

“ヘルスエアー”技術の空調機への適用

Application of the "Health Air" Technology to Air Conditioners

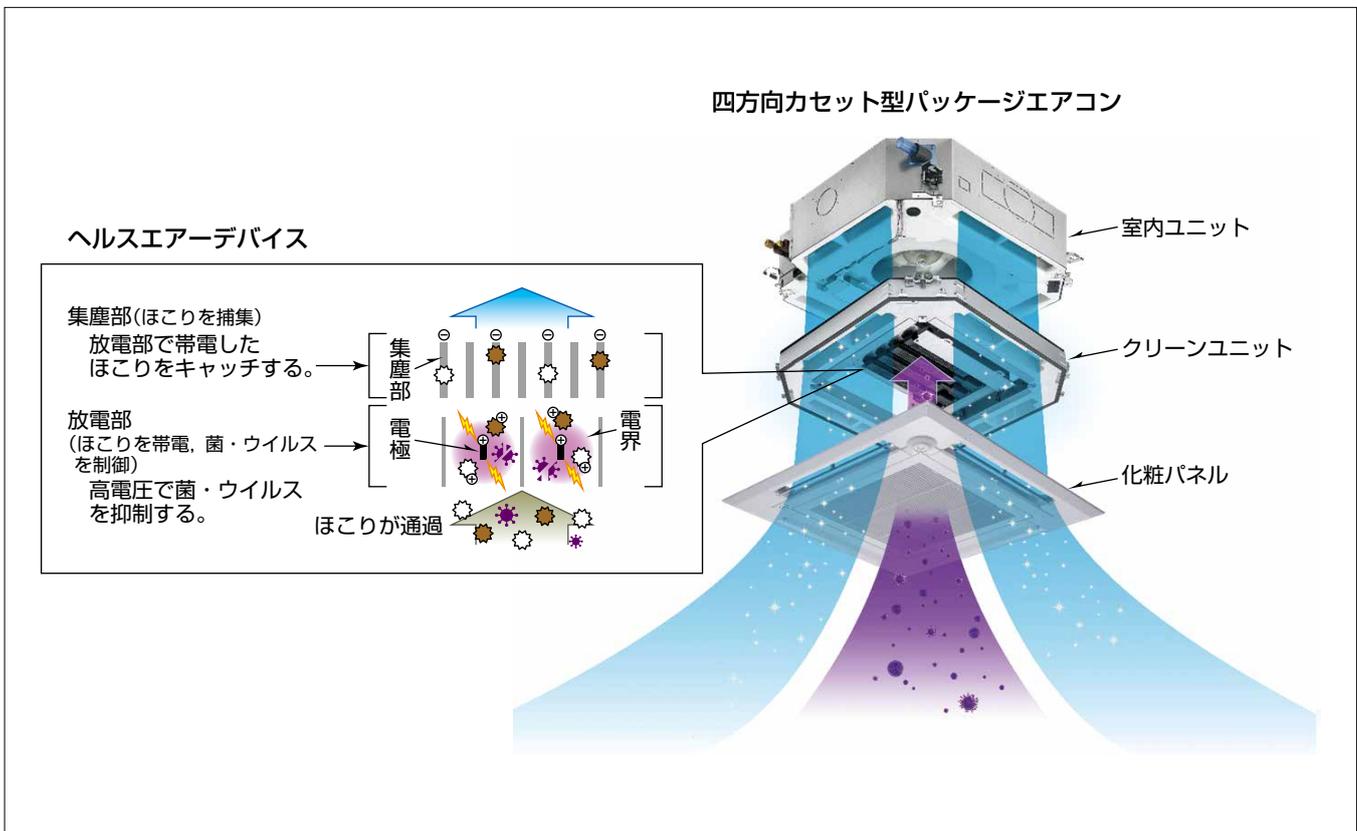
要 旨

2020年に世界的大流行が宣言された新型コロナウイルス感染症(COVID-19)の影響で、せきやくしゃみによって発生する飛沫(ひまつ)が空気中を漂い感染を拡大させるエアロゾル感染が注目されている⁽¹⁾。厚生労働省は換気の悪い密閉空間を解消することを対策の一つとして掲げて、建築物の換気量を1人当たり30m³/hとする指針を示した。換気量の基準は建築物の用途に応じて数多くあるが、建築基準法の1人当たり20m³/hに基づいて設計された建築物では、感染症対策として換気量を1人当たり10m³/h増加する必要がある。

