

紫外線照射と光触媒技術による ウイルス抑制・除菌・脱臭装置

Device Employing Ultraviolet Irradiation and Photocatalytic Technologies to Facilitate Suppression of Viruses, Eradication of Bacteria, and Deodorization

津崎 修 TSUZAKI Osamu 藤岡 純 FUJIOKA Atsushi 田内 亮彦 TAUCHI Akihiko

新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) などの感染予防として、紫外線照射による細菌やウイルスの不活化に注目が集まっている。

東芝ライテック(株)は、Withコロナ社会に対応した、様々なシーンでクリーンな空間を提供可能なウイルス抑制・除菌・脱臭装置 UVish (ユービッシュ)を開発した。UVishは、ピーク波長280 nmの紫外線発光ダイオード(UV-LED)と可視光応答型酸化チタン(TiO₂)を用いた光触媒技術により、高い抗ウイルス性能に加えて除菌・脱臭性能を達成している。また、設置が容易な小型・軽量筐体(きょうたい)、繰り返し使用できる光触媒フィルターユニット、及び静音運転も実現した。

Effective methods for inactivating bacteria and viruses by irradiation with ultraviolet (UV) light have recently become a focus of attention as a preventive measure against COVID-19.

Toshiba Lighting & Technology Corporation has developed UVish, a device that facilitates the suppression of viruses, eradication of bacteria, and deodorization in order to offer clean environments satisfying the various needs of society coexisting with COVID-19. Incorporating a UV light-emitting diode (UV-LED) with a peak wavelength of 280 nm and photocatalytic technologies using visible-light-responsive titanium oxide (TiO₂), UVish provides high antiviral performance together with high bactericidal and deodorizing performance. This device also features a compact and lightweight housing allowing it to be easily installed anywhere and a photocatalytic filter unit that can be repeatedly used, in addition to quiet operation.

1. まえがき

2019年末から感染拡大が始まったCOVID-19は、2021年8月の時点においても、感染力が高いデルタ株と呼ばれる変異種の発生によって、新規感染者数が全国で連日1万人を超えるなど、いまだに予断を許さない状況が続いている。COVID-19対策の切り札として、2021年2月からワクチン接種が開始されたが、全ての国民の接種完了には至っていない。このようなWithコロナ社会においては、新しい生活様式が求められる状況となり、三密(密閉、密接、密集)対策として、マスクの着用や、不要不急の外出・移動の自粛、密閉空間での飲食の規制、各種イベントの中止など、一人一人の感染予防対策に加えて、日常生活の様々な場面での対策が検討されている。

その一つの手段として、紫外線照射による除菌・消毒効果が注目を集めており、東芝ライテック(株)は、紫外線照射と光触媒技術を利用したウイルス抑制・除菌・脱臭用UV-LED光触媒装置 UVishを開発し、2021年7月1日にリリースした。ここでは、その仕様と性能について述べる。

2. UVishの装置仕様

2.1 基本構成と効果のメカニズム

今回開発したUVishは、紫外線照射と光触媒の複合効果を利用したウイルス抑制・除菌・脱臭装置である。紫外線照射は、波長によってUV-A(315~400 nm)、UV-B(280~315 nm)、及びUV-C(100~280 nm)の三つに分類され、UVishには、波長の短いUV-C領域の光を放射するLEDが搭載されている。UV-Cは、1光子当たりのエネルギーが高く、**図1**に示すように、ウイルスや細菌が持つDNA(デオキシリボ核酸)やRNA(リボ核酸)の吸収帯に近い波長を持つことで、効率良くDNAやRNAの遺伝子情報を破壊し、細胞分裂や増殖を抑制して、ウイルスや菌を不活化できる。

また、UVishには、可視光応答型である酸化チタン(TiO₂)から成る光触媒材料を担持したフィルターと、光触媒の励起光源としてUV-A領域の395 nmの光を放射するLEDも搭載されている。**図2**に、光触媒によるウイルス抑制・除菌・脱臭メカニズムを示す。光触媒のウイルス抑制・除菌・脱臭メカニズムは、光触媒材料が紫外線や可視光の励起光照射を受けて、表面から放出された電子が空気中の酸素と結合して生成される活性酸素と、電子の抜け

