

ダクト接続形空気清浄ユニット「ベストUVエアー」

中性能90%フィルタと深紫外線を用いた空気清浄とウィルス不活化促進

木村工機株式会社
齊藤 一成

1. はじめに

2019年末より世界的な流行となり未だ収束しない新型コロナウイルス。我が国では感染症予防と経済・学業を両立するため極めて不自由な生活を「新しい日常」として受け入れてきた。この期間、テレワークやリモート会議の推奨、3密（密閉・密集・密接）回避など人流を強く抑制したことにより日常生活を取巻く社会環境は大きく変化した。

空調設備も同様に単に快適性と省エネ性を追求するものから換気や調湿、清浄度といった空気質管理を重視する考えに大きく変化している。取り分けウィルス類の空気感染予防に有効な設備への関心は高く、床置タイプの空気清浄機を中心に各社がラインアップの増強を図っている。

一方、業務用ビル空調システムに取り込むことができる手法としてはダクト経路へ殺菌灯や電気集塵機、HEPAフィルタを設置するといった提案があるが、いずれも導入・維持コストや安全性、環境性、設置スペースなど個別の課題が存在している。

そこで弊社と中部電力株および中部電力ミライズ株の3社は業務用ビル空調システムとの親和性に優れ、省エネと環境負荷低減にも寄与するダクト接続形空気清浄ユニット「ベストUVエアー」を共同で開発した。

本稿では3社が実施した検証実験によるデータとシミュレーションを用いて本装置の概要とその効果について紹介する。

2. ダクト接続形空気清浄ユニット「ベストUVエアー」

2-1. 製品概要と特長

「ベストUVエアー」（以下「本装置」）はダクト式空調設備の還気ダクトに接続して天井内に設置する空気清浄ユニットである。（写真1）予め最適設計された空調ダクトに設置することで店舗やオフィス、病院、ホテルなどの業務用施設で大空間の循環空気を効率的に清浄することができる。

（図1）

これにより、一部の設備ユーザーから寄せられていた「室温管理をしているため窓を開けたくない」、「窓を開けると花粉や騒音が気になる」、「室内に空気清浄機を複数台設置すると邪魔になる」といった声にも解決策として提案出来ると考えている。



写真1 ベストUVエアー CCUV7-90P1型

本装置は天井吸込口から空調機までの還気ダクト経路内へ据付し、設計上のダクト風量に合わせて選定する。定格風量として700、1400、2100 m³/hの3型番をラインアップし、各型番が処理できる風量範囲内で空調機が確保できる機外静圧を考慮して決定する。

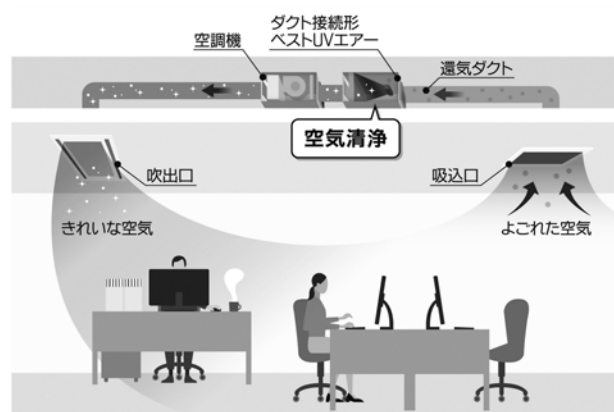


図1 ベストUVエアーの設置例

図2は本装置による空気清浄化のイメージを示したものである。本体はUV耐性を備えた比色法捕集率90%の中性能フィルタ、深紫外線（UV-C）を照射するLED、UVモジュール保護用プ

レフィルタ、安全回路付電装盤で構成されている。

中性能フィルタで捕集したエアロゾルに対して深紫外線を照射することで内包する細菌やウイルス類の不活化を促進するため、室内空気の清浄化と微生物の不活化促進といった二つの清浄効果を持ち合わせていることを特長とする。

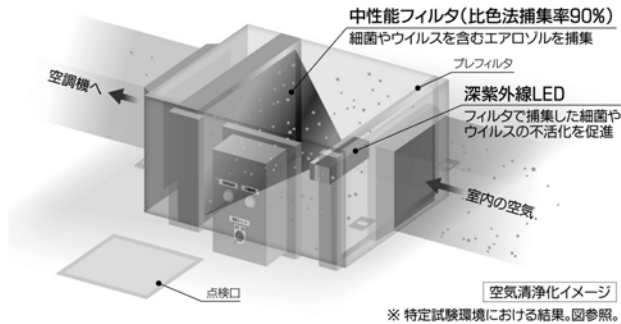


図2 ベストUVエアーの空気浄化イメージ

このほか深紫外線は人体に直接暴露されると有害な作用を及ぼすため、天井内に設置した本装置内部に取り付けることで外部への漏れリスクをなくし、安心して使用することができる。さらにメンテナンス用の点検扉には安全スイッチを設け、開動作の際には強制遮断する回路としている。

