

UV-Shower GL15-1250

紫外線空気循環式殺菌装置

コロナ禍・アフターコロナに対応すべく、感染リスクの軽減を目的として、会議室、学校、集会場、店舗など、固定空間を対象として開発された装置です。

UV-Shower GL15-1250は医療機器ではありません。

従って(薬機法)により、特定の菌、ウイルスに係る疫病予防や治療の効果については公表を差し控えております。

UV-Shower GL15-1250は様々な文献や理論を基に、使用部材の特徴や強みをそれぞれ組合せ開発された商品であります。

開発者

北村 裕紀

【機器外観・内部】

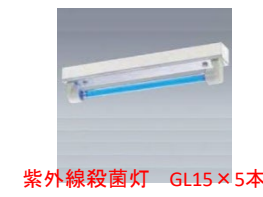
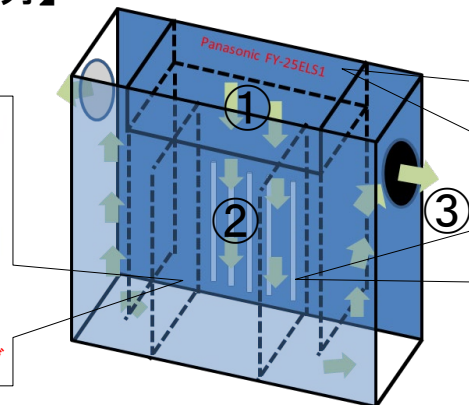
外観



内部



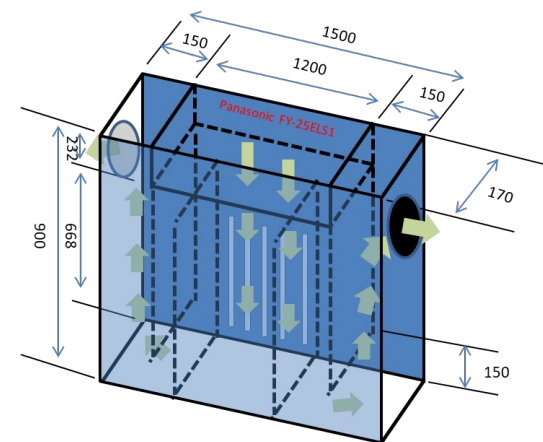
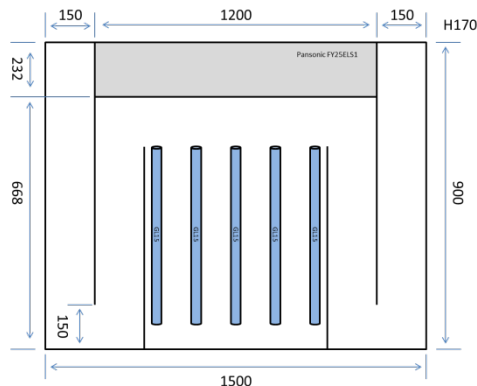
【簡略図・説明】



【しくみ】

- ① エアーカーテン(FY-25ELS1)の送風は直線的であり、薄長のパージBOXにおいても均一に大気を紫外線殺菌灯に向けることができます。
- ② 光触媒コートされたBOX内では、エアーカーテン排出口に取付けられたフィンをBOX側面に沿わずよう送風することで、気流の回転渦を生成し紫外線殺菌灯と取り入れられた空気のパージ時間の長期化及び光触媒の特性効率を図っています。
- ③ パージBOX内において、紫外線漏洩防止を兼ねたトラップ板を左右に設け、オーバーフローされた空気を室内に戻し循環するしくみです。トラップによる圧力損出は発生しますが、その分パージ時間が伸びます。
※空気循環のみ。紫外線は人体において有害なのでBOX内から漏れない構造設計。

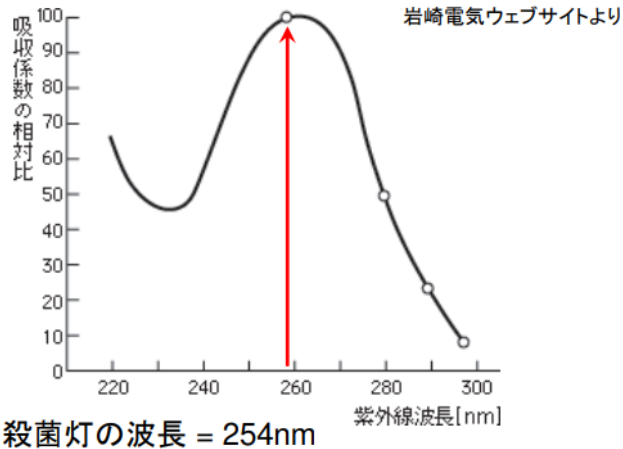
【図面】



【殺菌灯・紫外線効果】

紫外線に対する殺菌、ウイルスの不活化の研究は、ほぼ全てが**波長254nm**の殺菌灯について行われており、様々な菌、ウイルスについて横断的なデータが存在しております。

DNAに対する紫外線吸収の波長依存性



各種菌類の除菌率と殺菌線量
Panasonicウェブサイトより

| 菌名 | 90%殺菌率時の殺菌線量 [J/m ²] | 99.9%殺菌率時の殺菌線量 [J/m ²] |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|
| 大腸菌(空气中) | 10.0 | 30.0 |
| 大腸菌(寒天培地上) | 36.0 | 108.0 |
| 大腸菌(水中) | 60.0 | 180.0 |
| カンジダ(空气中) | 10.3 | 30.9 |
| カンジダ(寒天培地上) | 23.8 | 71.4 |
| ビールス(空气中) | 7.5 | 22.5 |
| 芽胞菌 | 45.2 | 135.6 |
| 枯草菌 | 41.9 | 125.7 |
| 巨大菌(酵母形) | 13.0 | 39.0 |
| 巨大菌(細菌形) | 37.5 | 112.5 |
| 巨大菌(芽胞形) | 72.3 | 216.9 |
| 巨大菌(真菌形) | 7.0 | 21.0 |
| ハチマシク菌 | 32.0 | 96.0 |
| 結核菌 | 71.0 | 213.0 |
| 結核菌(芽胞形) | 60.0 | 180.0 |
| 結核菌(芽胞形)(寒天培地上) | 403.0 | 1209.0 |
| 結核菌(芽胞形)(空气中) | 115.0 | 345.0 |
| 結核菌(芽胞形) | 120.0 | 360.0 |
| カンジダ菌 | 33.7 | 101.1 |
| 腸チフス菌 | 21.4 | 64.2 |
| 小児腸チフス菌 | 60.5 | 181.5 |
| 小児腸チフス菌(寒天培地上) | 81.0 | 243.0 |
| 小児腸チフス菌(芽胞形) | 100.0 | 300.0 |
| 肺炎球菌 | 44.0 | 132.0 |
| ペニシリン菌 | 44.0 | 132.0 |
| 肺炎球菌 | 28.4 | 85.2 |
| 肺炎球菌 | 35.0 | 105.0 |
| 肺炎球菌(芽胞形) | 80.0 | 240.0 |
| 肺炎球菌 | 24.2 | 72.6 |
| 西連鎖球菌 | 22.0 | 66.0 |
| 西連鎖球菌 | 8.3 | 24.9 |
| 八連鎖球菌(空气中) | 49.3 | 147.9 |
| 八連鎖球菌(寒天培地上) | 184.0 | 552.0 |
| 八連鎖球菌 | 197.0 | 591.0 |
| 赤痢菌 | 22.0 | 66.0 |
| 赤痢菌 | 15.3 | 45.9 |
| 赤痢菌 | 44.0 | 132.0 |
| 白色ブドウ球菌 | 18.4 | 55.2 |
| 白色ブドウ球菌 | 33.0 | 99.0 |
| 黄色ブドウ球菌 | 26.3 | 78.9 |
| 黄色ブドウ球菌 | 21.8 | 65.4 |
| 黄色ブドウ球菌 | 49.5 | 148.5 |
| 金黄色葡萄球菌 | 21.5 | 64.5 |
| 乳連鎖球菌 | 61.5 | 184.5 |
| 緑色連鎖球菌 | 20.0 | 60.0 |
| 白色連鎖球菌 | 21.6 | 64.8 |
| 黄連鎖球菌 | 20.0 | 60.0 |
| 白色連鎖球菌 | 18.4 | 55.2 |
| 破傷菌 | 49.0 | 147.0 |
| 破傷菌 | 100.0 | 300.0 |
| 芽胞菌 | 80.3 | 240.9 |
| イソトキシス、エリトキシス | 80.0 | 240.0 |
| イソトキシス、エリトキシス | 80.0 | 240.0 |
| ビールス類 | 33.0 | 99.0 |
| 菌 | 39.0 | 117.0 |
| 酵母 | 60.0 | 180.0 |
| チカカ | 130.0 | 390.0 |
| チカカ | 130.0 | 390.0 |
| チカカ | 440.0 | 1320.0 |
| チカカ | 440.0 | 1320.0 |
| チカカ | 600.0 | 1800.0 |
| チカカ | 1300.0 | 3900.0 |
| チカカ | 1310.0 | 3930.0 |
| チカカ | 170.0 | 510.0 |
| チカカ | 3600.0 | 10800.0 |
| チカカ | ~6000.0 | ~18000.0 |

