

紫外線・光の基礎が
よくわかる **超** ニッチな冊子

— VOL.6 —

**UVランプの
基礎を学ぶ！**

0 目次

1. UV（紫外線）ランプとは	．．． P2～P4
2. UVランプの発光波長	．．． P5～P7
3. 低圧Hgランプと高圧Hgランプ	．．． P8
4. 水銀キセノンランプとは？	．．． P9～P11
5. 超高圧水銀ランプとは？	．．． P12
6. 発行元情報	．．． P13～14

1 UV（紫外線）ランプとは

UV（紫外線）ランプとは

UV（紫外線）ランプとは、紫外域の波長（一般的には200～400nm）を強く放射するランプのことです。代表的なランプとして、超高圧水銀ランプ、高圧水銀ランプ、水銀キセノンランプ、低圧水銀ランプ、メタルハライドランプなどがあります。

紫外線照射装置技術ナビを運営するARK TECHでは、UV（紫外線）ランプを光源とした照射装置の設計・開発を行っています。当ページでは、UV（紫外線）ランプとは何かについて、ご説明いたします。



UV（紫外線）ランプによる紫外線の発光原理

UV（紫外線）を発光させる場合、石英管の両端に電極を取り付け、内部にキセノン（Xe）やアルゴン（Ar）などの不活性ガスと水銀（Hg）を封入しランプを形成します。そして

1. 電極間に高電圧を印加し放電させます。
2. 放電が開始すると陰極側電極から二次電子が飛び出します。
3. 飛び出した電子が水銀原子に衝突し、水銀原子が励起（※1）されます。
4. 励起された不安定な水銀原子は直ちにエネルギーを光として放出し、元の安定した基底状態に戻ります。励起された水銀原子が基底状態に戻るときに発生する光が紫外線です。水銀原子は電子の衝突→励起→紫外線放出→基底→電子の衝突のサイクルを繰り返すことにより連続的に紫外線を放射します。

1 UV（紫外線）ランプとは

尚、メタルハライドランプは水銀とハロゲン化金属を封入しています。ハロゲン化合物の種類や比率により色温度を調節し演色性を改善することができます。

(※1)原子が外部から光や熱などのエネルギーを与えられたとき、原子を構成する電子が外側の軌道に推移し、元のエネルギーの低い安定した状態からエネルギーの高い不安定な状態へ移ること。

UVランプの石英管

UVランプには、紫外域の波長を効率よく透過させる石英が窓材として使用されます。石英管には、200-300nm付近の短波長域を放射させないオゾンレスタイプと、短波長域を放射させるオゾンプロデュースタイプがあります。紫外線としての水銀のスペクトルは185～400nmまでありますが、ランプに使用する石英管で短波長域をカットしたり透過させたりすることにより、放射帯域を選択しています。



ショートアークランプ

電極間距離が1～10mmと短く、アーク放電により発光するランプ。高輝度の点光源であることが特徴です。レンズやミラー、ファイバーなどの光学デバイスと組み合わせて使用することにより光の集中、拡散、屈折などのコントロールが可能な光源装置に用いることができます。キセノンランプ、超高圧水銀ランプ、水銀キセノンランプ、メタルハライドランプ等があります。

1 UV（紫外線）ランプとは

ロングアークランプ

電極間距離の長い、アーク放電により発光するランプです。ショートアークに比べて高輝度ではありませんが、長い発光管全体にアークが広がり広範囲を照射することができます。照明や広範囲の露光、表面処理に適したランプです。また、ランプ内部の圧力が比較的低く、安定して発光します。254nm以下の波長を強く発光する低圧水銀ランプや、高圧水銀ランプ、メタルハライドランプなどがあります。

