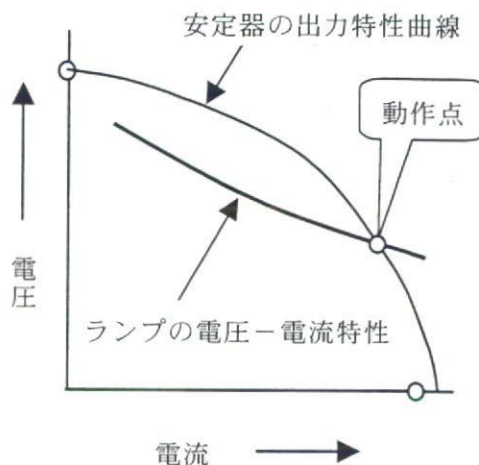


図2-13 安定器の出力特性曲線とランプの電圧-電流特性¹³⁾

(1) 電磁安定器

電磁安定器はスイッチスタート式点灯回路とラピッドスタート式点灯回路が代表で、その他にも多くの方式がある。スイッチスタート式は20W以下の蛍光ランプに多く使われ、40W以上の蛍光ランプはラピッドスタート式が多い。クリプトスポリジウム対策に使われる紫外線照射装置の低圧紫外線ランプの電力は蛍光ランプに比べ比較的に大きいので、使われる電磁安定器はラピッドスタート式が多い。いずれの方式でも、電磁安定器は商用周波数で作動するので、電流制御はチョークコイルとコンデンサが基本に使われる。写真2-3左に示す電磁安定器は、蛍光ランプ用安定器を基本（ベース）にして、低圧紫外線ランプに適合するよう、始動電圧を少し高く設計して作られている。写真2-3右は中圧紫外線ランプの安定器で、漏洩（リーケージ）トランスとコンデンサで構成されている。

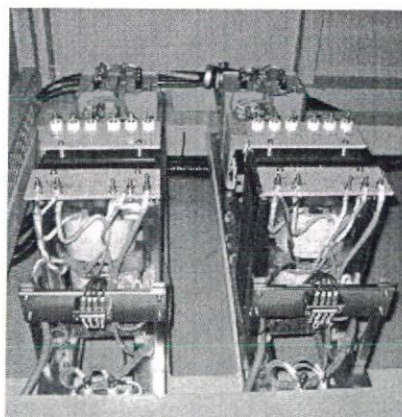


写真2-3 電磁安定器

(左：低圧紫外線ランプ用、右：中圧紫外線ランプ用)

(2) 電子安定器

電子安定器は高周波でランプを点灯させるもので、安定器を小形軽量にでき、電力損失も減らせる。しかし、高周波電源が必要で、図2-14に示すように、商用周波数を整流平滑化して高周波変換する。効率はよいが高価な部品を使い回路が複雑なので、コストは高く異常信号（ノイズ）や水に弱い欠点がある。写真2-4に低圧紫外線ランプ用の電子安定器の例を示す。

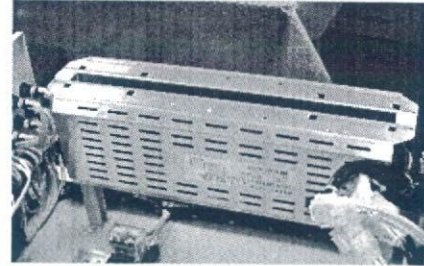
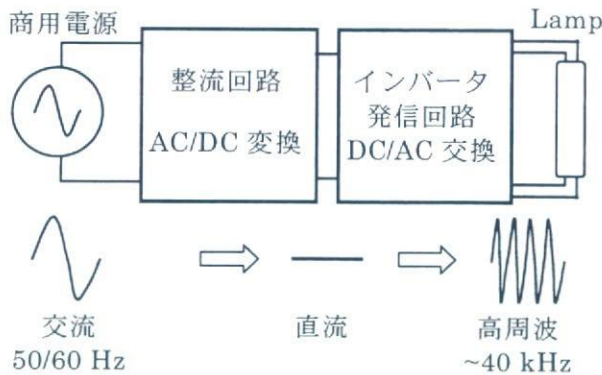


写真2-4 電子安定器の例

図2-14 電子安定器の構成

2. 1. 6 付属制御盤

紫外線照射装置の付属制御盤は、紫外線照射槽と一体化しているものと独立しているものがある。付属制御盤内には一次電源を受電するブレーカ類、ランプを点灯させるための安定器、その他制御用電気部品などが入っている。盤面には受電表示灯、各種異常表示灯、操作用スイッチ、紫外線モニタ表示部などがある。信号の入出力としては、遠方の監視施設からの運転信号入力、遠方の監視施設への異常信号出力などがある。また、安定器が発熱体であるため、盤には冷却ファン、吸気口フィルタが備わっている場合がある。

紫外線ランプと安定器との配線長さに制約があるため、付属制御盤は紫外線照射槽との位置関係を配慮する必要がある。ただし、適切な温度・湿度環境や（消毒用塩素タンクから発生する塩素ガスなどの）腐食性ガスの影響がない環境に設置することが望ましい。

