

第4回日本放射線安全管理学会
日本保健物理学会合同大会
2022/11/26 演題番号: 3B1-5

放射線教育で用いられる 紫外線機器の安全確認

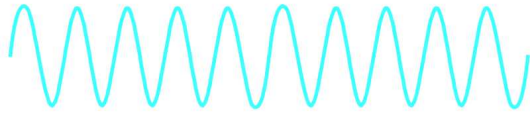
大阪公立大学 放射線研究センター、
国際感染症研究センター（兼任）
秋吉 優史

E-Mail: akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp
<http://anticovid19.starfree.jp/>



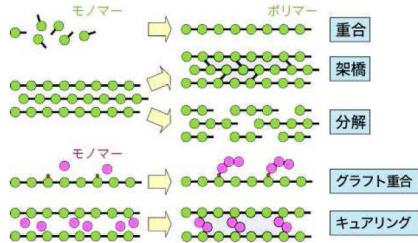
エネルギー 大

ガンマ線、エックス線



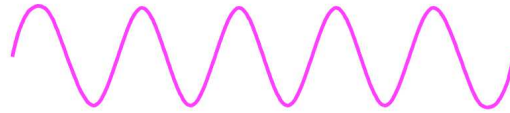
電離作用

原子核
電子
放射線



エネルギーの大きいガンマ線やエックス線は、物体の中を突き抜けていき、その途中の原子の周りの電子を弾き飛ばす働きがあります。この力を使って、注射器などの医療用の器具を滅菌したり、様々な機能を持った高分子化合物を作ったりすることが出来ます。

紫外線



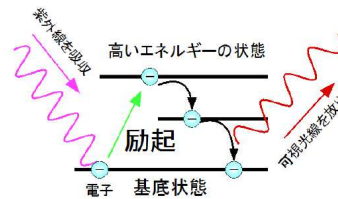
< 太陽光線の種類 >

UVC はオゾン層で吸収されるため地表には届かない。

200 280 320 400 760 nm

1nm (ナノメートル)=100万分の1mm

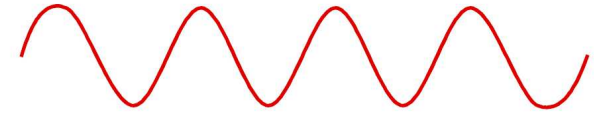
※イメージ図



可視光線よりも少しエネルギーの高い紫外線は、目には見えませんが、物体の中の電子に少しだけエネルギーを与えて「励起(れいき)」させることが出来、日焼けの原因になったり、「UVレジン」と言う接着剤を固めてアクセサリーを作ったり、ウランガラスなどの蛍光体を光らせることが出来ます。

エネルギー 小

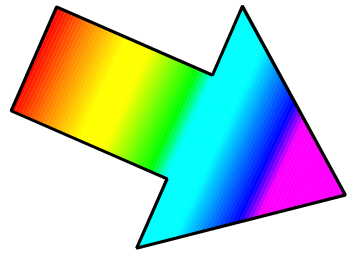
可視光線



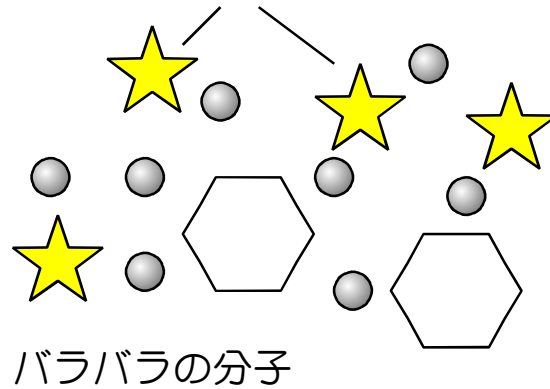
目で見える光、可視光線は波長が長くエネルギーの低い赤から、波長が短くエネルギーの高い紫までの間で、虹の七色のように見え方が異なります。光も電磁波の一種ですから少し電子を励起して、写真フィルムを感光させたり、太陽光発電を行ったり、植物の葉緑体の中で光合成を行うなどのパワーを持っています。波長(波の長さ)と位相(波の位置)の揃った光のことを、レーザー光線と言い、強度(波の高さ)がとても強く、遠くまでまっすぐ飛ぶなどの性質があります。