90%殺菌率時の殺菌線量 [J/m²]

| | | | |
|-----------|---|-----|------|
| ビールス(空气中) | b | 7.5 | 22.5 |
|-----------|---|-----|------|

ビールス(ウイルス)
殺菌線量 7.5J/m²

- *出典
- a: Philips社殺菌灯資料
- b: Kölleri Ultraviolet Radiation
- c: S Aydinli, J Krochmann, CIE Journal vol4 No.2. (1985)
- d: The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition (2000)
- e: 足立ほか、日本防菌防霉学会第15回大会29 (昭和63年5月)
- f: 向阪ほか、日本防菌防霉学会第26回年次大会 (1999年) p37

注: 大腸菌(ATCC43888 O157:H7)は標準大腸菌(SPO 3972)に比べて90%の殺菌線量で99.9%の殺菌率を達成するからこのようにしている。
よって、大腸菌の殺菌率目的とする場合は、標準大腸菌の方の殺菌線量値が正しい。なお、この大腸菌の99.9%殺菌率を達成するために必要な殺菌線量は、上記の値の約1.5倍である。

*出典
a: Philips社殺菌灯資料
b: Kölleri Ultraviolet Radiation
c: S Aydinli, J Krochmann, CIE Journal vol4 No.2. (1985)
d: The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition (2000)
e: 足立ほか、日本防菌防霉学会第15回大会29 (昭和63年5月)
f: 向阪ほか、日本防菌防霉学会第26回年次大会 (1999年) p37

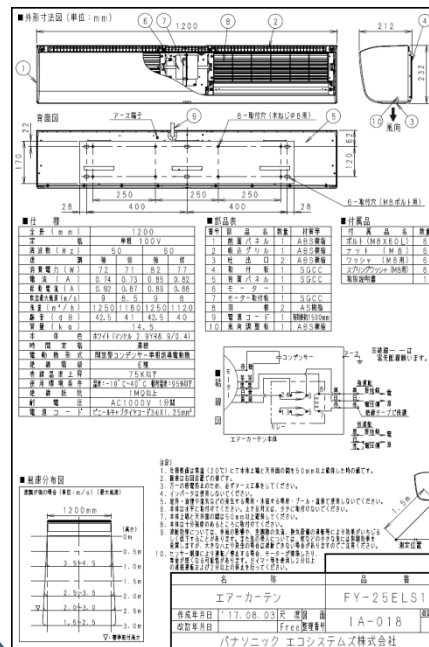
【UV-Shower 殺菌率εの算出①】

Panasonic文献③-1

表6 パナソニック殺菌ランプの定格

| 品番 | 寸法(mm) | | 口金 | 定格ランプ電力(W) | 初特性 | | 適合点灯管 |
|-------|--------|-------|-----|------------|----------|----------|-------|
| | ガラス管の径 | 長さ | | | ランプ電流(A) | 殺菌線出力(W) | |
| GL-4 | 15.5 | 134.5 | G5 | 4 | 0.162 | 0.8 | 4000 |
| GL-6 | 15.5 | 210.5 | G5 | 6 | 0.147 | 1.7 | 4000 |
| GL-8 | 15.5 | 287 | G5 | 8 | 0.170 | 2.5 | 4000 |
| GL-10 | 25.5 | 330 | G13 | 10 | 0.230 | 2.7 | 6000 |
| GL-15 | 25.5 | 436 | G13 | 15 | 0.300 | 4.9 | 8000 |
| GL-20 | 32.5 | 580 | G13 | 20 | 0.360 | 7.5 | 8000 |
| GL-30 | 25.5 | 893 | G13 | 30 | 0.355 | 13.4 | 8000 |
| GL-40 | 32.5 | 1198 | G13 | 40 | 0.415 | 19.8 | 8000 |

Panasonicエアーカーテン(FY-25ELS1)仕様書



| ■仕様 | | | | |
|--------------|--------------------------|------|------|------|
| 全長 (mm) | 1200 | | | |
| 定格電圧 | 単相 100V | | | |
| 周波数 (Hz) | 50 | 60 | | |
| 速度 | 強 | 弱 | 強 | 弱 |
| 消費電力 (W) | 72 | 71 | 82 | 77 |
| 電流 (A) | 0.74 | 0.73 | 0.85 | 0.82 |
| 起動電流 (A) | 0.92 | 0.87 | 0.89 | 0.88 |
| 吹出最大風速 (m/s) | 9 | 8.5 | 9 | 8 |
| 風量 (m³/h) | 1250 | 1180 | 1250 | 120 |
| 騒音 (dB) | 42.5 | 41 | 42.5 | 40 |
| 質量 (kg) | 14.5 | | | |
| 本体色 | ホワイト(マンセル 2.9YR8.9/0.4) | | | |
| 時間定格 | 連続 | | | |
| 電動機形式 | 開放型コンデンサー単相誘導電動機 | | | |
| 絶縁階級 | E種 | | | |
| 巻線温度上昇 | 75K以下 | | | |
| 使用環境条件 | 温度:-10°C~40°C 相対湿度:95%以下 | | | |
| 絶縁抵抗 | 1MΩ以上 | | | |
| 耐電圧 | AC1000V 1分間 | | | |
| 電源コード | ビニルキャブタイコード3心X1.25mm² | | | |