2. 2 対策指針で望ましいとされる機器

紫外線照射装置内の設備において望ましいとされる機器には、自動洗浄装置と温度（水温）計がある。

2. 2. 1 自動洗浄装置

自動洗浄装置は、電気又は空気圧で駆動するワイパにより洗浄する方式が一般的である。ワイパには、機械ワイパと物理化学ワイパの2種類があり、機械式ワイパは、ランプスリーブに沿って移動するステンレス製ブラシやテフロンリング等で構成されている（図2-15）。物理化学ワイパには、ランプスリーブに沿って移動する洗浄液が充填されたリングが備わっている（写真2-5）。リング内部の洗浄液がファウリング物質を溶解しながら、ワイパがランプスリーブ表面のファウリングを物理的に除去する。自動洗浄装置の洗浄機構（ワイパ等）は、照射槽内に密閉されており、紫外線照射装置の連続運転中に、ランプスリーブの洗浄ができる構造となっている。

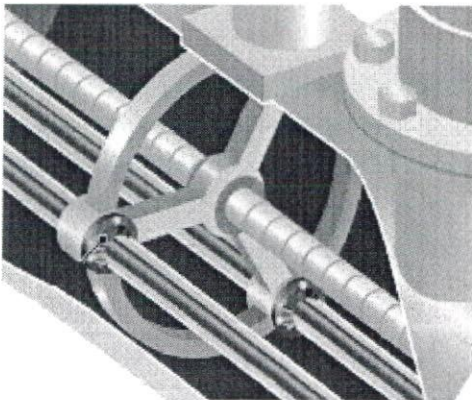


図2-15 機械ワイパシステム⁷⁾

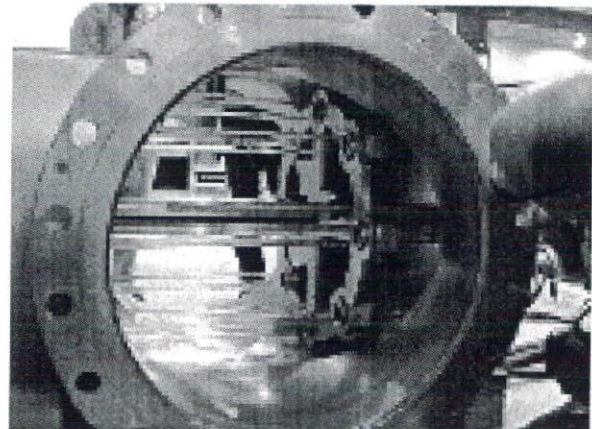


写真2-5 物理化学ワイパシステム²⁾

2. 2. 2 温度計

紫外線照射槽には、発熱及び紫外線強度の監視を目的に常時水温等を測定する温度計を設置することが望ましい。

紫外線ランプは、発熱するため照射槽内に水がない状態では点灯しないようにするが、万一点灯させた場合は、温度計により警報を出し消灯させる。また、流入水量が設計値を大きく下回る場合及び流入を停止する場合は、発熱し設定値以上の高温になることがある。このような場合も温度計により警報を出しランプを消灯させ紫外線処理装置の運転停止等の措置をとる必要がある。中圧紫外線ランプの場合は、高温になるため温度計の設置が必要である。

また、低圧紫外線ランプでは、水温の上昇により、紫外線ランプ内の水銀蒸気圧が変化するため効率が低下することがあるので水温を監視することが望ましい。製品によって若干異なるが、20℃付近を最大値として低水温、高水温の両側でランプ強度は低下する（図2-16）。