2 UVランプの発光波長

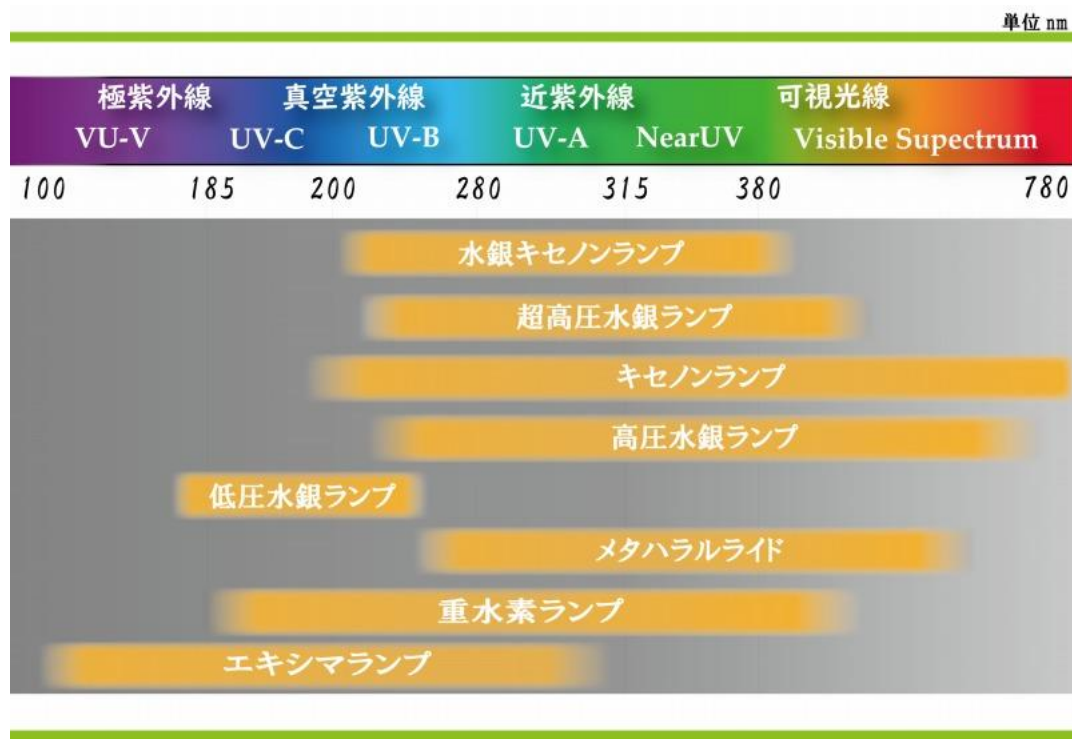
UV（紫外線）ランプとは紫外線（UV）照射殺菌装置とは

紫外線を放出するランプには主として水銀が用いられています。紫外線は水銀の蒸気中のアーク放電によって放出されます。

水銀の輝線スペクトルを主としているため、放出される光の波長は185nm、253.7nm、296.7nm、302.1nm、313.1nm、334.1nm、365nm、404.7nm、407.8nm、435.8nm、546.1nm、577nm、579.1nm等です。

ショートアークランプ（超高圧水銀ランプや水銀キセノンランプ等）では、始動ガスとしてXeやAr、Kr等の希ガスが水銀と一緒に封入されています。

また、水銀と一緒にハロゲン化金属を封入する事により水銀の輝線スペクトルを生かしつつ、ブロードな発光波長（250～450nm）が得られるメタルハライドランプ等も存在します。ランプ管球部内に封入する水銀量やハロゲン化金属の種類や量を調整する事により、様々な波長を放出させることが可能となります。



2 UVランプの発光波長

一方で、水銀を使用せず紫外線を放出可能なランプも存在します。

キセノンランプはショートアークランプと同様、ランプ管球部に封入したキセノンガスの励起によって発光します。発光波長は300nm以下の紫外線から赤外線まで連続した波長の光が放出されます。特に赤外域には強い輝線スペクトルが放出されます。

放電を利用したエキシマランプは、希ガスまたは希ガスとハロゲンガスの混合ガスを二重石英管の中に封入し、内側管、外側管にそれぞれ配置した電極に高周波、高電圧を印加する事によって石英管内のガスが励起され、エキシマ状態（励起分子状態）となり基底状態に遷移する際に光を放出します。