空気循環量

$$1250\text{m}^3/\text{h} = 0.3472\text{m}^3/\text{s}$$

Panasonic文献②-1

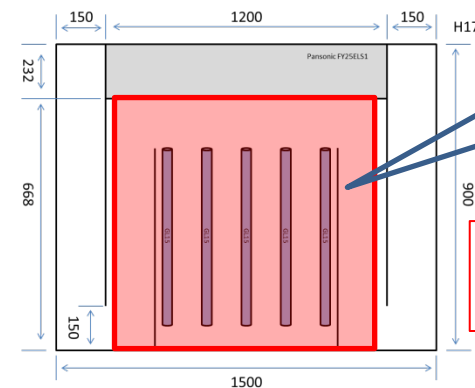
各種菌種の除菌率と殺菌線量
Panasonicウェブサイトより

90%殺菌率時の殺菌線量
(J/m³)

| ビールス(ウイルス) | b | 7.5 | 22.5 |
|------------|---|-----|------|
|------------|---|-----|------|

ビールス(ウイルス)
殺菌線量 7.5J/m³

※出典
a: Philips社特許資料
b: Kolton Ultraviolet Radiation
c: V. Apstein, J. Koehnemann, CIE Journal vol.4 No.2 (1985)
d: The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition (2000)
e: 国立研究開発法人理化学研究所(2019年)
f: 感染症学, 日本感染症学会編(2019年)



UV-Shower対象体積

$$1200 \times 668 \times 170 = 0.14\text{m}^3$$

◎一秒あたりの風量算出

$$0.14\text{m}^3 \div 0.3472\text{m}^3/\text{s} \doteq 0.4\text{s}$$

【UV-Shower 空気循環式殺菌装置を用いての浮遊細菌濃度の変化予測】

※Club cream hirosshima



Panasonic文献③-2引用

ファン循環式殺菌装置を設置した場合、浮遊細菌濃度の時間的な変化(T時間後の細菌濃度 C_T)は次式で求めることができます。

$$C_T = C_0 e^{(-\alpha T/R)}$$

$$\alpha = \varepsilon n V$$

※eは自然対数の底(e≒2.72)

C_T : T時間後の細菌濃度 (m^{-3})

C_0 : 初期細菌濃度 (m^{-3})

T : 時間 (h)

R : 部屋の容積 (k)

ε : 殺菌された空気 of 殺菌率

n : 台数

V : 殺菌装置の循環風量 (k/h)

但し、上記計算式は「細菌の増殖や、自然死はなく、また、空気の流れ・流出もない」という理想的な条件のものです。

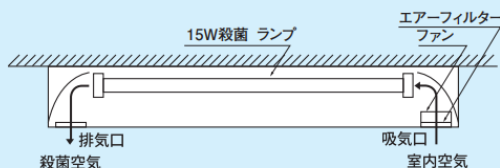
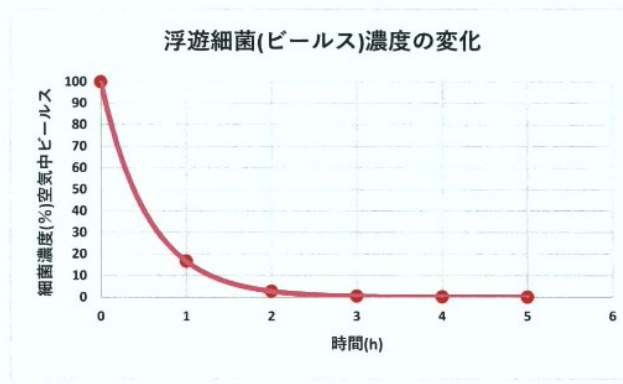


図10 ファン循環式殺菌装置の断面

| | | | |
|--------|-------------------------------------|--------------------|--|
| Answer | C_t | T | 時間 |
| | C_0 | α | 925 |
| | 100 | R | 515 |
| 式 | $C_t = C_0 \cdot e^{(-\alpha T/R)}$ | $\alpha \cdot R =$ | 1.796117 |
| | | T | 0 1 2 3 4 5 |
| | | $C_t =$ | 100 16.59421 2.753677 0.456951 0.075827 0.012583 |



これをグラフで表すと、**約1.5時間**で細菌濃度が10%以下になることが予測されます。

【Panasonic 殺菌灯 参考文献引用①】

①-1

殺菌灯

1 殺菌灯の基礎

1 紫外放射による殺菌作用

直射日光が強い殺菌力をもつことは古く知られています。詳しくいえば1877年にDounesらによって紫外放射のもつ殺菌効果が発見され、後にLuckiesらによって紫外放射の波長と殺菌作用の関係が明らかにされました。

CIE(国際照明委員会)では、波長によって、表1のように区分されています。

表1 紫外線の波長区分

| UV-A | 315nm~400nm |
|------|-------------|
| UV-B | 290nm~315nm |
| UV-C | 100nm~290nm |

紫外放射の波長によって、それぞれの作用効果が異なります。図1に、紫外放射の生物に対する代表的な作用の波長特性を示します。波長200nm以下の紫外放射は空気中の吸収が大きいため、長い距離を通過しにくくなります。空気中吸収された紫外放射は空気中の酸素分子を分解し、オゾンを生産することになります。

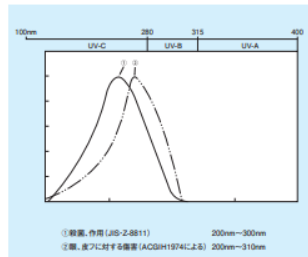


図1 紫外放射による生物への作用の波長特性

また金属に紫外放射が照射されると光電効果により光電子を放出します。この光電子が空気分子や、水分子を電離し、空気をイオン化することが知られています。

紫外放射の波長により、細菌効果は異なります。これを殺菌効果の波長特性または作用関数と呼びます。図2に示すのは現在最も広く用いられている波長特性です。図の縦軸は対数直線で作用特性の相対値を示し、横軸は波長を示しています。殺菌効果の最大値は約260nmにあり、400nmでは最大値の約0.01%であることを示しています。太陽光には約300nm以上の波長の紫外放射が含まれており、この波長域の放射強度が大きいので殺菌効果をもつことになります。

一般に殺菌灯とは、殺菌効果をもつ紫外放射を意味しますが、253.7nmの紫外放射が強い殺菌効果をもつこと、殺菌を目的として人工的に効率良く発生しうる紫外放射が253.7nmであることから、殺菌灯とは253.7nmの紫外放射を狭義には意味します。ここではこの253.7nmの紫外放射を殺菌灯と呼ぶことにします。

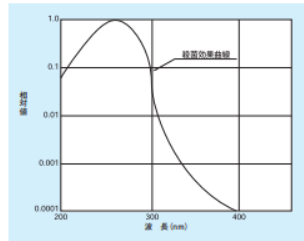


図2 殺菌効果の波長特性

現在一般的に用いられている殺菌方法としては、殺菌灯による殺菌、薬物による殺菌、加熱による殺菌などがありますが、それぞれ得失があり、あらゆる場合に無条件に使用できる殺菌方法というのではなく、実際の使用に際しては、目的に合った正しい使い方をすることが大切です。ところで、可視放射に対して高い透過率や反射率をもっている材料でも、殺菌灯に対しては必ずしも同じではありません。表2に各種材料の殺菌灯反射率、表3に殺菌灯透過率を示します。殺菌灯が照射された材料は、吸収した殺菌線の量に応じて変化します。最も顕著な変化は着色、変色で、ついで材質の変化です。化学繊維やプラスチックなどは、表面の状態が変わるとともに機械的強度が低下するなどの現象が起こります。