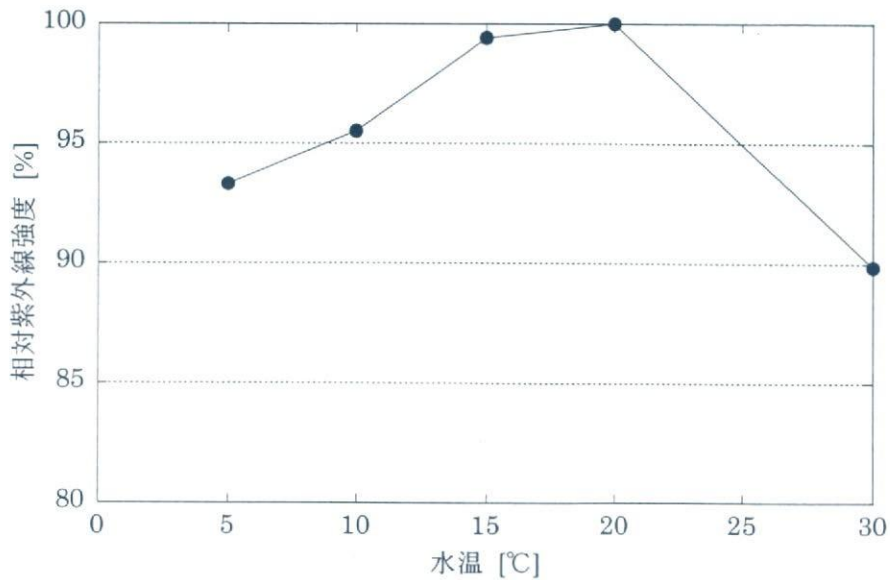


図 2-16 低圧紫外線ランプの紫外線強度の水温依存性 (例)¹⁴⁾

参考文献

- 1) 「高効率浄水技術開発研究 (ACT21) 代替消毒剤の実用化に関するマニュアル」、(財) 水道技術研究センター、2002
- 2) EPA Ultraviolet Disinfection Guidance Manual、EPA815-D-03-007、2003
- 3) 堀田秋廣、岩崎達行、相川幸一、林宏、「紫外線照射装置の運転・維持管理」、水道協会雑誌、第 76 巻、第 11 号 (第 878 号)、2007
- 4) 厚生労働省、水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針、2007
- 5) 山越裕司、府中裕一、「紫外線処理技術の現状」、環境技術、Vol. 37、No. 3、pp. 202-206、2008
- 6) 照明学会、「ライティングハンドブック」、オーム社、1987
- 7) 日本紫外線水処理技術協会 提供資料
- 8) 「最近の消毒技術の評価に関する報告書」、日本下水道事業団技術開発部、1997
- 9) MARUWA Co. Ltd. GENERAL CATALOG
- 10) ランプ用透明石英ガラス PC-LAMP-GEN-005、Shin-Etsu Quartz Products Co. Ltd. 2005.10.1
- 11) SYLVANIA 社カタログ、PMC003-1
- 12) 株式会社トプコン技術資料
- 13) (社) 照明学会編、「照明ハンドブック (第 2 版)」 pp 134、オーム社、2003
- 14) 「民間開発技術審査証明報告書 紫外線殺菌装置」、日本下水道事業団、1994

3. 地表水以外の水への適用における紫外線処理設備

3. 1 紫外線照射量

「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」（以下、「対策指針」という。）では、クリプトスポリジウム等を不活化できる紫外線処理設備の要件として、紫外線照射量を次のように定めている¹⁾。

紫外線照射槽を通過する水量の95%以上に対して、紫外線（253.7nm付近）の照射量を常時10mJ/cm²以上確保できること。

紫外線照射量（mJ/cm²）は、照射強度（mW/cm²）と照射時間（s）との積である。つまり、適正な照射強度を持つ紫外線ランプを用いて、紫外線照射槽で所定の滞留時間を確保する必要がある。

紫外線照射量10mJ/cm²はクリプトスポリジウムを3log（99.9%）不活化できる照射量である。ジアルジアについては5mJ/cm²の照射量で2log（99%）不活化できる²⁾。

実装置においては、紫外線照射槽の形状、ランプの配置、本数などによって槽内の滞留時間と紫外線強度に分布が生じる。濁質や色度成分などの水質も紫外線の透過率を減少させ、照射強度分布に影響を及ぼす。また、ランプ出力の低下、ランプスリーブの汚染、水温変動なども照射強度分布に影響を及ぼす。これらの影響を十分に考慮し、紫外線照射槽を通過する水量の95%以上に対して、10mJ/cm²以上の照射量を常時確保できるようにしなければならない。

紫外線照射量を求める方法として、生物線量計を用いてRED（換算紫外線照射量：Reduction Equivalent UV Dose）を求める方法がある。指標微生物の紫外線感受性を測定し、紫外線照射装置に同一指標微生物を供することによって、その生残率から紫外線照射装置の照射量を求める方法である。また、照射槽内の紫外線照射量分布をCFD（Computational Fluid Dynamics）解析モデルによるシミュレーションを用いて求める方法がある^{3),4)}。

3. 2 適用水質

紫外線処理は紫外線が水中を透過して目的物に照射されなければ効果がない。このため、紫外線の透過を妨げる物質である濁度、色度などが処理効果に影響する。対策指針では、クリプトスポリジウム等を不活化できる紫外線処理設備の要件として、処理対象とする水が以下の水質を満たすものであることとしている¹⁾。

- ・濁度 2度以下であること
- ・色度 5度以下であること。
- ・紫外線（253.7nm付近）の透過率が75%を超えること。（紫外線吸光度が0.125abs./10mm未満であること）

さらに、鉄分、マンガンなどの紫外線吸収物質が存在すると紫外線透過率が低下す

るため処理効果に影響する。また、ランプスリーブの表面にスケールが付着することによる照射量低下の影響をできるだけ避けるため、以下のような水質が望ましいとしている。

- ・鉄分 0.1 mg/L 以下
- ・硬度 140 mg/L 以下
- ・マンガン 0.05 mg/L 以下

しかしながら、これらの硬度成分、金属成分等の濃度と析出速度との関係は不明な点が多く、実際にはランプスリーブの自動洗浄機構をあらかじめ装置に取り付けることが望ましい。

3. 3 設計上の留意点

3. 3. 1 原水水質の把握

紫外線処理設備の導入を検討する際には、まず対象施設が対策指針の“クリプトスポリジウム等による汚染のおそれのレベル”のどのレベルに該当するかを確認する。レベル4（地表水を水道の原水）に該当する場合には出口濁度を0.1度以下に維持することが可能なろ過設備を設置しなければならない。