三菱電機は建築物の設備換気で不足する換気量を空気清浄技術によって補助し、指針となる相当換気量(空清技術によって清浄化する換気量)を確保するオプションをオ

フィス空調向けに2021年12月に発売した。

空清技術として広く一般に知られているHEPA(High Efficiency Particulate Air)フィルタは高圧力損失のため、空調機の風量を大きく低下させる。このためオプションには、低圧力損失でウイルスを除去・抑制する当社独自のヘルスエアーデバイスを搭載した⁽²⁾。空調機へ搭載するに当たって、最も高い相当換気量が必要な機種で、200m³/h以上の空気を清浄化するために開口面積0.26m²を満たすようにヘルスエアーデバイスを設計した。同ユニットを四方向カセット型パッケージエアコンへ搭載し、浮遊ウイルスに対する相当換気量を測定し、実測値が設計値と同等になることを確認した。



2021年12月に発売したヘルスエアー技術搭載クリーンユニット

オフィス等に多く設置される四方向カセット型パッケージエアコン向けに、ヘルスエアー技術を搭載したクリーンユニットをオプション発売した。ウイルス抑制を行うヘルスエアー技術とPM(Particulate Matter)2.5を除去する集塵(しゅうじん)部を搭載する。新型コロナウイルス感染症対策として換気が推奨されているが、浮遊するウイルスを抑制する技術によって不足換気分を補うことで健康と省エネルギーの両立が可能になる。

1. ま え が き

これまで季節性インフルエンザを始めとする呼吸器感染症がたびたび流行してきたが⁽³⁾、ウイルスの浮遊による感染経路への対策はなされていなかった。しかしながら、新型コロナウイルス感染症ではウイルスを含む飛沫が微粒子・エアロゾルとして浮遊して感染拡大を引き起こすエアロゾル感染への懸念が指摘され、厚生労働省は対策として1人当たりの換気量を30m³/hとする指針を示した⁽⁴⁾。換気量の基準は建築物の用途等に応じて数多くあるが、建築基準法に記載の1人当たり20m³/hに基づいて設計された建築物では、感染症対策として換気量を1人当たり10m³/h増加する必要がある。

換気量を増加するためには換気装置の増設が望まれるが、換気装置の工事は躯体(くたい)工事が必要になり、設置が難しい建築物もある。そのため不足した換気量を補助する技術として空清技術が注目され、衛生・建築の有識者によって作成されたガイドラインにも感染症対策技術として掲載された。空清技術として一般的に知られるのはウイルス除去性能の高いHEPAフィルタであるが、圧力損失が大きく空調機には搭載が難しい。このため空調機に対しては中性能フィルタや電気集塵といった圧力損失が低く風量低下が少ない技術が適用される。

当社では電気集塵を応用したヘルスエアー技術を独自開発し、製品展開してきた。本稿では相当換気量の考え方とともに業務用空調へのヘルスエアー技術の適用について述べる。

2. 相当換気量

空清技術を用いて清浄化された空気量は相当換気量と定義され、外気と室内空気の交換に必要な換気量を確保した室内で換気量を補助できる。具体的な技術としてはHEPAフィルタや、中性能フィルタ、電気集塵といったウイルス粒子を捕集して除去する手段のほかに、ウイルスに対してはUV(UltraViolet)光照射等によって直接的に抑制する手段もある⁽⁵⁾。

相当換気量の求め方は、フィルタ等の捕集効率と処理風量の積算で計算する方法や、濃度減衰法から式(1)を用いて計算する方法がある⁽⁶⁾。このときウイルスの抑制性能を持つ空清技術の場合は、捕集効率に代えて機器を通過する際のウイルス抑制率を用いる。

オフィス環境で求められる相当換気量の計算方法について述べる。1人当たりの占有面積は建築基準法施工令第20条の2第2号に基づき5m²として、空調能力4~16kW

の業務用空調機がカバーする在室人数は4~20人である。ガス交換を行う1人当たりに必要な換気量20m³/h・人を確保した上で、感染症対策として10m³/h・人を相当換気量で追加することを考えると、空調能力によって1台について40~200m³/hの相当換気量を補助する必要がある。そのため当社パッケージエアコンの各能力帯全てで必要な相当換気量を満足する仕様になるよう設計した。

$$P = -\frac{V}{t} \left\{ \ln\left(\frac{C_t}{C_0}\right) - \ln\left(\frac{C'_t}{C'_0}\right) \right\} \dots\dots\dots (1)$$

P: 相当換気量, V: 試験空間容積, t: 経過時間,
C_t: 経過時間tでの空清技術稼働時ウイルス濃度,
C'_t: 経過時間tでの自然減衰時ウイルス濃度,
C₀: 初期のウイルス濃度