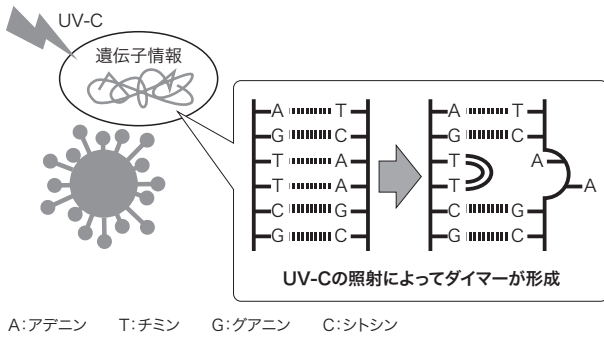


図1. 紫外線照射による細菌やウイルスの不活化メカニズム
 UV-Cの照射によって、細菌やウイルスのDNAやRNAの遺伝子情報を破壊して不活化させる。
 Mechanism of inactivation of bacteria and viruses by UV irradiation

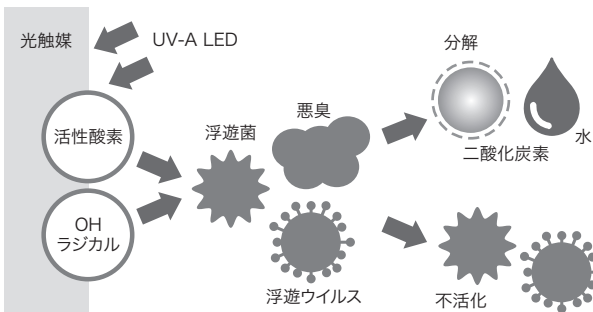


図2. 光触媒による脱臭と、細菌やウイルスの不活化のメカニズム
 光触媒から生成される活性酸素とOHラジカルによって、悪臭を分解し、細菌やウイルスのDNAやRNAの遺伝子情報を破壊して不活化させる。
 Mechanisms of deodorization and inactivation of bacteria and viruses by photocatalyst

た正孔が空気中にあるOH⁻（水酸化物イオン）から電子を奪って生成されるOH（水酸基）ラジカルとの酸化作用によるものである。これにより、悪臭の原因である有機物質を二酸化炭素と水などに分解したり、ウイルスや菌を不活化させたりできる。

UVishの構成は、樹脂筐体の内側に、プレフィルター、光触媒フィルター、光触媒励起用のLED（UV-A、ピーク波長λ_p=395 nm）、ウイルス抑制・除菌用のLED（UV-C、λ_p=280 nm）が組み込まれたコアユニットを備えている（図3）。装置下部より取り入れられた空気は、除塵（じょじん）機能を持ったプレフィルターを通してコアユニット内に吸気され、コアユニット内を通過することで、光触媒により悪臭が分解され、光触媒とUV-Cによりウイルスや菌が不活化されて、装置上部から排気される。

2.2 基本仕様と特長

UVishの基本仕様を表1、外観を図4に示す。代表的な

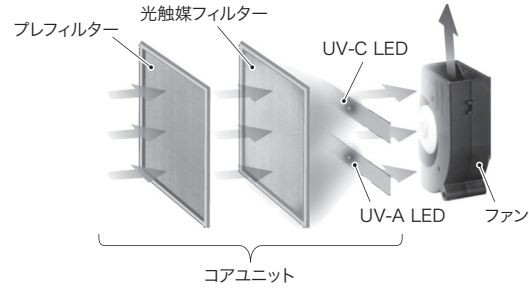


図3. UVishの構成
 プレフィルター、光触媒フィルター、光触媒励起光源（UV-A LED）、ウイルス抑制・除菌用光源（UV-C LED）、及びファンから成る。
 Configuration of UVish

表1. UVishの基本仕様

Basic specifications of UVish

項目	仕様
本体	ABS樹脂（ホワイト）
外形寸法	250（幅）×120（奥行き）×207（高さ）mm
本体質量	1.8 kg
電源	AC100 V 50 Hz, 60 Hz 共用
ACアダプター	コード長さ1.8 m（白色）
適用空間体積	32 m ³ （約8畳の部屋の体積に相当）*
使用温度範囲	5～35℃（相対湿度85%以下）
運転モード	3段階（パワフル／標準／静音）
インターロック	裏付た解放時に電源オフ ファン故障時にアラーム起動

*24時間以内で菌を99%以上除菌できる空間の大きさ
 ABS：アクリロニトリル ブタジエン スチレン AC：交流



図4. UVish
 小型・軽量、かつ全方位感のある形状で光高機能を訴求している。
 UVish

特長は、以下のとおりである。

- (1) クリーンな方式 表2に他方式との比較結果を示す。光触媒方式は、人体に有害な物質や薬品などを使わないため、安全かつ容易にウイルスや菌を不活化できる。またLED光源の採用で、水銀を使用せず、環境へ配慮している。