次に、濁度、色度、紫外線透過率（又は紫外線吸光度）が対策指針の要件を満足しているか確認する。これらの水質は年間の最大値、平均値、最小値を把握しておく。要件の数値を超える場合が一時的であれば、頻度や継続時間などを把握し、取水停止措置を取ることが可能であるかを検討する。また、鉄分、硬度、マンガンが対策指針の望ましい範囲内であるか確認する。これらの水質が範囲外の場合は、ランプスリーブ表面にスケールが付着し、照射量の低下を招くおそれがあるため、紫外線処理設備の導入は避けることが望ましい。

3. 3. 2 計画処理水量

計画処理水量は、計画一日最大給水量を基に作業用水等の必要水を見込んで設定する。紫外線処理設備では、紫外線照射槽を通過する水量を設計範囲内で運転することが適正な紫外線照射量の確保の前提となるため、季節変動や日間変動などを十分把握しておき、計画処理水量の設定に反映させることが重要である。

3. 3. 3 適用位置

紫外線処理によって、わずかではあるが残留塩素濃度が低下する。そのため、紫外線照射装置の設置位置は塩素注入の前段であることが望ましい。

また、紫外線照射装置の前段に調整井などがあり、処理水量の変動が少なく、装置の運転停止回数が少ないことが望ましい。

3. 3. 4 紫外線照射装置の選定

(1) 形式

設置面積が少なくすむ、外部からの汚染の心配がない、作業員への紫外線暴露の危険性が少ない等の理由から、内照式管路型が一般に採用される。

(2) ランプの種類

一般には、処理水量が小さい場合には、効率が高い低圧紫外線ランプが適するが、処理水量が大きい場合には、ランプ1本当たりの出力が大きい中圧紫外線ランプが適する(詳細は2. 1. 2項参照)。具体的には、メーカー資料等により建設費や維持管理費を比較検討した上で決定する。

(3) 性能

対策指針では、クリプトスポリジウム等を不活化できる紫外線処理設備の要件として、「紫外線照射槽を通過する水量の95%以上に対して、紫外線(253.7nm付近)の照射量を常時10mJ/cm²以上確保できること」としている¹⁾。実装置では、3. 1項で述べるように、槽内の水の滞留時間と紫外線強度に分布があり、この要件を証明することは容易ではない。このため、(財)水道技術研究センターでは、学識者や日本紫外線水処理技術協会(JUVA)の協力により、紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準(低圧紫外線ランプ編、中圧紫外線ランプ編)を策定した。審査基準では、照射性能だけでなく、ランプ能力、モニタリング性能、浸出性、耐圧性等に関して、具体的な試験方法や判断基準を定めている^{3),4)}。

(4) 構成

紫外線照射装置は、紫外線照射槽、ランプ、ランプスリーブ、自動洗浄装置、温度計、紫外線強度計、安定器、付属制御盤で構成される。詳細は2章で述べる。

(5) 台数

紫外線照射装置は複数基に分けて設置し、一つの装置が故障しても最低限の処理水量が得られるように1基当たりの処理水量を設定することが望ましい。

(6) 留意事項

対策指針では紫外線照射装置の整備に係る留意事項を次のように示している¹⁾。

- ・紫外線照射槽は水流の偏りのない、所定の滞留時間が得られる構造のものであること。
- ・適正なランプ照射強度を持つ紫外線ランプを選定し、必要な紫外線強度分布を得られるようランプを配置すること。
- ・ランプスリーブを適切に洗浄できること。
- ・紫外線ランプの点灯状況を常時確認できること。

・ランプ寿命や流量等を考慮した紫外線照射量の自動制御が望ましい。
なお、紫外線照射量の自動制御については、設備の制御条件等を考慮する必要がある。

3. 3. 5 付帯設備

(1) 濁度計

原水濁度が2度以上となる場合には取水停止措置をとる必要があるため、原水の濁度の常時測定が可能な濁度計を設置する必要がある。(過去の水質検査結果等から水道の原水の濁度が2度に達しないことが明らかである場合を除く。)

(2) 流量計

紫外線照射装置の処理水量が設計値と乖離がないかどうか確認をするため、流量計等を設けること。ただし、他に有効な手段がある場合は、この限りではない。

(3) 紫外線透過率モニター

対象水の紫外線透過率が低下するとクリプトスポリジウム等に対する不活化効果が低くなる。このことから、253.7nmの透過率を測定するため、必要に応じてオンラインの紫外線透過率モニターを設置する。

(4) 非常用電源装置

停電時の対策として非常用電源設備を設けることが望ましい。

(5) 監視設備

紫外線処理設備の監視は基本的には遠方監視によるものとするが、その場合には監視設備を設置する必要がある。また、付属制御盤及び計器類からの信号と監視室側との信号とのインターフェースが必要となる。

3. 3. 6 設置上の留意点

(1) 設置場所

ランプ・ランプスリーブの引き出しスペース、付属制御盤の扉開閉スペース、その他点検や作業に必要なスペースを確保すること。

既存施設に紫外線処理設備を付加する場合には、既存の建屋内に紫外線照射装置が設置可能かどうか検討する。必要なメンテナンススペースの確保が困難な場合は建屋の新設を検討すること。