一般に有機物は殺菌灯の影響を受けやすく、無機物は殺菌灯に対して堅牢です。例えば、油性塗料で仕上げた壁やビニールタイルなどに長時間殺菌灯が照射されると、変色や表面の状態が変化することがあります。

また、室内空気の殺菌の場合は天井の反射により、在室者に影響を与えないかの検討が必要です。

2 殺菌線の殺菌効果

図2にみられるように殺菌作用は波長253.7nm付近が最も強く、その殺菌力は直射日光にも含まれている波長350nmの紫外放射の約1,600倍にも達します。

殺菌灯によって細菌が死滅するメカニズムはまだ十分に明らかになっていませんが、およそ次のように考えられます。殺菌作用の波長特性は生物に含まれる核酸物質の紫外放射の吸収特性と似た特性を示していること、ならびに細菌の種類が異なってもあまり大きな波長特性のちがいはないのは、細菌の原形質である核酸(DNA)に作用しているからだと考えられます。

細胞内の核酸に紫外放射が照射され吸収されると、核酸が化学変化を起こし、新陳代謝が障害され、まず増殖能力を失います。更に照射量が多くなると、原形質が破壊されて、死滅するとされています。このような紫外放射の照射と細菌の変質破壊についての詳しい研究もなされています。

紫外放射による殺菌は、菌の種類や生息条件によって効果は異なりますが、各種の菌種に対し有効です。

殺菌線の殺菌力は、菌種、温度、湿度、その他の条件によって異なりますが、それぞれの菌についての殺菌力は、殺菌線量即ち殺菌線照度(W/m²)×照射時間(秒)によって表すことができます。したがって、一般的に照射時間を2倍にすれば殺菌線照度を1/2にしても同じ殺菌効果が得られます。

①-2

殺菌灯

表2 殺菌灯反射率

| 材料名 | 殺菌灯反射率(%) | 出典 |
|-----------------|-----------|----|
| 天井材(白色塗装表面吸音板) | 7 | c |
| ステンレス(SUS304) | 31 | c |
| 殺菌灯反射板(アルミ) | 80 | c |
| 白色メタリウム塗料 | 12 | a |
| アルミニウム塗料(ガラス版上) | 75~85 | a |
| 電解研磨 | 65~75 | a |
| 研磨 | 60~89 | a |
| 生地 | 40~60 | a |
| ジュラルミン | 16 | a |
| 白色油性塗料 | 3~10 | a |
| 白色水性塗料 | 10~35 | a |
| アルミニウム塗料 | 40~75 | a |
| 電化研磨塗料 | 4~5 | a |
| 黒色エナメル | 5 | a |
| 白色エナメル(焼付) | 5~10 | a |
| プラスチック(新品) | 55~60 | a |
| 壁紙(アイボリー) | 31 | a |
| 壁紙(白印刷) | 21~31 | a |
| 壁紙(赤印刷) | 31 | a |
| 壁紙(アイボリー)印刷 | 25 | a |
| 壁紙(赤印刷) | 18 | a |

表3 殺菌灯透過率

| 材料名 | 殺菌灯透過率(%) | 出典 |
|---------------------|-----------|----|
| ソーダガラス(窓ガラス)(厚54mm) | 0 | c |
| 結晶石英(厚31mm) | 99.9 | b |

出典
a: J. S. Robinson, Ultra Violet Light and Its Application, The S. E. Electrical Review p47 (1967)
b: 産業標準化の会、殺菌灯(1)、規格委員会3485号、p3(1922)
c: 他による測定

この殺菌線照度は、殺菌ランプのW数、照明器具の形状(配光)、照射距離によって異なります。

殺菌線を菌に照射した場合、生存菌数は照射時間に応じて指数関数的に減少します。例えば、生存菌数を10分の1にするのに照射時間が10秒かかったらすると、次の10秒でさらに10分の1になり、合計20秒の照射で100分の1になります。これを式で表すと次のようになります。

$$S = N_0 \cdot N_d = 10^{-0.693 \cdot Q}$$

- S: 細菌の残存生存菌数
- N: 殺菌線の照射後の残存生存菌数 (殺菌線の照射地の生育コロニー数)
- N₀: 殺菌線の照射前の菌数 (殺菌線の「表」照射地の生育コロニー数)
- E: 殺菌線照度(W/m²)
- t: 照射時間(sec)
- D: 殺菌線の種類によって決まる[90%殺菌率の殺菌線量(W/m²)]

よって、殺菌率Pは、
P = 1 - S = 1 - 10^{-0.693} × Q
となります。

上式を変形し、殺菌率Pを得るために必要な殺菌線量(Q)を求めること、Q = E × tより、次のようになります。

$$Q = -D \cdot \log(1 - P)$$

殺菌効果は、殺菌線照度E(W/m²)と照射時間t(秒)の積[殺菌線量(J/m²)]で決まり、同じ殺菌効果を得るには、殺菌線量を等しくすればよいといえます。また、殺菌線に対する菌の感受性は、種類と環境条件によって異なり、ふつうD値(菌数を10分の1にする殺菌線量)で表します(表4参照)。

なお、温度・水分・栄養などが十分にあれば、細菌は20分に1回程度分裂すると考えられており、あまり長時間かけて所定の殺菌線量を得るようにしても効果は認められません。

図3にMRSA(メチシリン耐性黄色ブドウ球菌)に、殺菌線量を変えて照射したときの、48時間培養後の寒天培地のコロニーの状態を示したものです。

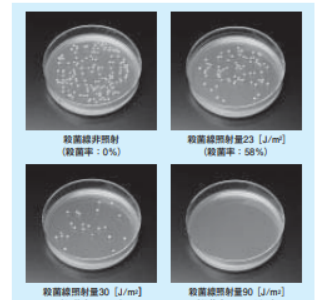


図3 代表的な院内感染菌であるMRSAに対する殺菌線の殺菌効果

3 細菌の種類に対する必要殺菌線量

殺菌線が殺菌作用をもつのは細菌、ウイルス、イースト(酵母菌)、カビ、藻類、原生動物、寄生虫類などがあげられます。各種微生物の種類と殺菌率、殺菌線量の関係を表4に示します。一般に、細菌よりもカビの方がD値が大きく(殺菌線に対して強く)、同じ菌種でも乾燥状態より濡った方が、また、空気中の浮遊細菌より寒天培地の方がそれぞれD値が大きくなり、殺菌線耐性が強くなります。