発光波長としてはAr₂ 126nm、Kr₂ 146nm、Xe₂ 172nm、KrCl 222nm、XeCl 308nm等があります。

UVの種類と波長域

UVはその波長域に応じて、主にUV-A、UV-B、UV-Cの3種類に分類されます。

UV-Aとは

太陽から放射される波長315～400nmの光であって、大気圏でほとんど吸収されないため、ほぼ99%が地表に到達しています。

人体に与える影響として、表皮にある淡色のメラニン色素を濃い色に変化させ、皮膚を黒化させます。また、物質に照射されると屈折せずに直進しやすい特性を持った波長域であるため、真皮の深くまで浸入し、長時間浴びるとハリや弾力が失われてしまいます。故に老化紫外線とも呼ばれます。

また、UV-Aは、UV（紫外線）の中では波長が長く、主にUV硬化用途に用いられる波長域になります。

このようなUV硬化は200nm～400nmの波長域の範囲で反応が起こります。その中でも、硬化を目的とする場合、365nmの波長が用いられることが多いです。

2 UVランプの発光波長

UV-Bとは

太陽から放射される波長280～315nmの光であって、大気圏で強く吸収されますが、一部が地表に到達しています。人体に与える影響として、皮膚に赤く炎症をおこさせ、メラニン色素を増やします。皮膚にあたった光の多くは皮膚表面で吸収されてしまいますが、繰り返し浴びる事によってシワやシミなどの老化の促進につながります。特に、波長280nm付近の光は皮膚がんや白内障等を引き起こす原因のひとつとされています。一方でビタミンDの生成にも重要な役割を果たしており、健康維持という点においては有用な光でもあります。

UV-Cとは

太陽から放射される波長200～280nmの光であって、大気圏の酸素やオゾンにより強く吸収されるため、地表には到達しません。

生物の遺伝情報を司るDNAの吸収は260nmにあります。そのため、人体に波長260nmの光が照射されるとDNAを損傷させ、がん等の突然変異を引き起こします。更にこの波長域は光エネルギーが高いため、大気中の酸素を分解させ、人体に有害なオゾンを発生させます。この波長域の光は非常に危険です。

一方、近年、波長200～230nmの光は人間の目や皮膚に対して無害であるとされ、特に波長222nmの光を使って空気除菌や脱臭等をおこなう製品も展開されています。

真空紫外線（VUV）とは

波長200nm以下の光です。

非常に高い光エネルギーを有し、UV光では誘起できない化学反応を誘起する事が可能となります。人工的な発生光源としては、真空紫外レーザー（ArF 193nm、F2 157nm）、エキシマランプ（Ar₂* 126nm、Kr₂* 146nm、Xe₂* 172nm、ArF* 193nm）、重水素ランプ、低圧水銀ランプなどがあります。この波長の光はエネルギーが高ことから、高分子材料の表面改質や洗浄、殺菌、リソグラフィーなどに応用されています。

3 低圧Hgランプと高圧Hgランプ

低圧水銀ランプ

低圧水銀ランプは水銀の共鳴線(185 nmまたは254 nm)を効率よく放射させるために点灯中の水銀蒸気圧が100Pa以下となるよう設計された放電ランプのことです。発光管には、主に棒状のガラス管が用いられ、Ar（アルゴン）などの希ガスと、水銀またはそのアマルガム（水銀と他の金属との合金）が封入されています。

低圧水銀ランプには、発光する紫外線をそのまま使用するランプと、紫外線を別の波長に変換するための蛍光体を利用したいわゆる蛍光ランプがあります。紫外線をそのまま使用するタイプの用途としては、185nm、254nmの光が強いのでオゾン生成、殺菌灯、UVキュア、光洗浄、表面改質等で使用されます。

蛍光ランプは蛍光体の種類ごとに異なる光源色や演色性の光を得ることができます。視覚効果や鑑定分野等で使用されているブラックライトや一般照明用の蛍光灯があります。

高圧水銀ランプ

高圧水銀ランプとは点灯中の水銀蒸気圧が 10^5 Pa以上になるよう設計された高輝度放電ランプのことです。ランプ内部にはAr（アルゴン）などの希ガスと水銀が封入されています。紫外域から赤外域まで幅広い線スペクトルを有しており、水銀蒸気圧が高くなるに従い連続スペクトルが増えます。