一般に結露するような環境下ではランプスリーブ内面等が結露し、紫外線照射量の低下等が生ずる可能性がある。温度や湿度が管理できる環境が望ましい。

(2) 使用範囲

紫外線照射装置には性能を確保するための最大処理流量と装置仕様としての最大使用圧力があるので、これらの範囲内で使用すること。

また、電源電圧仕様には許容範囲があるので、その範囲内で使用すること。

(3) 配管類

紫外線照射装置の処理水出入口接続配管の材質は、紫外線耐性を配慮して、ライニング管を避けること。また、配管内面に錆が発生すると剥離し異物となってランプスリーブに衝撃を与える可能性があるため、ステンレス管を用いることが望ましい。

処理水出入口接続部のパッキン類は、紫外線照射を受けるおそれがある場合にはフッ素系ゴム、エチレンプロピレンゴム等の紫外線耐性の優れたパッキン類を使用すること。

メンテナンス作業時又は長期運転停止時のため、出入口両方に必要に応じてバルブを設けること。また、装置内及び配管内の水を排水するためのドレンを設けること。

ランプやランプスリーブの破損防止のため、ウォーターハンマーのおそれがある場合は事前に対策をすること。

ランプやランプスリーブの破損の原因となる異物の混入防止のため、ストレーナ等を紫外線照射装置の前段に設けること。

ランプが破損した場合には、ガラスの破片や封入されている水銀が流出し、処理水や後段の施設を汚染する可能性がある。紫外線照射装置の後段にストレーナを設けるなどのガラスの破片や水銀の流出防止対策を検討すること。また、対策指針では、「異常時の緊急遮断弁を設置することが望ましいこと。」とされており¹⁾、併せて検討すること。

紫外線照射装置内に空気が混入するとランプの温度上昇を招くおそれがある。空気が入らないレイアウトを検討し、必要に応じて空気抜き管の設置を検討すること。

(4) 地震対策

地震時の揺れ対策を講じること。ランプ本体やランプスリーブに地震時の振動が伝わり破損しないように、配管を一定の間隔で固定するなどの防止措置をとること。

(5) 据付時の留意点

ランプ、ランプスリーブ、紫外線センサー窓に石英ガラスを使用しているため、破損しないように配慮すること。

処理水出入口接続配管との接続の際、装置側に無理な力が働くと照射槽本体が変形することによる不具合（例えば、ランプスリーブの破損、水漏れ、自動洗浄装置駆動機構の過負荷など）が発生することがあるので、留意すること。

参考文献

- 1) 厚生労働省、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」、2007
- 2) WHO、Guidelines for drinking-water quality 3rd edition、2004
- 3) 「紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準（低圧紫外線ランプ編）」、(財)水道技術研究センター、2008
- 4) 「紫外線照射装置 JWRC 技術審査基準（中圧紫外線ランプ編）」、(財)水道技術研究センター、2008

4. 維持管理

4. 1 基本事項

本章では、主に、紫外線照射装置の日常管理、定期点検、オーバーホール、異常時の対応、予備品、紫外線ランプの廃棄及び回収、安全管理について述べる。

紫外線照射装置は、自動運転が可能であり、基本的に通常の維持管理は容易である。日常の維持管理では、紫外線処理の対象水水質の監視、紫外線照射量の監視が重要となる。

対象水水質の監視については、「水道におけるクリプトスポリジウム等対策指針」¹⁾（以下、「対策指針」という。）は、濁度、色度、紫外線透過率又は紫外線吸光度について、紫外線処理を適用できる要件を示している。また、鉄分、硬度、マンガンについて望ましい要件を示している。これらの水質を定期的に監視し、所定の範囲を超えるようであれば取水停止等の処置を検討する。

紫外線照射量の監視については、日常の維持管理の中で、生物線量計等で紫外線照射量を求めることは困難であることから、一般には、紫外線照射装置を通過する流量と紫外線強度が設計範囲内で運転されていることの確認を行う。（紫外線強度については、初期値との比を確認する方法もある。）

紫外線処理は、クリプトスポリジウム等を物理的に除去する技術ではない。クリプトスポリジウム等は、紫外線照射によって不活化されなければ、下流の施設に流下し感染事故を引き起こす可能性がある。そのため、以下の日常管理、定期点検を適正に実施し、原水からクリプトスポリジウム等が検出された場合に、需要者へ水道水の安全性を説明する根拠として記録を保管しておくことが必須である。

4. 2 日常管理

4. 2. 1 運転制御方法

以下のような運転制御を組み込むことで、効率的な運転や信頼性の向上を図ることができる。

- ・紫外線照射槽の複数並列設置による、異常時の自動切り替え

紫外線照射槽の紫外線強度が低下しつつあるといった故障が発生した場合における、予備の紫外線照射槽との自動切り替え

- ・異常時（温度、圧力、流量、電流等）の緊急遮断弁急閉

紫外線照射槽で未処理水の流出に繋がるような故障が発生した場合における、緊急遮断弁急閉での流出防止

また、紫外線照射装置の異常時に迅速な対応ができるよう、保守員の監視場所（装置）で機器の監視を行う必要がある。このため、紫外線照射装置の付属制御盤から異常信号（一括）などを出力する必要があり、その例を図4-1に示す。