3. ヘルスエアー技術の原理

ヘルスエアー技術は、電気集塵の放電部を改良した技術である。従来の放電部は断面が丸形のワイヤ線や、針状・突起状電極を用いて放電が行われる。放電は放電電極の形状によって電界が局所的に集中することで空気を絶縁破壊して発生する現象であり、針や突起の先端部分だけで放電が発生するため放電空間がまばらになってしまう課題があった。断面が丸形のワイヤ線であれば断面周囲と線長に沿って放電でき、直径が細いほど低い電圧で放電できる。ただし、直径が細くなればスパッタリングによる電極の細りや破断までの寿命が短くなる課題がある。

これらの課題を解消するために、ヘルスエアー技術では断面が長方形のリボン電極を用いた。動作原理と構造を図1に示す。放電電極の短辺側では形状によって電界集中が発

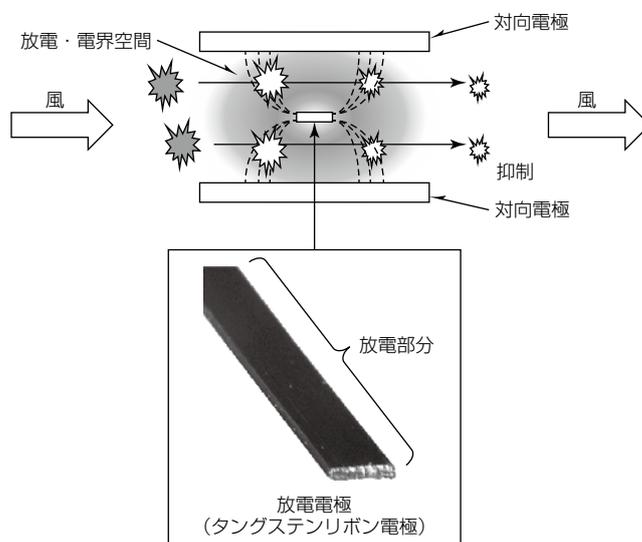


図1. 動作原理と構造

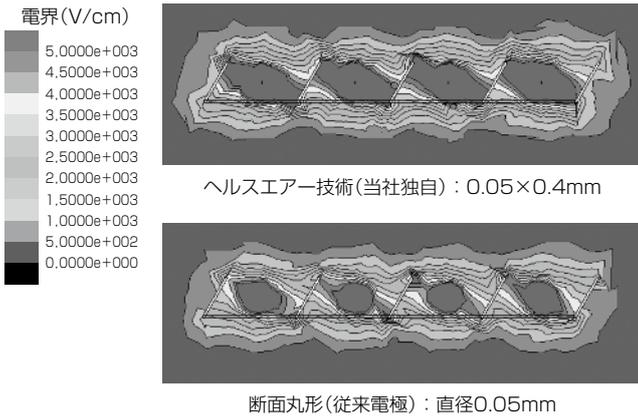


図2. 従来電極とヘルスエアー技術の電極での電界分布

生して低い電圧で放電が開始され、長辺側で細りに対しての寿命を担保した。放電電極と対向電極の間に形成される放電空間については、従来の丸形ワイヤ線よりも強い電界空間を拡大でき、通過する粒子やウイルスに対する電界の作用が向上する。図2に従来電極とヘルスエアー技術の電極での電界強度の分布を示す。

放電部の後段には、PM2.5除去や脱臭といった必要な機能に合わせて集塵部や脱臭触媒フィルタを設置できる。

4. クリーンユニットの設計

図3に四方向カセット型パッケージエアコンへ搭載するオプションのクリーンユニット構成を示す。クリーンユニットは、パッケージエアコンの室内ユニット本体と化粧パネルの間に後付け可能なオプションユニットで、内部にはルームエアコンへ搭載したヘルスエアーデバイスを実装する構造にした。

クリーンユニットへ搭載したヘルスエアーデバイスは、図1に示したりボン電極と対向電極から構成した放電部の後段へ集塵部を配置した構成にしており、放電部を通過する際に菌やウイルスを抑制するほか、デバイスを通してPM2.5を帯電し集塵部で除去する。

パッケージエアコンは空調能力によって運転風量が異なる。このため機器搭載時にヘルスエアーデバイスを通しての風量と、ヘルスエアーデバイスのウイルス抑制率から各空調能力での相当換気量を計算し、運転風量が最大になる16kW機種でも必要な相当換気量を満足するようにクリーンユニットを設計した。空調能力ごとの必要相当換気量(目標値)と、ヘルスエアーデバイスを複数搭載した場合の相当換気量試算値(設計値)を図4に示す。16kW機種でも必要な相当換気量200m³/hを満足するために、開口面積0.26m²を満たすヘルスエアーデバイスを搭載する必要があることが試算によって分かった。