表2. 光触媒と他方式の効果の比較

Effectiveness of photocatalyst compared with other methods

方式	光触媒	次亜塩素酸水	オゾン	活性炭
人体への悪影響	なし	あり (高濃度品)	あり (濃度規制)	なし
脱臭効果	○	△	○	○
除菌効果	○	△	○	×

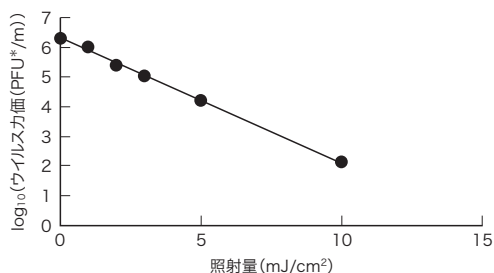
○：高い △：普通 ×：低い

- (2) 交換コストが不要 光触媒フィルターユニットは、金属製で水によるつけ置き洗いができる。衛生的で繰り返し使用ができるため、交換コストも不要となる。
- (3) 軽量・コンパクトで静音設計 本体は小型・軽量設計となっており、カウンターや机の上などの狭いスペースにも設置でき、持ち運びも容易である。また、静音モードの運転音は、2 m離れた位置で22 dBと静かで、寝室での使用にも最適である。

3. UVishの装置性能

3.1 抗ウイルス・除菌性能

UVishに搭載したウイルス抑制・除菌用のLEDを用い、第三者機関である国立大学法人 山口大学で、COVID-19のウイルス SARS-CoV-2 (Wuhan型) に対する不活化試験を行った⁽¹⁾。試験結果を図5に示す。コロナウイルス液を滴下したシャーレにウイルス抑制・除菌用のLED光をバッチ照射し、照射後直ちにウイルス液を希釈してプラークアッセイ^(注1)によりウイルス力価^(注2)を測定した結果、約5 mJ/cm²の光量で99%、約7 mJ/cm²の光量で99.9%のウイルス不活化率を確認した。



*プラーク形成単位 (PFU: Plaque-Forming Unit)。一定容量当たりのプラークを形成できるウイルス粒子の数を表す単位

図5. 紫外線照射でのCOVID-19の不活化試験結果

新型コロナウイルス液にUV-Cを照射し、約5 mJ/cm²の光量で99%、約7 mJ/cm²の光量で99.9%のウイルスを不活化できた。

Results of tests on COVID-19 inactivation using UV irradiation

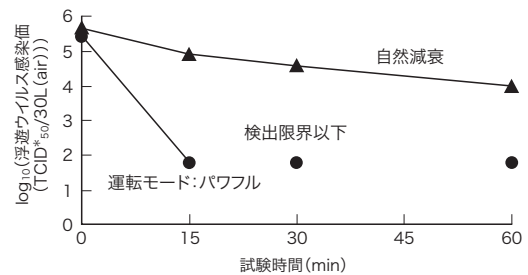
- (注1) 被験物質中のウイルスの感染能を測定するのに用いる標準的な生物学的測定方法。
- (注2) 試料中に含まれる感染性を持つウイルス量のこと。

続いて、第三者機関である一般財団法人 北里環境科学センターにて、UVishのウイルス抑制・除菌性能試験の検証を行った⁽¹⁾。図6は、200 Lの試験容器内にインフルエンザAを指標菌とする浮遊ウイルス液を噴霧攪拌(かくはん)した後、UVishをパワフルモードで運転し、15分経過時間ごとに、インピンジャーによって浮遊するウイルスを捕集し、培養してウイルス数の測定を行った結果である。装置運転約10分で、浮遊するウイルスの99%以上を抑制できることが確認された。

図7は、1 m³の試験容器内に指標菌として黄色ブドウ球菌を用い、30分経過時間ごとに、インピンジャーによって浮遊する菌を捕集し、培養して菌の測定を行った結果である。約26分の運転で、浮遊する菌の99%以上を抑制できることが確認された。

3.2 脱臭性能

たばこ臭や二日酔い臭などの悪臭の原因物質となるアセトアルデヒドガスの脱臭性能を、当社で実施・検証した。

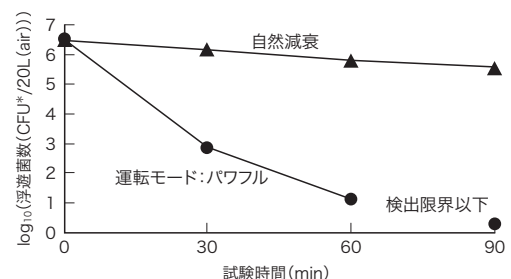


*50%組織培養細胞感染率 (TCID₅₀: Tissue Culture Infectious Dose 50)。培養細胞のうち50%がウイルスに感染したときのウイルスの濃度