3. 主要構成部品

3-1 中性能フィルタ

エアフィルタは高い捕集効率と低圧損を両立する比色法捕集率 90%の中性能フィルタを採用した。本フィルタの平均粒子捕集率は $0.4\mu\text{m}$ で70%以上、 $0.7\mu\text{m}$ で80%以上を有す。

通常、ウイルスの粒子単体はおよそ $0.1\mu\text{m}$ 程度以下とされ単体では極めて微細である。しかし、ひとへの感染経路としては $2\sim 3\mu\text{m}$ 程度以下のエアロゾルに内包され空気中を長く浮遊することなどが要因として報告されており、本フィルタでの捕集が可能な領域であると考えている。また、中性能フィルタの材質は樹脂系繊維が一般的であるが、紫外線に弱く高出力の殺菌灯などを直近で照射すると短時間で劣化が進む。そのため本装置ではフィルタの繊維材質を無機素材とし、紫外線耐性を高めている。尚、無機素材のUV耐性については劣化促進試験などの検証を通して効果を確認している。(写真2)



写真2 耐UV中性能フィルタ

3-2 深紫外線LED

深紫外線(UVC)は紫外線の中でも最も波長の短い領域($100\sim 280\text{nm}$)に位置し、 260nm をピーク¹⁾としてあらゆる細菌やウイルス内部のDNA、RNAを破壊する強い殺菌作用があることが分かっている。なお殺菌作用を高めるには、UVC波長と照射線量 [mJ/cm^2] が重要であり、照射線量は照度 [mW/cm^2] と照射時間 [秒] の積によって決まる。本製品の深紫外線光源には最終的に波長 265nm のLED方式を採用した。現時点で実用化されている深紫外線LEDは出力が低いものの、多灯並列点灯させることで有効性のある照度を確保している。高反射リフレクターを用いた広配光設計により照度ムラの少ない照射が実現できる点も特長的である。(写真3)

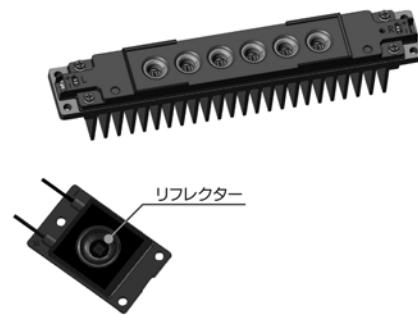


写真3 深紫外線LED

また、装置全体としては中性能フィルタ捕集面に対し上流側から効果的に照射するための配置や配光に工夫を施して製品としての最適化を図った。

深紫外線LEDは従来殺菌灯と異なり水銀を含まないため、廃棄時の特殊な扱いが不要である。

さらにLEDは長寿命で断続的に照射する設計も可能であるため、本装置においては交換の目安を約7年(2500時間/年の空調運転時間とした場合)と設定している。

4. 清浄効果の評価試験

4-1. 試験の概要

空間に浮遊するウイルスの除去性能に関しては中部電力先端技術応用研究所において、日本電機工業会規格JEM1467「家庭用空気清浄機」が定める試験室と試験手順に基づいて実施した。

試験を実施するに当たり、深紫外線光源の種類や配置、フィルタ捕集効率、処理風量などいくつかの条件を設定し比較検証を行った。

4-2. 試験の方法

JEM1467附属書D「空気清浄機の浮遊ウイルスに対する除去性能評価試験方法」に基づき、 26m^3 の試験空間においてネブライザーにて試験ウイルスを噴霧したのち試験ユニットに接続した

送風機を運転、一定時間ごとに試験室内空気の回収を行ない、捕集したウィルスをプラーク法にて測定した。プラーク法とは、残存ウィルスの定量化手法である。シート状に培養した宿主細胞にウィルス液を接種したあと、全体を寒天のようなゲルで被い培養する。ウィルスが隣り合った細胞のみに肉眼で確認できる斑点（プラーク）を測定する試験方法である。（写真4）