X線、 γ 線、電子線 などの放射線

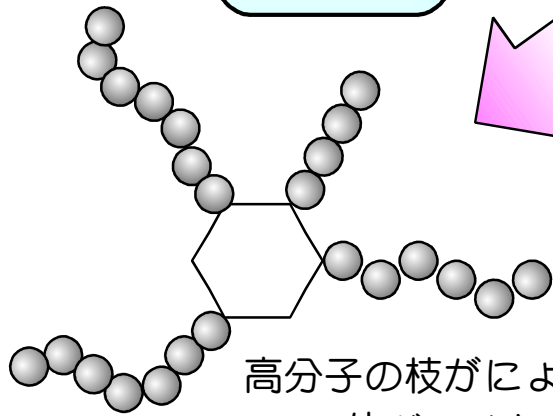
シンナーなどの薬品を使わないので、
体と環境に優しいよ!



放射線ので刺激を
与えます (励起)



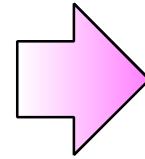
グラフト
(接ぎ木)
重合



高分子の枝がによきによき
伸びていきます

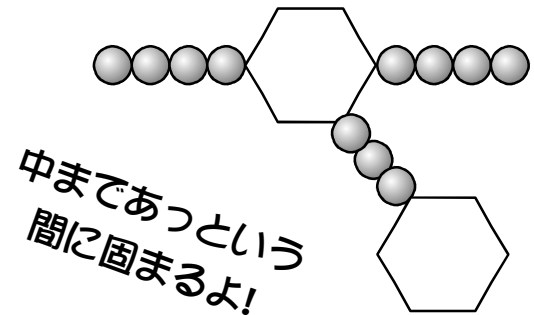
伸ばした枝の性質を上手くコントロ
ールすると、海水中の金属を集めるよ
うな機能を持った高分子を作ることが出
来ます。

海の中のお宝を取り出せるかも?!



重合

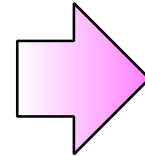
刺激された分子は、お互いに
くっついて、高分子の固体に
なります



中まであつという
間に固まるよ!



UVレジン液



UVレジンにはX線や γ 線よりも
エネルギーの低い、紫外線でも
重合して固体に変わります。

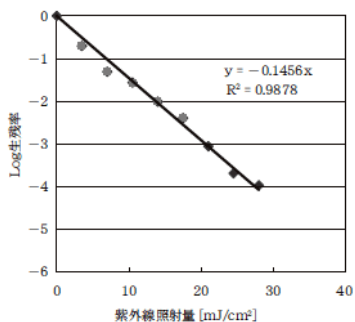
目に見える光じゃ固まらないよ!



UVレジンを使ったアクセサリー

UVレジンを使って、オリジナル
アクセサリーを作ってみよう!

紫外線による殺菌・不活化効果

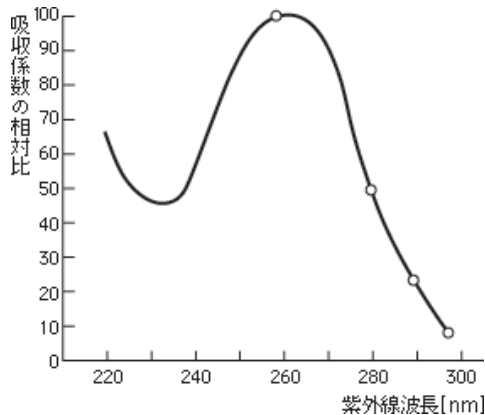


太古の昔から生物にとって紫外線は大敵で、オゾン層が出来るまで生物は陸上に上がることが出来なかった。紫外線は電離放射線には分類されず(法令上空気を電離できるエネルギーを有する光子、荷電粒子を電離放射線と呼ぶ)、DNAの主鎖を切るだけのエネルギーは無いが、配列している塩基同士を励起して接合してしまう場合がある。特に、ピリジミン二量体の生成が紫外線による損傷の主たる物と言われており、DNAの複製を妨げる遺伝子損傷となる。