254nm付近の短波長域を放射するかしないかを発光管の材料で選定しています。印刷インキや塗料の硬化・乾燥、フォトエッチング、光反応実験、照明などさまざまな分野で使用されています。広範囲に照射することを目的とされた高圧水銀ランプの発光管には棒状のガラス管が用いられます。

ガラス管の両端部には電極が設置されており、両電極の距離が離れていることからロングアーク高圧水銀ランプと呼ばれています。一方で、より高輝度かつ点光源を得ることを目的としたランプは、電極間距離を短くし、水銀量を増やす必要があります。高い水銀蒸気圧に耐えられる構造とするため、発光管を球状にしています。このようなランプは水銀ランプの中でもショートアーク超高圧水銀ランプと呼ばれています。

4 水銀キセノンランプとは？

水銀キセノンランプとは

水銀キセノンランプはその名前の通り、ランプ内部に水銀とキセノンガスを封入し、高電圧を印加することで放電を起こさせ、強い光を発生させる放電灯の一種です。現在多くの紫外線照射装置に水銀キセノンランプは用いられています。

基本的な構造は、高純度の石英ガラスで作られた管球の中に、一对の電極と微量の水銀、そしてキセノンガスが封入されています。電源から高電圧が印加されると、電子が加速してキセノン原子に衝突し、キセノンが励起・脱励起して連続スペクトルの光を放出します。その後、放電により管球内部の温度が上昇し、水銀が気化します。高エネルギーの電子が水銀原子に衝突し励起され、励起状態から基底状態に戻る際に、水銀特有の輝線スペクトルを放出します。

水銀キセノンランプは、その高い輝度と比較的広い波長域の光を得られることから、様々な分野で利用されています。

水銀キセノンランプの特徴

水銀キセノンランプの主な特徴として、以下の点が挙げられます。

- 高輝度・高出力：他の紫外線光源と比較して、非常に高い光強度を得ることができます。これにより、短時間での照射や、より広い範囲への照射が可能となります。
- 広帯域スペクトル：深紫外線から近赤外線までの幅広い波長域の光を含んでいます。これにより、多様な物質の光化学反応や表面改質などに利用できます。
- 点灯・再点灯の即時性：キセノンガスは冷えていても電離しやすく、水銀の蒸気圧依存性が低いため、高圧水銀ランプ等と比較して再点灯性に優れています。

水銀キセノンランプのメリット・デメリット

上記の特徴を踏まえ、水銀キセノンランプのメリットとデメリットをご紹介します。

4 水銀キセノンランプとは？

メリット①：強力な紫外線強度による高い処理能力

水銀キセノンランプの最も大きなメリットはその強力な紫外線強度です。これにより、光化学反応を効率的に進行させ、表面改質や硬化などのプロセスを短時間で完了させることができます。

メリット②：多様なアプリケーションに対応する広帯域スペクトル

深紫外線（DUV）領域から可視光、そして近赤外線（NIR）領域まで、幅広い波長域の光を同時に照射できる点は、LEDのような単一波長光源にはない大きな利点です。これにより、一つの光源で複数の異なる光化学反応を同時に引き起こすことが可能になります。

例えば、複合材料の硬化や、多層膜の同時処理など、複雑なプロセスに対応できます。また、基礎研究においては、様々な波長に対する材料の応答を一度に評価できるため、効率的な実験データの取得に繋がります。

メリット③：高い安定性

長時間の連続点灯でも光量が安定します。そのため、水銀キセノンランプは光化学や分析装置などに用いられています。

デメリット①：特定波長のための光学系の追加

広帯域の光を発するという特性上、特定の波長のみを利用したい場合には、フィルターやモノクロメーターなどの光学素子を別途用意する必要があります。

これにより、装置全体のコストや複雑さが増加する可能性があります。また、フィルターによる光量損失も考慮する必要があります。

デメリット②：環境負荷

水銀は有害物質であり、使用後のランプは適切な処理が求められます。近年、環境意識の高まりから、水銀を含まない紫外線光源（UV-LEDやエキシマランプなど）の開発と実用化が進んでおり、一部の用途においては代替が進んでいます。今後の法規制の動向によっては、水銀キセノンランプの使用が制限される可能性も考慮しておく必要があります。