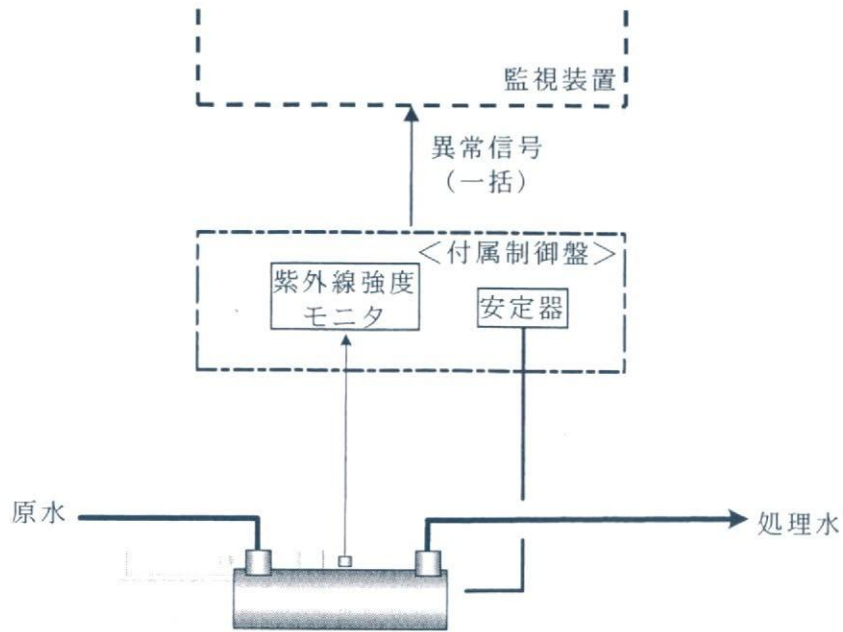


図4-1 紫外線照射装置の監視（例）

4. 2. 2 運転開始・停止時の留意点

紫外線照射装置は、通常、付属制御盤によって紫外線強度が十分であること、電気的な異常がないこと等の運転条件が成立した後に通水し運転を開始する。この時、装置への流入水質（濁度等）が規定値を満足していること、流入量が規定値であること、流入水圧が異常でないこと等を確認する。

運転を停止する場合は、紫外線照射装置への通水を停止する。通水を停止する際に、ウォーターハンマの発生によりランプスリーブや紫外線ランプの破損が起こらないように事前に改善策を講じる必要がある²⁾。また、井戸ポンプ等を停止する際に照射槽内が負圧にならないように対策を講じておく必要がある。

通水停止状態において紫外線ランプを点灯し続けたことにより、照射槽内に滞留した処理水の温度が上昇するような場合は、ドレンから一定量の排水を行い水温の上昇を回避することが望ましい²⁾。

紫外線ランプのON/OFFを頻繁に繰り返した場合には、紫外線ランプの劣化や球切れの原因となることがあるため注意が必要である²⁾。

停止中でもランプスリーブが汚れないように自動洗浄装置等でランプスリーブの表面を洗浄することが望ましい。

4. 2. 3 紫外線ランプの交換

紫外線ランプのフィラメントには電子を放出する物質が塗布されており、点灯時間が経過するとともにその物質は消耗し、やがては点灯しなくなる。加えて、図2-8で示したように、点灯時間とともにランプから発せられる紫外線が徐々に低下する。メーカーは、これらを考慮してランプの交換時期を定めている。ただし、交換時期以

前においても、点灯しなくなることや既定の出力未満に低下すること等の異常が発生する場合もある。ランプを適切な時期に交換することは、紫外線照射装置の処理性能を維持するために最も重要な管理項目である。

紫外線ランプの交換は、素手で触らないように手袋を着用する等の注意点があるので、必ずメーカーのランプ交換要領に従って実施する。作業は特に専門的な技術を要するものではないが、紫外線は4.7に示すように目や皮膚に対しては有害であること、ランプ及びランプスリーブはガラス製品であり破損しやすいこと等に十分留意して行う必要がある。

もし、紫外線ランプを交換せずに使用し続けた場合、ランプ寿命末期の異常放電により安定器が故障することがあるので、この意味でもランプは所定の時期に交換する必要がある。

4.2.4 紫外線強度計

紫外線強度計には、紫外線照射装置に取り付けられた設置強度計とポータブル型の基準強度計の2種類がある。設置強度計はオンライン強度計であり、紫外線強度の常時監視に用いられる。一方、基準強度計は設置強度計の性能を評価するために使用されるオフライン強度計である。

設置強度計の劣化の有無を評価するためには、基準強度計の特性が劣化していないことを確認しておく必要がある。

(1) 設置強度計

設置強度計は、自動洗浄装置が具備されている装置では、センサ用監視窓をランプスリーブと同様に自動洗浄を行う場合やブロワで汚れを除去するなどの方法で、監視能力を維持する。また、自動洗浄装置が具備されていない装置では、ランプスリーブの洗浄とともにセンサ用監視窓を手洗浄する。