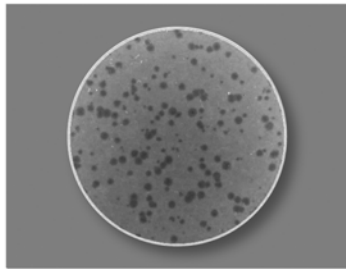


写真4 シャーレ上で確認したプラーク

試験に使用したウィルスは同規格が定めるバクテリオファージMS2ウィルスを用いた。大腸菌を宿主として感染するため、試験においては、大腸菌に接種させて減少量の確認を行なった。また、各種細菌やウィルスを不活化するために必要な深紫外線照射量 [mJ/cm²] の目安はこれまでの外部機関実験等によって確認されている。図3は99.9%不活化するために必要とされる照射量の目安である。試験に使用したバクテリオファージMS2ウィルスは新型コロナウイルスやインフルエンザウィルスよりも紫外線耐性が強いウィルスであることなどが確認できる。

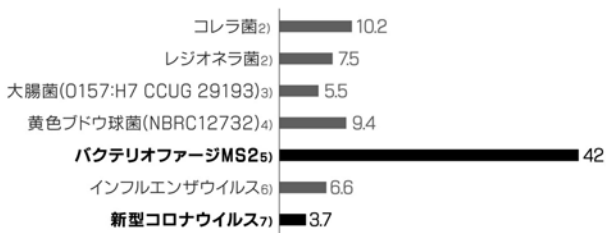
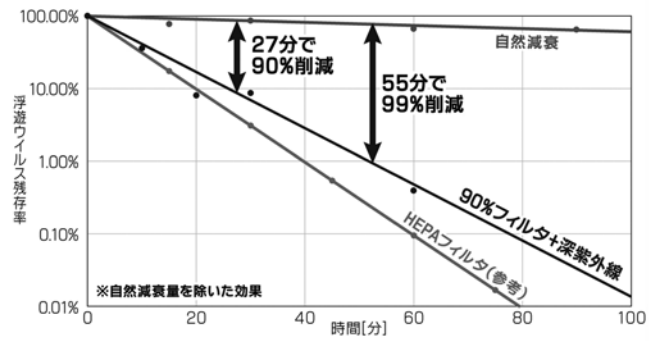


図3 各種微生物の紫外線耐性の目安

4-3. 試験の結果

最終的な製品仕様において得られた室内浮遊ウィルスの削減効果を図4に示す。これは循環風量を250 m³/hとし、浮遊ウィルスの自然減衰量を除いた効果を示したものであり、55分で99%の削減効果を確認した。自然減衰量とは試験室内を浮遊するエアロゾルが時間経過とともに壁面や床面等に付着して減少することを指す。



＜試験条件＞

- 【試験期間】 中部電力先端技術応用研究所
- 【試験方法】 日本電気工業会 JEM1467 に準拠
- 【試験ウィルス】 バクテリオファージ MS2 ウィルス

図4 室内浮遊ウィルスの削減効果

尚、本試験ではHEPAフィルタ (0.3μm で99.97%以上の捕集率) 単体を用いた場合の浮遊ウィルス残存量の測定も実施している。瞬間的な捕集効率はHEPAフィルタ方式が若干優位であるが、還気循環を経た一定時間の中で捕集効果を発揮し、省エネ・省コストを加味した実用面において比較した場合、本装置に優位性があると考えている。

4-4. 空気清浄の様子（CFDによる微粒子濃度の変化）

本装置に期待される特長のひとつとしてビルや病院、店舗など業務用施設の大空間における効率的な空気清浄が挙げられる。

図5-1並びに図5-2はそれぞれ本装置と床置き形空気清浄機を同一条件で使用した場合の微粒子濃度についてCFDを用いて計算したものであり、運転開始から60分経過時の垂直断面の様子を示している。

本装置（図5-1）は予め空気循環が考慮されている空調ダクトに設置するため、空間内には清浄空気の偏りがなく短時間での清浄が期待できる結果となった。

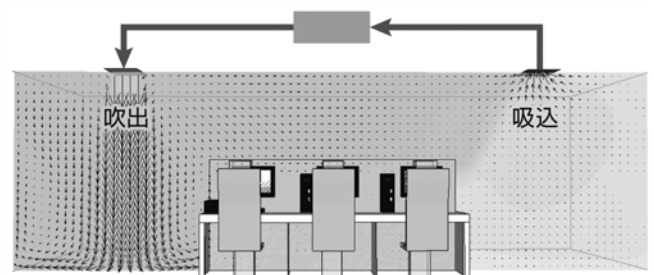


図5-1 本装置による清浄の様子（空調用循環 airflow に沿った設計）



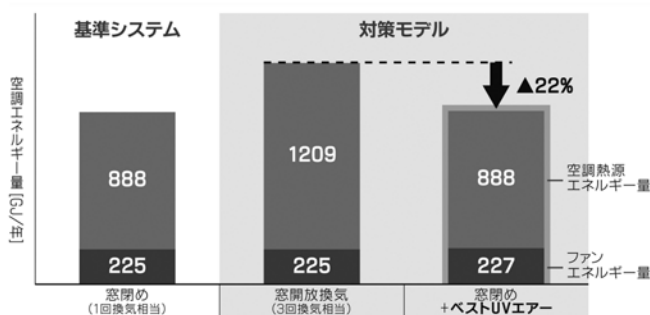
図5-2 床置き空気清浄機による清浄の様子
(壁面付近に設置したケース)