90%の殺菌率をもたらす殺菌線量の2倍の殺菌線量を99%の殺菌率をもたらし、3倍が99.9%、4倍が99.99%の殺菌率をもたらすことになります。

【Panasonic 殺菌灯 参考文献引用②】

②-1

殺菌灯

表4 各種菌類の殺菌率と殺菌線量

| 菌 類 名 | 照射時間 (分) | 90%殺菌率時の殺菌線量 (J/m ²) | 99.9%殺菌率時の殺菌線量 (J/m ²) |
|-----------------|----------|----------------------------------|------------------------------------|
| 大腸菌(空気中) | a | 10.0 | 30.0 |
| 大腸菌(寒天培地上)※ | e | 36.0 | 108.0 |
| 大腸菌(水中) | b | 60.0 | 180.0 |
| セブチア(空気中) | e | 10.3 | 30.9 |
| セブチア(寒天培地上) | e | 29.6 | 88.8 |
| ヒールス(空気中) | b | 7.5 | 22.5 |
| 枯草菌 | d | 42.9 | 128.6 |
| 肺炎菌 | d | 40.0 | 120.0 |
| 巨大菌(植物性) | d | 13.0 | 39.0 |
| 巨大菌(動物性) | c | 37.5 | 112.5 |
| 巨大菌(芽胞性) | d | 27.3 | 81.9 |
| 巨大菌(芽胞性) | c | 7.0 | 21.0 |
| パラスツ菌 | d | 32.0 | 96.0 |
| 枯草菌 | d | 71.9 | 215.6 |
| 枯草菌(混合株) | c | 60.0 | 180.0 |
| 枯草菌(芽胞性)(寒天培地上) | e | 403.0 | 1,209.0 |
| 枯草菌(芽胞性)(空気中) | e | 115.0 | 345.0 |
| 枯草菌(芽胞性) | d | 120.0 | 360.0 |
| ツブチア菌 | d | 33.7 | 101.1 |
| 小芽胞バクテリウム | d | 21.4 | 64.2 |
| 小芽胞バクテリウム | c | 60.5 | 181.5 |
| 小芽胞バクテリウム | c | 81.0 | 243.0 |
| 小芽胞バクテリウム | d | 105.0 | 305.0 |
| コイシロ菌 | d | 44.9 | 134.6 |
| ペントニ菌 | d | 44.0 | 132.0 |
| 肺炎球菌 | d | 26.4 | 79.2 |
| 枯草菌 | d | 24.2 | 72.6 |
| 肺炎球菌 | d | 35.0 | 105.0 |
| 肺炎球菌 | d | 80.0 | 240.0 |
| 肺炎球菌 | d | 24.2 | 72.6 |
| 肺炎球菌 | c | 22.0 | 66.0 |
| 肺炎球菌 | c | 8.3 | 24.9 |
| 肺炎球菌(空気中) | e | 48.3 | 144.9 |
| 肺炎球菌(寒天培地上) | e | 184.0 | 552.0 |
| 肺炎球菌 | d | 197.0 | 591.0 |
| 肺炎球菌 | d | 22.0 | 66.0 |
| 肺炎球菌 | d | 18.3 | 54.9 |
| 肺炎球菌 | d | 44.0 | 132.0 |
| 白色フトウフ菌 | d | 18.4 | 55.2 |
| 白色フトウフ菌 | c | 33.0 | 99.0 |
| 黄色フトウフ菌 | d | 20.0 | 60.0 |
| 黄色フトウフ菌 | c | 21.8 | 65.4 |
| 黄色フトウフ菌 | c | 49.5 | 148.5 |
| 白色連鎖球菌 | d | 21.6 | 64.8 |
| 白色連鎖球菌 | d | 61.5 | 184.5 |
| 白色連鎖球菌 | d | 20.0 | 60.0 |
| 白色連鎖球菌 | c | 21.6 | 64.8 |
| 白色連鎖球菌 | c | 20.0 | 60.0 |
| 白色連鎖球菌 | c | 18.4 | 55.2 |
| 葡萄球菌 | c | 49.0 | 147.0 |
| 葡萄球菌 | c | 100.0 | 300.0 |
| ツブチア菌 | d | 60.0 | 180.0 |
| ツブチア菌 | d | 80.0 | 240.0 |
| ツブチア菌 | d | 60.0 | 180.0 |
| ヒールス菌 | d | 33.0 | 99.0 |
| 肺炎球菌 | d | 39.0 | 117.0 |
| 肺炎球菌 | d | 60.0 | 180.0 |
| 肺炎球菌 | d | 130.0 | 390.0 |
| 肺炎球菌 | d | 130.0 | 390.0 |
| 肺炎球菌 | d | 440.0 | 1,320.0 |
| 肺炎球菌 | d | 600.0 | 1,800.0 |
| 肺炎球菌 | d | 1,300.0 | 3,900.0 |
| 肺炎球菌 | d | 1,170.0 | 3,510.0 |
| 肺炎球菌 | d | 170.0 | 510.0 |
| 肺炎球菌 | a | 3,000.0 | 10,000.0 |
| 肺炎球菌 | a | ~6,000.0 | ~18,000.0 |

※1: 大腸菌 (ATCC3389) (EHEC7) は標準大腸菌 (IFO 3972) に比べて90%の殺菌線量と同等の殺菌効果が得られることがわかっています。
 ※2: 大腸菌の殺菌を目的とする場合は、標準大腸菌の方が殺菌線量が高い場合、これらの大腸菌の殺菌線量標準値を参考にしてください。
 ※3: 肺炎球菌の殺菌線量標準値は、1999年1月31日現在のもので、最新の標準値を参照してください。

①: Panasonic 殺菌灯資料
 a: Philips Ultraviolet Radiation
 b: Kolben Ultraviolet Radiation
 c: S. Arpaci, J. Koehnman, CIE Journal vol4 No.2 (1985)
 d: The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition (2000)
 e: 定置型、日本照明学会編『照明技術ハンドブック(第9版)』(2009年)
 f: 内照型、日本照明学会編『照明技術ハンドブック(第9版)』(2009年)

4 殺菌線の生物に与える作用

殺菌線は細菌やウイルスを殺菌する強い作用を持っていますが、健康な成人でも一定量以上の殺菌線を顔・皮膚などの露出部に受けた場合、好ましくない作用を生じます。特に目は結膜炎や角膜炎を引き起こしますので、十分な注意が必要です。
 JIS Z 8812(有害紫外放射の測定方法)によれば、1日(24時間)を1期間として253.7nmの殺菌線の暴露を受けてよい許容限界値(規準(TLV-Threshold Limit Values))が60J/m²となっています。そのため、殺菌線強度が強ければ、許容する照射時間は強さに反比例して短くしなければなりません。照射時間と許容殺菌線強度をまとめたものを表5に示します。

表5 殺菌線の許容殺菌線強度

| 照射時間 | 許容殺菌線強度 |
|------|---------------------|
| 8時間 | 2mW/m ² |
| 1時間 | 16mW/m ² |
| 1分 | 1W/m ² |
| 1秒 | 60W/m ² |

(1) 人間に対する作用

①目に対する影響
 殺菌灯の紫外放射を目に受けたとき、数時間後に、目が充血して腫れ、痛みを覚えることがあります。これは、殺菌線によって、角膜炎や結膜炎を引き起こすためです。よって、長時間でも点灯している殺菌ランプを直接することは絶対に避けなければなりません。
 ②皮膚に対する影響
 目の場合と同様、殺菌線の照射を受けた皮膚は、殺菌線量によっては、数時間後に日焼けを起こすことがあります。これは殺菌線の光化学作用によって皮膚内の蛋白質がヒスタミン様の物質に変化し、そのため皮膚内の細胞が膨張して赤くなるものと考えられています。成人でも光線過敏症の方など個人差もあり、特に幼児の殺菌線に対する抵抗力は成人の数の1といわれていますので、注意が必要です。