4 水銀キセノンランプとは？

デメリット③：比較的短いランプ寿命とランニングコスト

他の光源（特にLED）と比較して、水銀キセノンランプの寿命は一般的に短い傾向があります。ランプ交換の頻度が高くなると、ランニングコストが増加するだけでなく、装置のダウンタイムにも繋がる可能性があります。ランプの寿命は、使用条件や製品によって大きく異なるため、導入時にはランプの保証時間や交換時期などを確認しておくことが重要です。

他の紫外線光源との比較

紫外線光源としては、水銀キセノンランプ以外にも様々な種類が存在します。代表的なものとして、低圧水銀ランプ、UV-LED光源、エキシマランプが挙げられます。それぞれの特徴を簡単に比較してみましょう。

■低圧水銀ランプ：特定の波長（主に185nm、254nm）に強い光を発します。殺菌やDNA/RNAの不活化などに広く用いられますが、広帯域の光は得られません。

■UV-LED光源：特定の波長域の光を高効率で得られます。小型化や長寿命、低消費電力が特徴ですが、高出力化には課題があります。近年ではLED素子の改良により高出力化が進んでおり、一部用途では水銀ランプの代替として注目されています。

■エキシマランプ：特定の波長の真空紫外線を高効率で発生させます。表面処理や洗浄などの用途で利用されていますが、一般的な水銀ランプと比較して導入コストが高い傾向があります。

水銀キセノンランプは、これらの光源と比較して、高輝度かつ広帯域の光を得られる点が大きな特徴です。そのため、研究開発や、多様な波長を必要とする工業プロセスなど、幅広い用途で依然として重要な役割を果たしています。

5 超高圧水銀ランプとは？

超高圧水銀ランプとは

超高圧水銀ランプは、その名の通り、点灯中の水銀蒸気圧が非常に高い状態でアーク放電をさせることにより、強力な紫外線を放射するランプです。

超高圧水銀ランプの発光は、ランプ内に封入された水銀蒸気中でのアーク放電により行われます。電極間に高電圧を印加すると放電が開始され、流れる電子が水銀原子と衝突します。これにより水銀原子がエネルギーの高い励起状態に遷移し、その後、基底状態や準安定状態に戻る際に特定の波長の光（輝線スペクトル）を放射します。

点灯中のランプ内部は、水銀蒸気圧が数十気圧から時には200気圧（約 2×10^7 Pa）以上にも達する「超高圧」状態になります。この高い圧力下では、水銀原子間の相互作用が強まり、輝線スペクトルが幅広くなるとともに、連続スペクトルも放射されるようになります。

そのため、特に紫外域から可視域にかけて強いエネルギーを持つ水銀特有の輝線（例：i線（365nm）、h線（405nm）、g線（436nm）など）が効率よく得られます。

超高圧水銀ランプと他の紫外線光源との比較

低圧水銀ランプとの違い

低圧水銀ランプは、ランプ内の水銀蒸気圧が低い状態で放電し、主に殺菌効果の高い185nmと254nmの紫外線を効率よく放射します。超高圧水銀ランプと比較すると、輝度は低いものの、ランプの発光効率（入力電力に対する紫外線出力の割合）が高く、主に空気や水の殺菌、表面処理（UV洗浄・改質など）に用いられます。超高圧水銀ランプのような多様な輝線スペクトルは持たず、出力も限定的です。

メタルハライドランプとの違い

メタルハライドランプは、水銀に加えて金属ハロゲン化物（ヨウ化インジウム、ヨウ化ガリウムなど）を封入することで、特定の波長域の出力を増強したり、より太陽光に近い演色性の高い光を得たりすることができるランプです。超高圧水銀ランプと同様に高輝度ですが、封入する金属の種類によって多様なスペクトル特性を持たせることが可能です。UV硬化や露光、一般照明、プロジェクターなど幅広い用途で使われます。超高圧水銀ランプも広義にはメタルハライドランプの一種と捉えられることもありますが、一般的には区別されます。