<設定条件>

事務室 80 m³ (8m×4m×2.5m)、空気清浄機風量
240 m³/h (循環回数3回/h相当)、装置の清
浄性能は同等、微粒子数 1×10¹⁰個/m³の状態か
ら空気清浄機を稼働

4-5 省エネルギー性

現在、応急的な感染症対策として所謂「窓開け換気」が行われているが、この方法の場合、快適な室内温湿度を維持するため、従来以上に空調エネルギーが必要となる。図6はThe Best Program (Building Energy Simulation Tool) を用いて計算した空調エネルギー量の比較である。この計算は建築基準法に基づいた「1回換気相当(窓閉め)」を基準システムとし、対策モデルとして「3回換気相当(窓開放換気)」と「基準システム+本装置」の3つのケースについて比較したものである。本条件においては「基準システム+本装置」の場合、「窓開放換気」より約22%省エネとなる結果が得られた。この理由として本装置は、ファンの動力およびLEDの消費電力が増加するものの、その増加分は僅かであるため、基準システムと大きな差が出ないものと考えている。



<試算条件>

名古屋地区3階建て事務所ビル(3,000 m²)、12時間/日(8~20時間)×20日×12か月、ビルマルチエアコン+外調機、基準システムは1回/h換気、窓開放時は3回/h換気

図6 換気対策別空調エネルギー量比較

5. 導入例

2021年11月初旬、愛知県名古屋市の大名古屋ビルディング27階に居を構える弊社オフィスへ本装置を導入した。既設の冷温水式大温度差AHUの還気ダクト経路を一部改修し、AHUの送風機とインターロック回路を設けた。(写真5)この様に本装置は比較的簡単な工事で設置できるため、規模の大小や新築・改修を問わず導入が可能である。

引き続き不特定多数の人が往来するオフィスや病院、店舗、学校といった業務用施設への導入を推進していきたいと考えている。

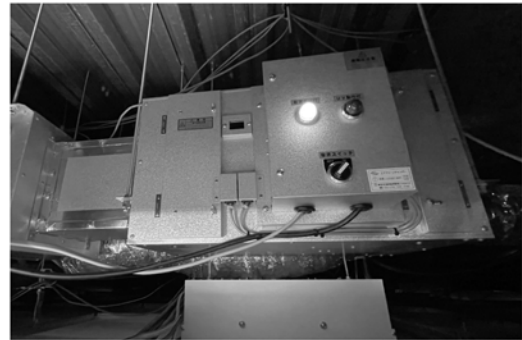


写真5 天井内に設置されたベストUVエアー

6. おわりに

SDGs達成に向けた動きと新型コロナウイルスの流行といった世界的潮流の中、換気の強化や新しい空気清浄技術の開発など空調業界への期待は高まりを見せている。

こういった背景の中、「ベストUVエアー」は環境負荷低減と高度な空気清浄を両立する汎用性の高い空気清浄ユニットとして開発した。

最適気流設計と中性能フィルタおよび深紫外線を活用することで空調と空気清浄の技術融合を果たす本装置が広く普及し感染症予防に役立てられれば幸甚である。

参考文献

- 1) JISZ8811:1968 殺菌紫外線の測定方法
- 2) Water Environment Federation, Wastewater Disinfection. Manual of Practice FD-10, 1996
- 3) Sommer et al. 2000
- 4) 吉野潔, 紫外線殺菌における指標微生物の紫外線感受性(その3). IWASAKI 技報No. 26. p8-14, 2012
- 5) 平田強編, 紫外線照射-水の消毒への適応性, 技報堂出版 p101-116, 2008
- 6) Kaufman, J.E, IES Lighting Handbook 5th Ed., 1972
- 7) University of Milano

連絡先

〒542-0062 大阪市中央区上本町西5-3-5 上六Fビル
木村工機株式会社 事業推進本部 営業推進部
TEL 050 (3772) 3054 E-mail k-saito@kimukoh.co.jp