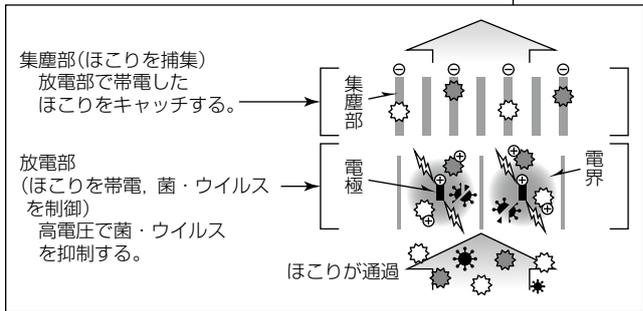
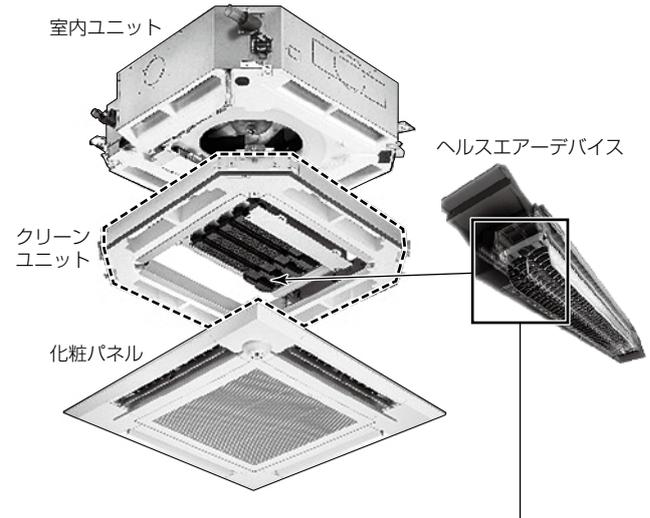


図3. クリーンユニットの構成

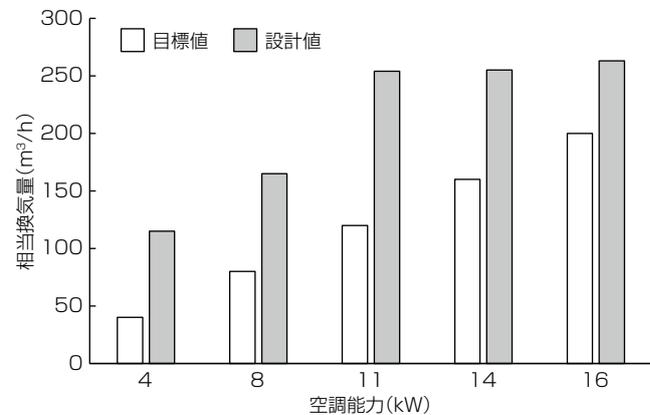


図4. 空調能力ごとの必要相当換気量(目標値)とヘルスエアーデバイス搭載時の相当換気量試算値(設計値)

5. クリーンユニットの効果

5.1 試験方法

設計したヘルスエアーデバイスを搭載したクリーンユニットを四方向カセット型パッケージエアコンに搭載し、実空間で実施した浮遊ウイルス抑制性能の試験方法について述べる。

