

高低差を利用した壁パネル型空気循環システム

Wall Panel Type Air Circulation System Utilizing Height Difference Between Intake and Outtake

中島 聡* ・ 川田 宗一郎* ・ 佐久間 崇*
Satoshi Nakajima Soichiro Kawata Takashi Sakuma

室内用の空気循環装置を壁パネル化するとともに吸込口を床近傍に吹出口を天井近傍に配置し、その高低差を利用することにより、小さな風量でもショートパスせず、室内空間全体へ効率良く循環することが可能となった。これにより、場所をとらず騒音や不快なドラフト感を低減した安全で快適な空気循環システムを実現することができた。

また本システムの有効性は、流体解析による風速分布、および実空間における炭酸ガス濃度分布測定を用いて検証された。

An indoor air circulation system designed as a wall panel with its intake located near the floor and its outtake near the ceiling for utilizing height difference enables efficient circulation throughout the entire space of the room without occurring short-path air flow, even at low flow rates. This design has been demonstrated to produce a safe, quieter, and comfortable air circulation system, without noise or disconcerting drafts, in compact spaces.

The effectiveness of the system has been verified using calculation of the flow velocity distribution based on fluid analysis and measurement of CO₂ concentration distribution in an actual space.

1. ま え が き

近年、花粉対策需要に加えて新型インフルエンザの流行などを背景に、ユーザの空気環境への関心は非常に高まっており、室内空気環境を改善する機能製品へのニーズは、花粉対策のための季節型から一年を通してより快適な環境を要求する通年使用型へと変化しつつある。また機能においては、従来からの集塵だけでなく、花粉やカビ菌などのアレル物質、ウイルス、および生活臭やペットの排便臭などの不快なおいに対する効果への要求が強まってきている。

空気環境を改善する機器としては、空気清浄機などのような据置型のタイプが市場に浸透している。しかし据置型の場合、一年中設置しておくこと邪魔になり、電源コードに足を引っ掛けるおそれもある。また空気を循環させるには、一般的に空間容積が大きくなるほど大風量で送風する必要があり、長時間使用時や就寝時の騒音、および吹出口付近での不快なドラフト感などの問題が考えられる。ドラフトとは望まれない局部気流と定義され、気流の乱れがその原因であることが指摘されており、室内気流速度の許容限界

値として冬期 0.15 m/s 以下、夏期 0.25 m/s 以下が一般に推奨されている¹⁾。そこで筆者らは、これらの問題を解決するため、空気循環機能を壁パネルに組み込んで壁と一体化するとともに、壁面の高低差を利用して小風量で空気を大きく循環させる方式を考案した(図1)。



図1 壁パネル型空気循環装置の設置例

本稿では、主に室内空間における気流分布の観点から、この壁パネル型空気循環装置(以下、空気循環パネルと記す)の構成を述べるとともに、その効果的な気流分布について流体解析および実機試験から検証した内容について報告する。

* 住建事業本部 住建総合技術・商品開発センター General Technology & Products Development Center, Building Products Manufacturing Business Unit

2. 空気循環パネルの基本仕様

2.1 基本構成

まず、空気循環パネルの基本構成について述べる。一年を通して空気環境を快適にしたいというニーズに対し、邪魔にならないことと安全性を考慮する。これらの課題を解決する方法として、空気循環機能を壁パネルに組み込むことを提案する。これは、壁面の高低差を最大限に利用できる位置に吸込口と吹出口を配置したものである。また、詳細は省略するが、空気循環パネル内部にはアレル物質の不活化や付着臭の除去などに効果がある静電霧化装置²⁾や複数のにおいを効果的に除去する脱臭ユニットを内蔵している。図2に基本構成を示す。

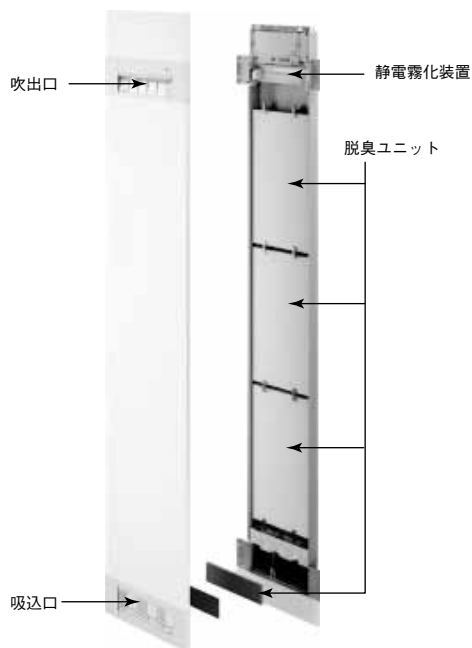


図2 空気循環パネルの基本構成

2.2 小風量化の基本仕様

前節で述べた空気循環パネルの構成において、室内空間全体へ効率良く気流を循環させるとともに風量を低減するため、以下の二つの項目について考慮する。

(1) 適用空間容積

空気循環パネル1台で大容積の空間全体へ気流を循環させることが合理的なのは明白である。しかし、空間容積が大きくなるほど大風量の送風手段が必要となり、長時間の使用時や就寝時における騒音、および吹出口付近では風速が大きいため不快なドラフト感が発生するという問題が考えられる。これに対しては、複数台を壁面に分散設置することで1台当りの風量を低減できる。そこで一般的な室内空間の大きさはLDK 20畳、個室8～10畳程度が主流であることから、10畳を超える空間においては複数台を分散設置することで対応し、1台当り