このように紫外線は放射線のように直接遺伝子を傷つけ、不活化するため対象とする菌、ウイルスの種類を問わない(多少の強い、弱いはあるが)。SARS-CoV-2も紫外線で不活化されることが様々な論文で報告されている。

岩崎電気 芽胞形成菌の紫外線感受性(その2) - 枯草菌芽胞 -
<https://www.iwasaki.co.jp/tech-rep/technical/81/>

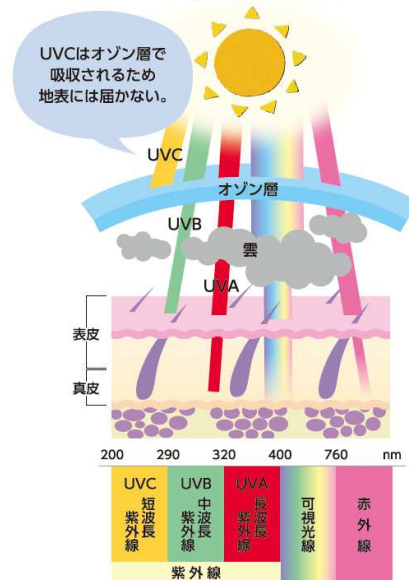
DNAに対する紫外線吸収の波長依存性



紫外線は波長によって長い方から UV-A (400-315nm), UV-B (315-280nm), UV-C (280nm未満) と分類される。殺菌効果のピークは260nm程度で、310nm程度になるとほとんど効果が無くなる。放射線滅菌の場合と同じように、照射量が増えると共に指数関数的に生き残る菌・ウイルスが減少する生残曲線を示す。

岩崎電気ウェブサイトより

太陽光線の種類



紫外線の人体影響

紫外線殺菌

ご利用上の注意

(一社) 日本照明工業会
(一社) 照明学会

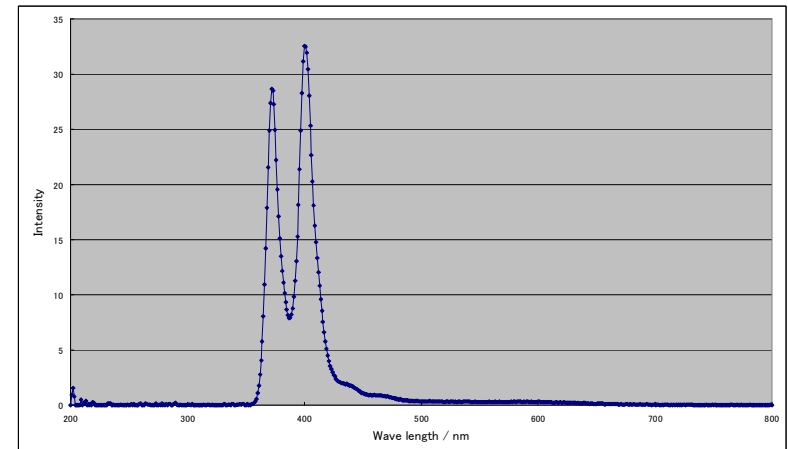
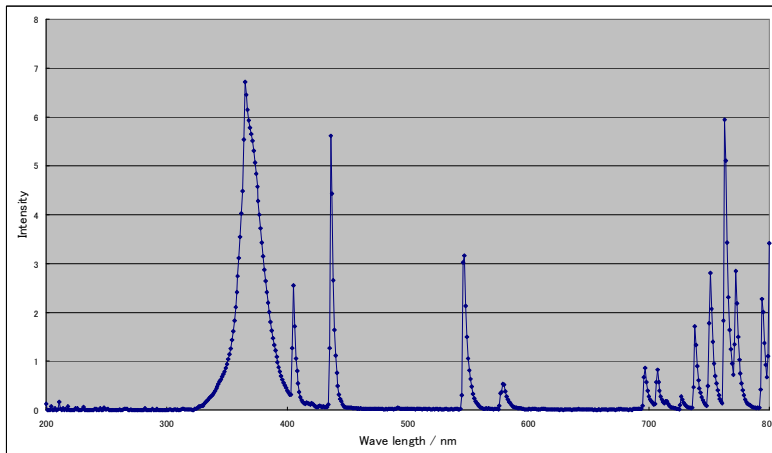
2021/08 に、日本照明工業会・照明学会から一般人向けの「紫外線殺菌 ご利用上の注意」と言う形でパンフレットの作成が行われた^(*)。紫外線の有用性の周知だけでなく、紫外線による事故について取り上げると共に、透過力が低い等の弱点や、いい加減な製品も存在することなど、上手に使える有用な紫外線利用上の注意点についての周知を行っている。