図6. 浮遊ウイルスの不活化試験結果

パワフル運転モードの15分後において、浮遊ウイルス感染価は 6.3×10^1 TCID₅₀/30L (air)となった。

Results of airborne virus inactivation tests



*コロニー形成単位 (CFU: Colony Forming Unit)。細菌を培地で培養したときにできたコロニー数

図7. 浮遊菌の不活化試験結果

パワフル運転モードの30分後において、浮遊菌数は 7.4×10^2 CFU/20L (air)、60分後で 1.4×10^1 CFU/20L (air)となった。

Results of airborne bacteria inactivation tests

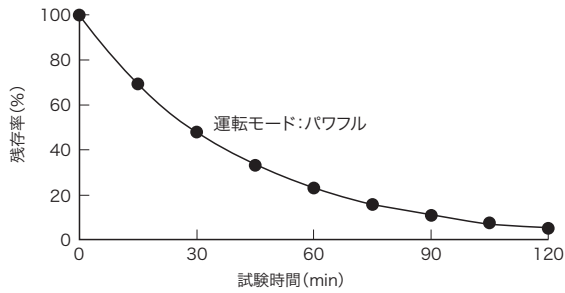


図8. アセトアルデヒドガスの脱臭試験結果

パワフル運転モードの96分後において、アセトアルデヒドガスを90%以上分解できた。

Results of acetaldehyde gas deodorization tests

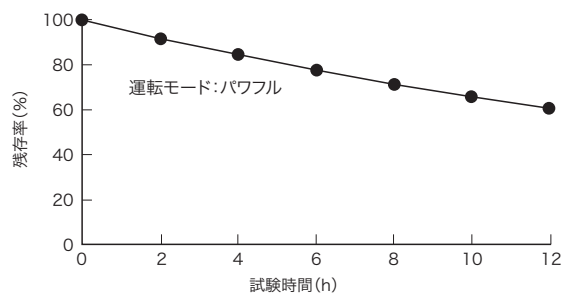


図9. エチレンガスの脱臭試験結果

パワフル運転モードの12時間後において、エチレンガスを40%以上分解できた。

Results of ethylene gas deodorization tests

図8は、アセトアルデヒドガスを1 m³の試験容器内に一定濃度充填した後、UVishをパワフルモードで稼働し、経過時間ごとにアセトアルデヒドガスの濃度を測定した結果である。約96分の運転で、90%以上のアセトアルデヒドガスが分解されることを確認した。

続いて、果物や野菜の熟成を促進させる、植物ホルモンの一つであるエチレンガスの脱臭性能試験を当社で実施し、検証した。図9は、アセトアルデヒド脱臭性能試験と同様に、エチレンガスを1 m³の試験容器内に一定濃度充填した後、UVishをパワフルモードで稼働し、経過時間ごとにエチレンガスの濃度を測定した結果である。約12時間の運転で、40%以上のエチレンガスが分解されることを確認した。UVishは、冷蔵庫や貯蔵庫内に設置した場合、除菌・脱臭機能のほかに、エチレンガスを分解することで、果物や野菜の鮮度維持効果を発揮できる。

4. あとがき

Withコロナ社会における“UVライティング”の社会実装製品として開発したUVishについて報告した。UVishは、クリーンで快適な空間提供に貢献することが期待できる。今後、更なる用途の拡大に向けて、ラインアップの強化を図っていく。

文献

- (1) 東芝ライテック, “ウイルス抑制・除菌脱臭用UV-LED光触媒装置UVish (ユービッシュ)”, UVライティング, <http://www.tlt.co.jp/tlt/products/uv_lighting/uvish/uvish.htm>, (参照 2021-08-30).



津崎 修 TSUZAKI Osamu
東芝ライテック (株) 技術本部 UV 技術部
Toshiba Lighting & Technology Corp.



藤岡 純 FUJIOKA Atsushi
東芝ライテック (株) 技術本部 UV 技術部
Toshiba Lighting & Technology Corp.



田内 亮彦 TAUCHI Akihiko, Ph.D.
東芝ライテック (株) 技術本部 UV 技術部
博士 (工学)
日本水環境学会会員
Toshiba Lighting & Technology Corp.