の適用空間容積を10畳に設定する。

(2) 吸込口および吹出口の配置

不快なドラフト感を低減するため、人が通常行動する高さにおいて冬期、夏期を通して不快感を与えないこと、および壁面の高低差を利用することで大きく気流を循環させるという二つの観点から吸込口を床近傍、吹出口を天井近傍に配置する。

以上の考え方に基づいた空気循環パネルの基本仕様については、吸込口と吹出口の配置、および吹出口のスリットの傾斜角度をパラメータとした気流分布の比較検討により設定する。検討の結果導出した風量は、 $0.7 \text{ m}^3 / \text{min}$ である。この値は従来の一般的な据置型の弱モードに相当する約 $1.0 \text{ m}^3 / \text{min}$ よりも小さくなる。各部寸法仕様については図3に示す。

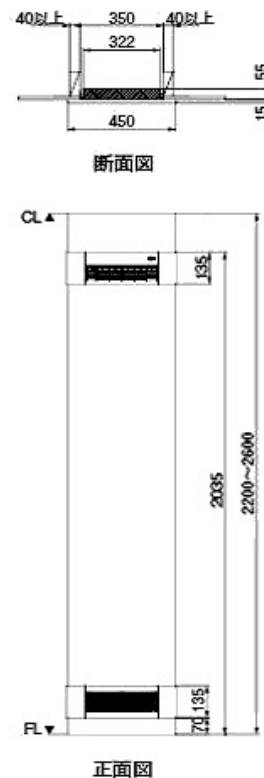


図3 空気循環パネルの基本寸法

3. 空気循環パネルにおける気流分布の検証

3.1 アプローチ

本章では、前章に述べた基本仕様に基づく空気循環パネルの気流分布に関する仮説検証を目的として、流体解析に加えて実空間における実機での測定を行う。

実機による測定に関しては、10畳程度の空間容積になると、吹出口から離れた点での風速はきわめて小さい値となるため、風速計などによる測定は非常に困難である。そこで、空間全体への気流の到達度および気流の分布量を相対的に検証できる手段として空間の炭酸ガス濃度分布測定法

を採用する。空間モデルは、空気循環パネル1台当りの最大適用空間容積である10畳相当の縦6.3×横2.7×高さ2.4mの部屋とする。図4に空間モデルの概略図および炭酸ガス濃度測定点を示す。

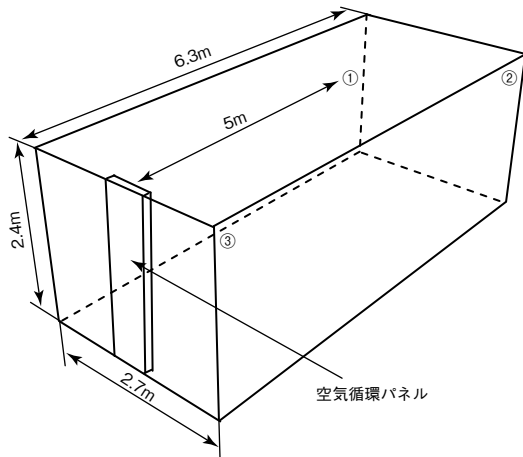


図4 空間モデル概略図と測定点

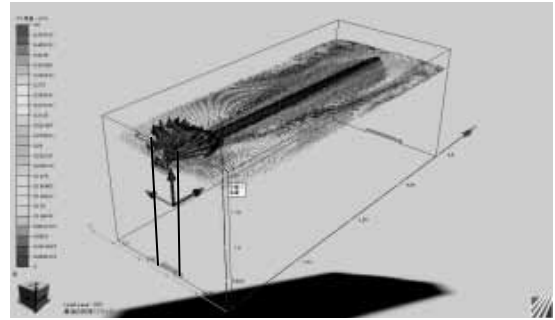
3.2 解析方法

解析には汎用流体解析ソフトCFdesignを用い、流速分布とモデル空間全体における気流分布を予測する。本解析は標準k-εモデルによる定常解析とし、主な境界条件は空気循環パネルの吹出口の風量を $0.7 \text{ m}^3 / \text{min}$ 、吸込口の圧力を 0 Pa G に設定する。また、外部からの空気の流入の影響は考慮しないものとする。