その中で波長毎の人体影響の違いについてもまとめられている。ただし、UV-Cによる人体への影響はほとんど分かっていないため一時的な炎症についての記載に留まっている。

紫外線の種類	UV-A	UV-B	UV-C
波長領域 (nm)	400 ~ 315	315 ~ 280	280 ~ 100
人体への影響	即時黒化 黒化増強	ビタミンD ₃ 生成 DNA損傷反応 (殺菌作用) 日焼け (サンバーン、サンタン) 皮膚がん・良性腫瘍 角結膜炎(雪目) 白内障・翼状片	DNA損傷反応 (殺菌作用) 紅斑生成 (サンバーン) 角結膜炎
	光線過敏症、免疫機能低下、しみ・しわ		

(*) https://www.jlma.or.jp/siryu/pdf/pamph/notice_UV-light-emitting.pdf

UV レジン工作で使用される UV照射器



9W蛍光管を4本使用した照射器は、試料板表面位置に放射照度計(ケニス SDカード式紫外線強度計 YK-37UVSD)のUV-A 用のプローブ表面が来るように設置したところ、中央付近でおおよそ 2.4mW/cm^2 程度の照度であった。漏れ光を評価するために入口に向けて垂直にプローブを設置したところ、本体入口直近で 1.5mW/cm^2 、10cm, 20, 30cm 離れるとそれぞれ 0.3, 0.09, 0.03 mW/cm^2 程度となった。

LED 式照射器では、試料板表面位置で最大 5.1mW/cm^2 (中央付近では 2mW/cm^2 程度) で、入口付近垂直面では 2.0mW/cm^2 、10cm, 20, 30 cm 離れるとそれぞれ 0.85, 0.36, 0.20 mW/cm^2 程度となった。

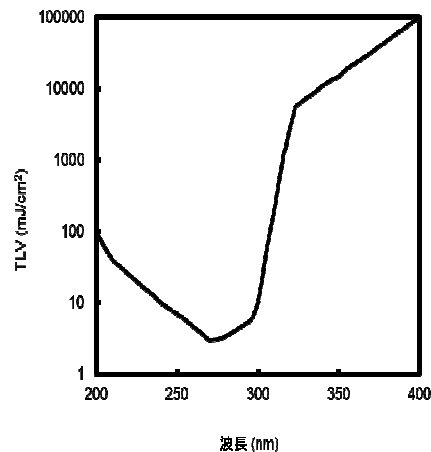
なお、太陽光に含まれる紫外線では最も強い場合で 2.5mW/cm^2 程度である。