日常的には、初期導入時の値との比較による確認作業になるが、アナログ信号などで外部に出力し監視室において確認できる方法をとることもある。

紫外線強度計にはセンサ部とモニタ部があり、センサ部はシリコンフォトダイオードと干渉フィルタを備え紫外線を測定するタイプと、紫外線を可視光に変換する特殊ガラス素子を使用して測定するタイプがある。

シリコンフォトダイオードや干渉フィルタは紫外線を受けることにより劣化が促進される。「JWRC 技術審査基準 7.4 合格基準 2」に記載されているとおり「紫外線モニタのセンサ取り付け位置において 1 カ月連続曝露による劣化が 10%以内であること。」³⁾を満たしていることが望ましい。モニタ値の補正は、トレーサビリティの明確な基準強度計との有意性が確認できることを条件に補正を行う必要がある。また、センサの補正值を記録し合計補正值 20%を目途に新品交換を行うか、取り外して供給元（メーカー）で校正を行うことが望ましい。

(2) 基準強度計

基準強度計の管理方法としては、期間的な校正管理方法（例えば、1年に1回程度）

と曝露照射量管理方法があるが、いずれもメーカーの作成した管理要領に基づいて行う。

4. 2. 5 ランプスリーブの洗浄

ランプスリーブ表面に汚れが付着すると、ランプスリーブの紫外線透過率が低下する。処理対象水水質あるいは紫外線照射槽設置位置によってはランプスリーブ表面へのマンガンの酸化物スケールが付着することがある。図4-2は、処理対象水に下水二次処理水を用いて、自動洗浄装置により3回/日の頻度でランプスリーブをクリーニングした場合としなかった場合を比較した結果である。処理対象水が清澄な水道原水であれば、図の「クリーニング無し」よりも汚れが付着する速度は遅いと考えられるが、このような過酷な条件でも自動洗浄装置の効果があることが分かる。

ランプスリーブの洗浄には、オフラインの薬品洗浄とオンラインの自動洗浄装置による洗浄がある。薬品洗浄は、紫外線照射装置を停止させたのち、洗浄液により洗浄を行うものである。ランプスリーブの洗浄に使用する洗浄液には、クエン酸、リン酸等の酸や装置メーカーの推奨する薬剤を使用する。洗浄後は、照射槽内を十分にリンスしてから運転を再開する。自動洗浄装置による洗浄は、ワイパー等による機械的拭き取りが一般的である。

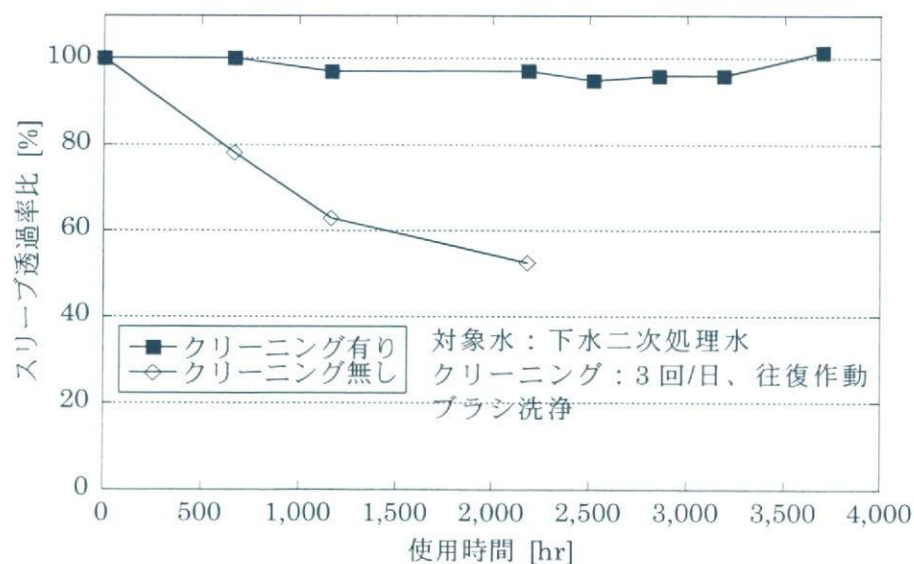


図4-2 65 W 低圧水銀ランプ装置における使用時間とランプスリーブ汚れの関係 (例) 4)

4. 2. 6 長期停止時の留意点

紫外線照射装置を一週間以上停止する場合、紫外線照射槽内の水抜きを検討する。また、30日以上停止する場合は、スリーブの薬品洗浄を実施することが望ましい。照射槽の水抜き時には、照射槽内部の点検、沈澱物の排出・清掃も同時に行う⁵⁾。

4. 2. 7 湿度対策

紫外線照射装置は連続的に通水処理を行っているため、照射槽外面に結露が発生するおそれがある。密閉空間に照射槽、付属制御盤を設置した場合、制御盤表面などへの結露の可能性もあるため、このようなことを考慮したうえで適切な仕様を選定する。