会社概要

社名	ARK TECH株式会社
創業	2005年4月
資本金	1400万円
住所	〒371-0846 群馬県前橋市元総社町一丁目2番地3 MMビル2F
TEL/FAX	TEL. 027-255-1117／FAX. 027-219-3577
事業内容	・光学、電気、電子機器及び、同部品の製造・販売 ・紫外線光源の設計・開発 ・紫外線硬化・周辺露光・検査、測定器用ランプの供給販売 ・関連技術のアイディア提供及びコンサルティング ・紫外線光源搭載システムの設計・製作 ・紫外線光源のメンテナンス ・紫外線関連部品の供給販売

会社HP



<https://www.ark-t.com/>

紫外線照射装置 技術ナビ

ARK TECH株式会社は、光や紫外線に携わる設計・開発エンジニアの皆様に向けて、専門情報サイト "紫外線照射装置 技術ナビ"を公開しました。
紫外線照射装置 技術ナビでは、「紫外線を活用した最新アプリケーション」「紫外線・光に関する基礎知識」「当社の課題解決事例」等を紹介しています。

紫外線照射装置、UV-LED、UV Lampの技術情報サイト

紫外線照射装置 技術ナビ Produced by ARK

027-255-1117

アプリケーション

課題解決事例

UV-LED

UV Lamp

技術コラム / 技術情報

運営会社

ご要望に合わせた 特注紫外線照射装置の 開発・設計に対応

お問い合わせ

技術資料

キーワードで検索を体験

アプリケーション

アプリケーション

アライナー

乾燥

硬化・接着

洗浄・改質

除菌

耐候性試験

脱臭・消臭

非破壊検査

露光

技術情報/技術コラム

UVの透過率

UVの測定原理

LEDの温度特性

LEDの光度(cd)とルクス(lx)

LEDの消費電力

LEDのルーメン(lm)

LEDの変換効率

紫外線硬化樹脂の硬化のメカニズム

青色LEDとは

低圧Hgランプと高圧Hgランプ

UV (紫外線) とオゾン

UVの種類と波長域

光のエネルギー

UV光源の構造

LEDの発光波長

UVランプの発光波長

LEDの調光方式

光とは

LEDの点灯方式

紫外線(UV)照射装置の種類

紫外線照射装置

製品一覧

カスタム製品開発

用語集

紫外線照射装置の アプリケーション

UV-LED、UV Lampを用いたアプリケーションを紹介いたします。

耐候性試験

サンシャインウェザー
メーター用紫外線
(UV)照射装置

紫外線硬化

塗料浸透探傷装置用
紫外線(UV)照射装置

硬化・接着

ブラシ付きモータ製造
装置用紫外線(UV)照
射装置

硬化・接着

表面コート耐硬化用
UV照射装置

アプリケーションを探す

用途から探す

アライナー

洗浄・改質

脱臭・消臭

乾燥

除菌

非破壊検査

硬化・接着

耐候性試験

露光

業界から探す

FPD

検査・試験

住宅

モータ

印刷・塗装

商業施設

半導体

カメラ

自動車

病院

搭載する装置から探す

FPD用基板洗浄装置

ウイルス抑制・除菌装置

周辺露光用装置

脱臭装置

ブラシ付きモータ製造装置

MEMS露光装置

カメラモジュール用組立装置

ステッパー

半導体洗浄装置

UV乾燥機

サンシャインウェザーメーター

浸透探傷装置

表面コート耐硬化装置

波長から探す

185nm

265nm

340nm

395nm

220nm

280nm

351nm

405nm

254nm

313nm

365nm



<https://www.ark-t.com/uv-irradiation-device/>

発行元：ARK TECH株式会社

住所：〒371-0846 群馬県前橋市元総社町一丁目2番地3 MMビル2F

電話：027-255-1117

Copyright © ARK TECH Co.,Ltd.All right reserved.