③安全照射
 殺菌灯器具を取り付ける場合、人が直接あるいは間接に殺菌線に照らされないよう十分注意すべきですが、ある程度は避けられない場合があります。たとえば、室内の空気を殺菌するための上部空気を照射する場合に、天井から天井の反射光を受けると等です。

これらの場合、照射量は殺菌線強度と時間の積ですから、殺菌灯器具にごく接近しても照射を受ける時間が短ければ影響が少なく、逆に殺菌線強度が強くても時間が長ければ大きな影響を受けます。

④強い殺菌線を受けるときの対策
 殺菌線を直接人体に受けることはできるだけ避けなければなりません。殺菌灯器具の清掃やランプの取り替えのときには、殺菌ランプを消灯しなければならぬことはいまでもありません。しかし、殺菌線などでやむをえず殺菌線の照射を受ける場合は、短時間であっても、目や皮膚を保護するため、図4のような遮断プラスチックカーでできた「保護マスク」や「ゴム手袋」などを使用しなければなりません。また、胸や足などの露出部はなるべく、長袖・長ズボンを使用する必要があります。

②-2

殺菌灯



図4 保護マスク

(2) 動物物に与える作用

①ハエ、蚊、ゴキブリ、ネズミ等に対する作用
 殺菌線の殺菌効果は、単細胞に近い生物ほど有効であって、蚊やハエ等の比較的大きい、進化した生物は直接的には殺しません。しかし、調理場や台所に殺菌灯を取り付けておくと、実際にはハエ、ゴキブリ、ネズミ等がきわめて少なくなるのが認められています。これは調理場のゴミ等の散乱量がなくなるためと、これらの生物が殺菌灯の紫外放射を嫌うためと考えられています。ゴキブリに対しては殺菌線の照射により、繁殖が抑制されることがわかっています。
 ②植物に対する作用
 植物は一般に人間よりも環境に敏感であるといわれており、比較的弱い殺菌線強度の場合でも、木の葉がしおれ、枯れてしまうことがあります。特に「マ」の若い葉はきわめて強く、Luckieshの実験によれば、400~500J/m²では若干の傷害を受け、600J/m²ではかなり傷害を受けるといわれています。

但し枯などの硬い葉はかなり抵抗力が強く、12,000J/m²(15ワット程度の殺菌線から5m離れた200時間の照射では、ほとんど変化を認めなかったという実験報告があります。

(3) 素材その他の材料に対する作用

殺菌線は、太陽の紫外放射と同様に壁紙や布地等、種々の物質を退色又は老化させます。したがって直接照射を受ける場所では、この注意を要します。この性質を逆に利用して、塗料等の退色試験に用いることも考えられますが、太陽光と光分布が異なるため、効果の相関関係は不明です。また、各種の有機材料の薄膜や板など、殺菌線透過用あるいは遮断用に用いられますが、強力な殺菌線に長時間照射されると劣化することがあります。

5 殺菌灯器具の特性と定格

(1) 殺菌灯器具の構造と動作原理

殺菌灯器具の構造と点灯原理は蛍光灯器具とほとんど同じです。図5に示すように、殺菌線を透過する特殊ガラスで管壁がつけられており、その内部の両端には電極があります。この電極はタングステンの2重コイルからなり、電子放射物質が塗布されています。管内にはアルゴンガスと少量の水銀が封入されています。

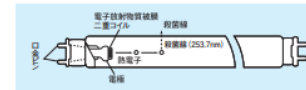


図5 殺菌ランプ

電流が流れると、蒸気状態となってランプ内部に存在する水銀から多量の紫外放射が発生します。この紫外放射はほとんど253.7nmの波長のものとして、紫外放射透過ガラスを透して外部へ出ます。殺菌ランプと蛍光灯の相違点は、殺菌ランプが紫外放射透過ガラスを用いて、内部で発生した殺菌線をそのまま外部へ取り出しているのに対し、蛍光灯は普通のガラスを用い、内部に蛍光物質を塗って253.7nmの紫外放射を可視放射に転換させた後、外部へ取り出しています。殺菌ランプのガラス管は図6に示すように200~300nmの紫外放射は良く透過しますが、200nm以下の紫外放射はほとんど遮断し、オゾンまたはイオンの生成を少なくした特殊な紫外放射透過ガラスを使用しています。

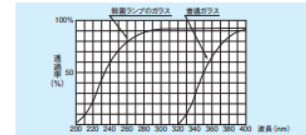


図6 ガラス管の透過率

(2) 殺菌ランプの特性

図7は、パナソニック殺菌ランプの分光分布を示しています。殺菌ランプの主要な放射は、ほとんどが253.7nmで、点灯中、紫色に見えるのは、435.8nm(青紫色)、546.1nm(緑色)、その他若干の可視放射を伴うため、253.7nmの紫外放射は目に見えません。

表6 パナソニック殺菌ランプの定格を示します。

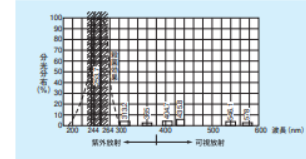


図7 殺菌ランプの分光分布

①: Panasonic 殺菌灯資料
 a: Philips Ultraviolet Radiation
 b: Kolben Ultraviolet Radiation
 c: S. Arpaci, J. Koehnman, CIE Journal vol4 No.2 (1985)
 d: The IESNA Lighting Handbook, Ninth Edition (2000)
 e: 定置型、日本照明学会編『照明技術ハンドブック(第9版)』(2009年)
 f: 内照型、日本照明学会編『照明技術ハンドブック(第9版)』(2009年)

【Panasonic 殺菌灯 参考文献引用③】

③-1

殺菌灯

表6 パナソニック殺菌ランプの定格

| 品番 | 寸法(mm) ガラス管の長さ | 口金 | 定格ランプ電力(W) | ランプ電流(A) | 有効寿命(h) | 適合点灯管 |
|-------|-------------------|-----|------------|----------|---------|------------------------|
| GL-4 | 15.5 | G5 | 4 | 0.162 | 0.8 | FG-7E FG-7P |
| GL-6 | 15.5 | G5 | 6 | 0.147 | 1.7 | FG-7E FG-7P |
| GL-8 | 15.5 | G5 | 8 | 0.170 | 2.5 | FG-7E FG-7P |
| GL-10 | 25.5 | G13 | 10 | 0.230 | 2.7 | 6000 FG-7E FG-7P |
| GL-15 | 25.5 | G13 | 15 | 0.300 | 4.9 | 6000 FG-1E FG-1P |
| GL-20 | 32.5 | G13 | 20 | 0.360 | 7.5 | 8000 FG-1E FG-1P |
| GL-30 | 25.5 | G13 | 30 | 0.355 | 13.4 | 8000 FG-4P |
| GL-40 | 32.5 | G13 | 40 | 0.415 | 19.8 | 8000 FG-4P |