また、照射槽内部のランプスリーブ内面、紫外線強度計石英採光窓内面、紫外線強度計用監視窓内面等も結露が懸念される部位である。連続的に運転している場合は通常問題ないが、一時停止後に運転再開する場合には注意が必要である。当該部位が結露していると、必要紫外線照度（紫外線照射量）に満たない、紫外線強度計の数値が不適當等により、運転に支障をきたすおそれがあるため、長期間運転停止する場合には水抜きを行う、短期間の運転停止時は通水前にランプを一定時間点灯させる等の対策を行うことが望ましい。

4. 2. 8 寒冷地での対策

冬季における長時間停止時においては、凍結による損傷が考えられるため、紫外線照射槽内部の水を抜く等の凍結対策を実施する必要がある⁵⁾。

このため、照射槽内に水が滞留しないよう、装置本体又は配管にバルブを設置する等の留意が必要である。

4. 2. 9 水質管理

紫外線処理は、紫外線が水中を透過して目的物に照射されなければ効果がない。紫外線処理においては、紫外線の透過を妨げる物質である濁度、色度などが処理効果に影響する。さらに、鉄分、マンガン、亜硫酸、亜硝酸、フェノールなどの紫外線吸収物質が存在すると紫外線透過率が低下するため、処理効果に影響する。

対策指針では、3. 2で述べるように、濁度、色度、紫外線透過率又は紫外線吸光度について、紫外線処理を適用できる要件を示している。また、鉄分、硬度、マンガンについて望ましい要件を示している¹⁾。

水中の懸濁物質、溶解成分によって紫外線（253.7 nm 付近）の透過率が低下し、処理効果が低くなる。紫外線照射槽に流入する水の濁度及び色度を把握するとともに、紫外線透過率を測定・監視することが望ましい。また、鉄、硬度、マンガンはランプスリーブの表面に付着して紫外線の透過を妨げる可能性があり、装置の維持管理上問題となる。

以上のようなことから、これらの水質項目に対して定期的に測定し監視することが必要である。処理対象とする水が上記の内容を満たさないときには取水停止等の処置

を考慮する。

各水質の測定頻度は、表の頻度を目安として行うことが望ましい。

表 4 - 1 各水質の測定頻度の目安

水質項目	頻度	備考
濁度	常時	原水濁度が 2 度に達しないことが明らかである場合を除く
色度	毎日	
紫外線透過率	毎日	
鉄分	毎月	
マンガン	毎月	
硬度	毎月	

また、対策指針では、「原水濁度が 2 度を超える場合には取水を停止すること」とされており¹⁾、原水濁度の常時監視が可能な濁度計を備えて、処理対象水の濁度変動について常時注意を払う必要がある。

4. 3 定期点検

対策指針¹⁾の予防対策では、紫外線処理の運転管理及び留意事項を示している。

ここでは、定期点検項目と点検頻度の具体例を表 4 - 2 に示す。点検は、停止中と運転中に分けている。点検頻度が「巡回」、「適時」及び「毎月」とされているものは、施設の維持管理者が対応可能な点検内容である。点検頻度が「毎年」とされているものでは、装置本体のシール材の交換、ランプスリーブの点検・交換及び自動洗浄装置の点検については専門知識が必要な場合があるので、その場合はメーカー又はそのサービス会社などに委託することが望ましい。

また、紫外線照射装置の点検表の一例を表 4 - 3 に示す。

表4-2 定期点検項目と点検頻度の例（参考文献²⁾を一部改編）

機器名称		点検		点検頻度	点検内容
No.	点検箇所	停止中	運転中		
1	装置本体	○		巡回	漏水がないか
			○	巡回	異常な振動、騒音、発熱がないか
		○		毎月	ボルト・ナット、ネジの緩みがないか
		○		毎月	ケーブル、コネクタ等の緩み破損がないか
		○		毎年	定期点検 ・ 装置内清掃 ・ シール材（Oリング等）の交換
2	紫外線ランプ		○	巡回	点灯状況確認
		○		毎年	定期点検 ・ ランプ交換
3	ランプスリーブ	○		適時	付着スケールの除去
		○		毎年	定期点検 ・ キズ、ひび割れ等はないか ・ ランプスリーブの交換
4	自動洗浄装置		○	巡回	運転動作確認
			○	巡回	異常な振動、騒音、発熱がないか
		○		毎年	定期点検 ・ 洗浄ブラシの劣化はないか ・ シール材（Oリング等）の交換 ・ 付着スケールの除去
5	紫外線センサ		○	巡回	紫外線強度の確認
			○	巡回	接液部清掃，基準強度計との比較・補正
		○		毎年	定期点検 ・ 紫外線センサ取替え又は校正
6	付属制御盤		○	巡回	異常、故障表示の確認
			○	巡回	点灯時間、紫外線強度の記録
		○		毎年	ボルト・ナット、ネジの緩みがないか
		○		毎年	ケーブル、コネクタ等の緩み破損がないか
		○		適時	安定器、ヒューズ等の交換
7	その他		○	適時	運転状況の確認 ・ 原水濁度 ・ 紫外線透過率 ・ 処理水量 等