試験はJEM1467付表Dに記載の、浮遊ウイルス抑制性

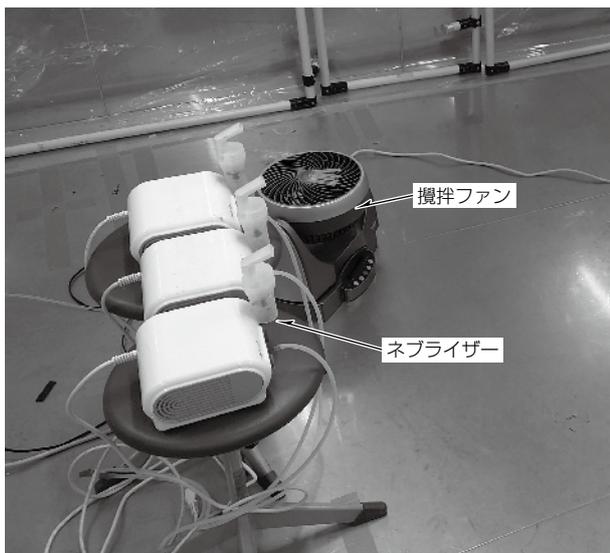


図5. 試験設備

能を測定する方法に準拠して行った⁽⁷⁾。バイオハザードレベル2 (BSL2)の実験室内に、25m³の密閉チャンバの内室が設置されている。四方向カセット型パッケージエアコンを室内中央に設置した架台につり下げた。図5に示すネブライザーを使ってウイルスを噴霧し、攪拌(かくはん)ファンで内部に攪拌した。内室のウイルスを含む空気をゼラチンメンブレンフィルタに通過させて浮遊するウイルスを捕集した。捕集したウイルスは培養液で10倍段階希釈を行い、実験用の細胞に接種した。ウイルスが細胞に感染して形成するプラークを測定し、感染価を算出した。感染価の単位はPFU(Plaque-Forming Unit)とされ、感染性を持つウイルスが形成するプラークの数を感染力のあるウイルスの数、つまり感染価として測定する。

試験条件は、クリーンユニットを搭載した四方向カセット型パッケージエアコン(PL-ERP40EA8, 4kW)を運転させた機器稼働条件と、自然減衰の2条件とした。

5.2 試験結果

図6にウイルス感染価の時間推移を示す。縦軸は検出されたウイルスの感染価を、空気10L当たりの値として対数値に換算した値である。自然減衰については1回行い、機器稼働条件については3回の測定結果の平均値をプロットした。図中のエラーバーは測定された感染価の最大値と最小値を示す。

機器稼働時の近似線から、自然減衰に対してウイルス減少値2.0以上になる時間(ウイルスを99%抑制するのに要する時間)は53.3分であった。さらにこの結果から、式(1)に

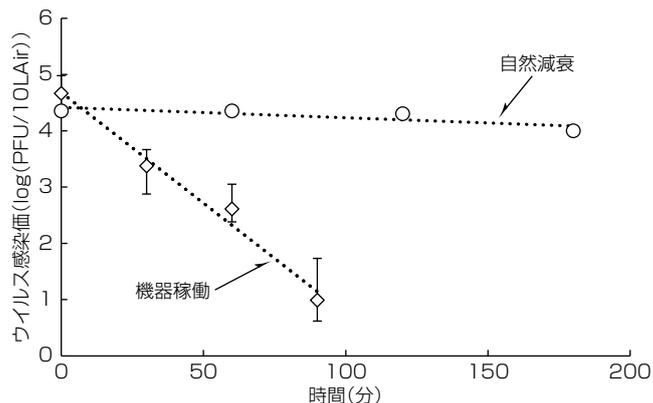


図6. ウイルス感染価の時間推移

基づいて相当換気量を計算すると127m³/hになった。

4kW機での相当換気量の設計値115m³/hに対して、実測値は127m³/hであり設計値とほぼ同等の相当換気量であることが実測でも確認できた。

6. む す び

世界に大きな影響を及ぼした新型コロナウイルス感染症は、パンデミック宣言から2年を経て日常が戻つつある。しかしながら新興感染症の流行スパンが短くなっていることも警告されており、今後も感染症への対策に予断を許さない状況である。今回の感染症で新たに注目を浴びた浮遊ウイルスへの対策は、研究を継続する必要がある。ヘルスエアー技術は今回述べたパッケージエアコンに加えて、ヘルスエアー機能搭載循環ファンやルームエアコン、ジェットタオル、エレベーター用空気清浄機にも搭載されており、今後も様々な製品へ適用できるよう開発していくことで、快適で安全な室内環境を提供していく。

参考文献

- (1) 厚生労働省：新型コロナウイルスに関するQ&A(一般の方向け)
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/dengue_fever_qa_00001.html
- (2) 古橋拓也：“ヘルスエアー”技術による微生物抑制, 三菱電機技報, 94, No.10, 606~609 (2020)
- (3) 東京都感染症情報センター：インフルエンザの流行状況(東京都2018-2019シーズン)
<https://idsc.tmph.metro.tokyo.lg.jp/diseases/flu/flu2018/>
- (4) 厚生労働省：「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>
- (5) ポストCOVID-19における空調・換気・通風計画のあり方検討委員会：ポストCOVID-19に向けた建築・設備におけるウイルス感染症対策と省エネルギーの両立 Ver.1 (2022)
https://www.jjj-design.org/asset/img/jjj_archive/2022/06/COVID-19.pdf
- (6) 公益社団法人 日本空気清浄協会：JACA 50:2016 空気清浄機の性能評価指針 (2016)
- (7) 一般社団法人 日本電機工業会：JEM1467 家庭用空気清浄機 (2015)