(注) 専用の器具で使用する。

(3) 点灯時間と殺菌出力の関係

殺菌ランプは点灯するにしたがって図8のように殺菌出力が減少し、殺菌力も減少します。殺菌出力が低下した状態では初期の殺菌効果が得られませんので、殺菌ランプは定格出力(100時間点灯後の出力)の80%以上まで出力が減少する時間を定格寿命と定めております。したがって、殺菌ランプは、定格寿命時間経過後はたとえ点灯しているものでも交換する必要があります。

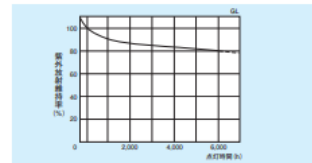


図8 点灯時間と殺菌出力の関係 (GL-10-15)

表7 殺菌灯器具の使用区分

| 使用場所 | 使用条件及び器具種類 | 使用条件 | 殺菌灯器具の性能 | |
|--------------|--|---|---|------------------|
| | | | 殺菌灯出力方式 ファン循環型殺菌装置 | 間接照射方式 吊下げ型器具 |
| 人が入室する時の空間殺菌 | 24時間常時点灯 | 病室 新生児室など | ◎ | × |
| | 8時間以内点灯 | 厨房 臨床検査室 手術室 トイレ 食品工場 薬品工場など | ◎ ●1日当たり 60J/m ² 以下の殺菌総量 | ◎ ◎1 |
| 機器組み込みの殺菌 | コンベヤー殺菌 水殺菌 ダクト内殺菌 各種機械組み込みなど | 機器の外へ殺菌線が出ないこと | ◎2 | ◎2 |

◎1 間接照射方式の場合、消毒効果を高めるには、8時間以上の点灯とし、照射距離(器具の照射距離)の長さ、間接照射方式の殺菌器具を10m²に1台設置することになります。これより取り付けた、照射距離(器具の照射距離)が長くなり、また照射距離の短縮が望ましい場合は、消毒効果を高めることができます。
◎2 殺菌灯の使用開始と使用終了の時間差が短い場合はあります。そのため、人体等に障害を与えたり、殺菌効果を落とすことがあります。

(4) 周囲温度と殺菌出力の関係

殺菌出力は周囲温度が変化するとかなり大きく変化します。図9に示すように周囲温度が下がると殺菌出力が低下しますので、低温の場所で使用する場合は注意が必要です。また、風速の大きい場所で使用する場合も同様です。

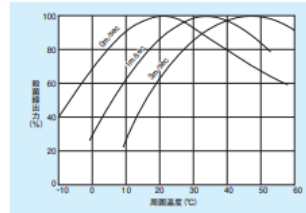


図9 周囲温度、風速による殺菌出力の変化

6 殺菌灯器具の選定

殺菌灯器具は表7の選定基準に従って選定します。

③-2

殺菌灯

2 殺菌灯器具の計算方法

1 殺菌線透光方式による空気殺菌

空気中の浮遊細菌を殺菌するのは、殺菌灯が最も特長を発揮する分野です。殺菌線は空気中で吸収されることが少なく有効に作用します。空気中の細菌やウイルスは、それ自身が単独に空気中を浮遊することは少なく、ほとんどの場合は塵埃に付着したものが、人の移動に伴い、床や壁から空気中にまきよがって、それと共に空気中を浮遊します。したがって、空気を殺菌することにより、効果的にこれらの細菌を殺菌することができます。但し、殺菌された空気は殺菌力をもたないため、殺菌線が照射された部分のみの殺菌が可能です。また、殺菌ランプを消灯すれば、殺菌効果はなくなります。病院の病室などのように24時間人がいる場所では、笠なし型や笠付き型などの直接照射方式や吊下げ型や壁付け型の間接照射方式の殺菌灯器具もJIS許容基準を満たさないため使用できません。この場合に使用できるのは、図10に示す殺菌ランプを全周が不透光の箱に入れ、殺菌線が外部に出ない構造とし、室内の空気をファンでダクト内に吸い込み、殺菌ランプの周辺を通過させて殺菌した後、反対側から室内に放出する構造(殺菌線透光方式)の「ファン循環型殺菌装置」が唯一のタイプとなります。このタイプの諸特性を表8に示します。

表8 ファン循環型殺菌装置の諸特性

| 器具タイプ | 殺菌率α | 循環風速V |
|---------------|-------|-------|
| ファン循環型(15W1灯) | 82.0% | 29m/h |

ファン循環型殺菌装置を設置した場合、浮遊細菌濃度の時間的な変化(T時間後の細菌濃度C_t)は次式で求めることができます。

$$C_t = C_0 e^{-\alpha n V T} \quad \text{※} e \text{ は自然対数の底 (} e \approx 2.72 \text{)}$$

C_t: T時間後の細菌濃度(m⁻³)

C₀: 初期細菌濃度(m⁻³)

T: 時間(h)

R: 部屋の容積(k)

ε: 殺菌された空気の殺菌率

n: 台数

V: 殺菌装置の循環風速(k/h)

但し、上記計算式は「細菌の増殖や、自然死はなく、また、空気の流れ・流出もない」という理想的な条件のもです。

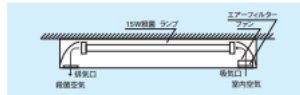


図10 ファン循環型殺菌装置の断面

(計算例1(工場))

JF11950を開口24m、奥行16m、天井高4mの工場に20台設置した場合の細菌濃度を計算すると、

$$C_t = C_0 e^{-\alpha n V T} \\ = C_0 e^{-0.82 \times 20 \times 29 \times 8} \\ = C_0 e^{-3.6272}$$

となります。

これをグラフで表すと図11のようになり、8時間後の細菌濃度が約10%になることがわかります。

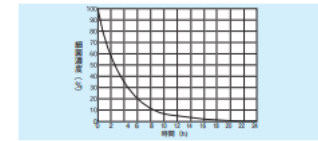


図11 JF11950使用時の浮遊細菌濃度の変化

(計算例2(病室))

JF11950を開口6m、奥行4.3m、天井高2.6mの病室(4床室)に1台設置した場合の細菌濃度を計算すると、

$$C_t = C_0 e^{-\alpha n V T} \\ = C_0 e^{-0.82 \times 1 \times 29 \times 8} \\ = C_0 e^{-1.9427}$$

となります。

これをグラフで表すと図12のようになり、8時間後の細菌濃度が約10%以下になることがわかります。

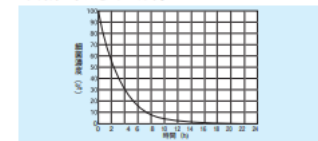


図12 JF11950使用時の浮遊細菌濃度の変化

【Panasonic 殺菌灯 参考文献引用④】

④-1

殺菌灯

2 間接照射方式による空気殺菌

(1) 間接照射方式の殺菌灯器具による殺菌

在室者がいる場合は人体に直接殺菌線が当たらないようにするため、器具の開放部を上方向に向けた間接照射方式とし、器具と天井の間の空気殺菌を行います。上方の空気殺菌が行われれば、その清浄空気と下方の空気が循環混合し、希釈され、室内の浮遊細菌の濃度が低くなります。上下の空気の循環は一般的に毎分1~2回程度行われており、予想以上の効果があります。