許容限界値 TLV とは

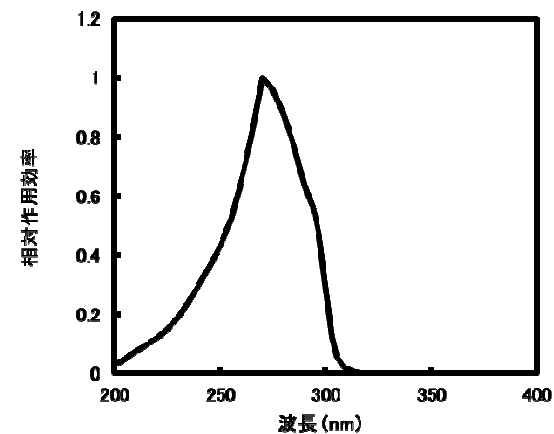
TLV (Threshold Limit Value)、許容限界値とは、ACGIH (米国労働衛生専門官会議) が決めた、労働者を労働環境から発生する様々な障害から守るために定められた値であり、一日8時間あたりの許容値となっている。国際的に受け入れられており、我が国でも紫外線については JIS Z8811, Z8812 に取り入れられている。

この許容限界値の逆数を取り、270nm を1として規格化した物は紫外線による障害の作用関数と呼ばれており、JIS C7550 によって様々な紫外線を用いた装置の安全評価に用いられている。

TLV 波長依存性のグラフから、UVレジン硬化用の360-380nm程度の波長のUV-A領域の紫外線に対する TLV は20~30J/cm² にも達し、安全側に考えTLVを20 J/cm² としてもこの値に達するためには**LED 式の照射器の入口直近(2mW/cm²)で凝視し続けたとしても、10,000秒必要**ということになり、少し離れたところで作業を行う一般的なレジン工作などでは全く問題無いということが出来る。



許容限界値 (TLV)

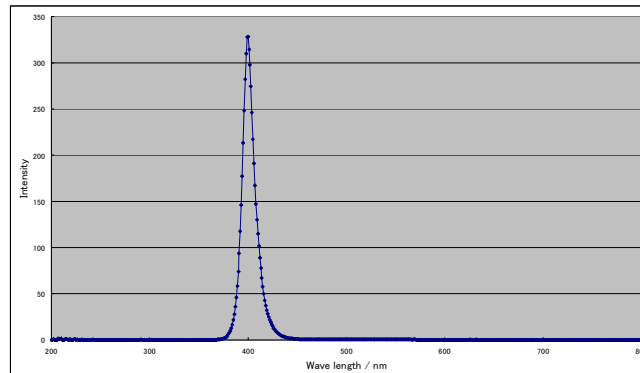


紫外線による障害の作用関数

UVペンの測定と放射分光照度

同様に一般の子供向けに販売されているUVペン(スパイペンなどの名称で販売されており、可視光では見えない蛍光インクを光らせて秘密のメッセージをやりとりする)は、**ピーク波長が400 nm とほとんど可視光の領域であり、TLV は100 J/cm² にもなる。**紫外分光放射照度計(オプトシリウス USB2000+ にコサインコレクタ CC-3-UV-S を装着、メーカーで放射分光感度校正)での測定では1cm程度の距離でも**ピーク波長での分光照度は2.4 mW/cm²/nm 程度**であり、TLVに達するには**直視したとしても420,000秒程度(11時間半程度)を要する。**このため通常の使用方法では紫外線に関する安全性には全く問題がないと言える。

なお、UVペンの放射照度を YK-37UVSD の UV-A 用プローブを用いて測定した場合、0.2 mW/cm²程度との値になっていたが、これは可視光を拾わないために390 nm 以上では感度が殆ど無くなっており、ブロードなスペクトルの裾野をわずかに測定していたため極端に照度が小さかったようである。一方UVレジン用の照射器に対しては、放射照度計(UV-A用プローブ装着時)が365 nm で校正されているため、大きな差はない。このように使用する紫外放射照度計と測定する光源の波長によっては実際の値とかけ離れた値が出てしまうことがあるため、**使用する紫外放射照度計を校正した波長以外の光源を測定する際は、紫外放射分光照度計を用いる必要がある。**



UVA sensor spectrum