(2) 間接照射方式の殺菌灯器具の取り付け

間接照射方式の殺菌灯は、吊り下げ型と壁付け型器具があり、開放部を上向きに取り付けて殺菌します。この場合の使用基準は、「成人が1日8時間以内その室内で作業すること」を前提としています。したがって、小児や皮膚が殺菌線に対して特に感受性の高い人に対する配慮はされていません。この場合の使用は注意が必要です。

①設置基準

安全上の理由により、吊り下げ型器具又は壁付け型器具は10m²に1台以下となるように設置します。更に、タイマーなどを使用して点灯時間は1日最大8時間とします。

②殺菌効果の予測

殺菌された空気が室内を循環した場合の室内の浮遊細菌の濃度(T時間後の細菌濃度C_t)は次式で求めることができます。但し、細菌の増殖、自然死、室外との空気の出入り流入などはないものと仮定します。
 $C_t = C_0 e^{-(a+V)T}$ aは自然対数の底(e=2.72)
 $a = \alpha nV$

C₀: 初期細菌濃度 (m⁻³)
 T: 時間 (h)
 R: 部屋の容積 (k)
 ε: 殺菌された空気の殺菌率
 n: 台数
 V: 単位時間内に殺菌される空気の総量 (k)

吊り下げ型器具の殺菌エリアは、器具を頂点とする四角錐のエリアになります。空気中を浮遊している細菌は自然対流でこの殺菌エリアに入ったときに殺菌されますので、この四角錐の体積と単位時間内に四角錐を通過する空気の循環回数を掛け合わせたものが単位時間内に殺菌される空気の総量Vになります。よってVの計算式は以下になります。

$V = (4S \times h \times 1/3) \times N$
 S: 殺菌線が照射される天井面の面積 (m²)
 N: 単位時間内に殺菌エリアを通過する空気の循環回数
 h: 天井からの吊り下げ距離 (m)
 なお、自然対流は1分間に2回程度あるといわれていますので、N=2回×60分と仮定し、図13を参考にVを計算すると、
 $V = 4 \times (1.65 \times 0.5) \times 0.4 \times 1/3 \times 2 \times 60$
 $= 52.8 (k)$
 となります。

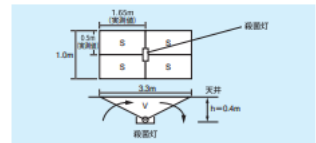


図13 間接照射方式の殺菌灯器具の周辺の空気の流れ

次に、その時の空気の殺菌率は、殺菌線の強さと浮遊細菌がエリア内に照射される時間で決まります。自然対流による殺菌率εを求める計算式を以下に示します。

$$\epsilon = 1 - 10^{-(E \times t)^{0.9}}$$

E: 平均殺菌線照度 (W/m²) 0.1 (実測値)
 t: 殺菌時間 (秒) 30 (秒)
 D: 90%殺菌するための殺菌線量 (J/m²) (表4参照)

(計算例)

・対象となる最大細菌(空気中)
 ・部屋の大きき天井口6m、奥行4m、高さ2.5m
 ・使用器具FA01996Z
 ・取り付け台数2台(10m²に1台設置)
 ・自然対流の周回数2回/分

まず、殺菌率εを求めます。
 殺菌エリア内の平均殺菌線照度Eは実測値より0.1W/m²、浮遊大腸菌を90%殺菌するための殺菌線量Dは表4より10J/m²を用います。

$$\epsilon = 1 - 10^{-(E \times t)^{0.9}} = 1 - 10^{-(0.1 \times 30)^{0.9}} = 0.50$$

$$a = \alpha nV = 0.50 \times 2 \times 52.8 = 52.8$$

よって、T時間後の室内の浮遊細菌濃度C_tは
 $C_t = C_0 e^{-(a+V)T}$
 $= C_0 e^{-52.8T}$
 $= C_0 e^{-0.88T}$
 となります。

これをグラフで表すと図14のようになり、8時間後の細菌濃度がほぼゼロになることがわかります。

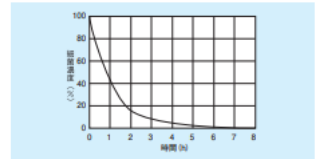


図14 FA01996Z使用時の浮遊細菌濃度の変化

④-2

殺菌灯

表9 間接照射方式の殺菌灯器具の取付方法

| | 適切な設置基準 | 不適切な設置方法 |
|-------|---|--|
| 取付位置 | <p>(天井取)</p> <p>床面積10m²に1台設置</p> | <p>床土2.1m以上の高さに設置。 器具からの直線照射や天井面からの反射が増し危険です。</p> <p>器具付属のチェーンパイプを使用する。 器具からの直線照射や天井面からの反射が増し危険です。</p> <p>傾斜天井・凹天井・岩綿吸音板よりも反射率の高い天井材の場所への設置。 思わぬ反射が起こる場合があります。</p> |
| 吊り下げ型 | <p>(吊取)</p> <p>床面積10m²に1台設置</p> | <p>壁面との距離が1.6m以下に設置。 壁面からの反射光により危険です。</p> |
| 取付間隔 | <p>取付間隔が断面方向: 3.3m以上に設置。 水平方向: 3.3以上に設置。</p> <p>床面積10m²に1台設置</p> | <p>取付間隔が断面方向に3.3m以下に設置。 天井からの反射光が増し危険です。</p> |
| 壁面取付 | <p>(壁取)</p> <p>床面積10m²に1台設置</p> | <p>床土2.1m以上の高さに設置。 器具からの直線照射や天井面からの反射が増し危険です。</p> <p>天井面からの距離が0.4m以下に設置。 殺菌効果の低下とともに天井面からの反射が増し危険です。</p> <p>傾斜天井・凹天井・岩綿吸音板よりも反射率の高い天井材の場所への設置。 思わぬ反射が起こる場合があります。</p> |
| 取付間隔 | <p>取付間隔が3.3m以上に設置。 天井面からの反射光が増し危険です。</p> | <p>取付間隔が3.3m以下に設置。 天井面からの反射光が増し危険です。</p> |

(参考文献)

- 1) Luckiesh, M: Application of Germicidal, Erythral and Infrared Energy (1946)
- 2) Lewis R. Koller: Ultraviolet Radiation (1952)
- 3) 足立ほか気相中における紫外線の抗菌作用に関する研究 (第1報) 防衛防衛学会誌, pp15-21 (1982)
- 4) 向原ほか薬剤耐性度の異なるMRSAの殺菌線に対する感受性. 照明学会全国大会, p311 (198)
- 5) 向原ほか大腸菌O157の殺菌線抵抗性について. 照明学会全国大会, p254 (1912)
- 6) 日本保安用品協会作業環境における物理的因子の測定技術. セフティダイジェスト36-3, p91 (1990)
- 7) J.B. Robinson: Ultra Violet Light and its Application. The S. A. Electrical Review pp44-49 (1967)
- 8) 産業実用における殺菌灯 (I). 照明学会誌34巻5号, pp169-174 (1985)
- 9) 阪本紀久: コナアリの駆除剤に付する殺菌線の抗菌効果 (I). 微生物学会誌, 35巻1号, pp77-86 (1984)
- 10) IES Lighting Handbook Ninth Edition, pp5-17-5-21 (2000)