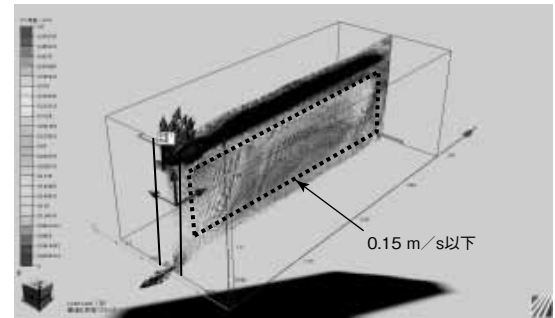
3.3 解析結果

モデルにおける風速分布の解析結果を図5に、気流の拡散状態を図6に示す。

これらの解析結果において、気流は吹出口の対面壁に到達した後、壁面に沿って広がり、部屋全体に行きわたることが確認できる。また、人が通常行動する範囲における風速はきわめて小さく、不快なドラフト感を感じない値である 0.15 m/s 以下となっている。以上のことから、壁パネル化による吸込口と吹出口の高低差を利用することで空気を大きく循環させることができ、一般的な据置型の弱モード以下の小風量でもショートパスせず、室内空間全体へ効率良く気流を循環させるとともに、不快なドラフト感を低減した快適な空気循環システムを実現している。



(a) 吹出口水平方向断面の風速分布



(b) 吹出口垂直方向断面の風速分布

図5 風速分布の解析結果

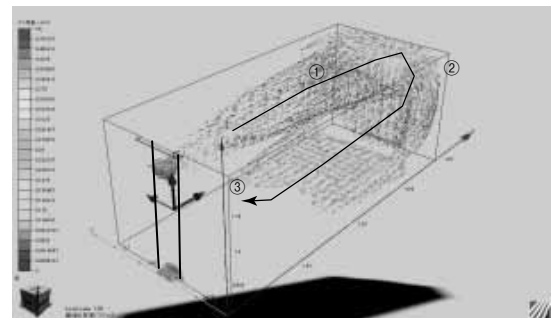


図6 0.15 m/s 等値面による気流拡散状態

3.4 炭酸ガス濃度分布測定方法

次に、空間の炭酸ガス濃度分布測定法の概要について述べる。炭酸ガス濃度分布の測定はマルチガスモニタを使用し、設定した計測点で行う。炭酸ガスは空気循環パネルの吸込口に供給し、その供給量を $0.7 \text{ m}^3 / \text{min}$ 以下にすることで、すべてが空気循環パネルの気流に乗り、吹出口から放出される。

炭酸ガスの選定に関しては、天井近傍に設定している濃度測定点にガスが溜まると正確な測定が行えなくなるため、空気より比重が大きい必要があることに加え、試験における安全性および入手性から決定する。また、測定時間に関しては10分に設定する。

3.5 炭酸ガス濃度測定結果

空間の炭酸ガス濃度分布測定結果を図7に示す。

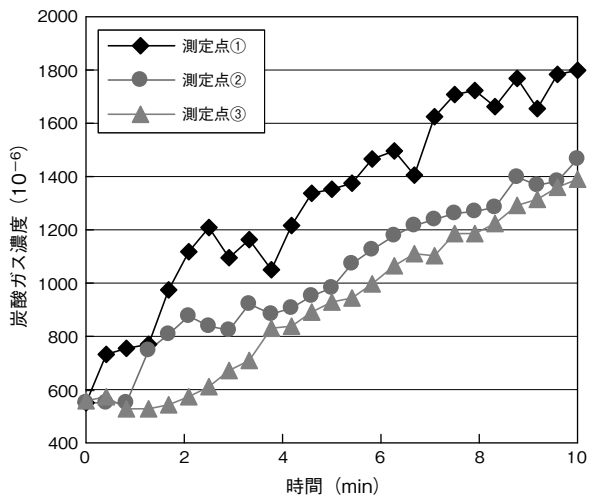


図7 炭酸ガス濃度分布

設定した測定点は天井近傍の入隅部で空気よりも比重が大きい炭酸ガスが届きにくい所であるが、すべての測定点において炭酸ガス濃度の上昇が確認できる。この結果から、気流が室内空間全体へ確実に届いていることが明らかとなった。また炭酸ガス濃度については、測定点①、②、③の順で高い結果となっており、風速が大きいポイントほど濃度が高い傾向にあることがわかる。これは、測定中に吸込口から炭酸ガスが定量で供給され続けるため、風速が大きいところに到達しやすく濃度が上がっている結果であると考えられる。また到達時間についても、測定点①、②、③の順で早くなっており、気流の経路が短いほど到達時間が早くなる傾向にあることがわかる。これは前節の解析結果とも相関関係があり、解析の有効性が高いということも追記しておく。

4. あとがき

室内用の空気循環装置を壁パネル化するとともに吸込口を床近傍に吹出口を天井近傍に配置し、その高低差を利用

*参考文献

- 1) 第12版空気調和・衛生工学便覧1基礎篇, 空気調和・衛生工学会, p.475-476 (1995)
- 2) 小林 健太郎, 秋定 昭輔, 平井 康一, 渡邊 純一, 宮田 隆弘: 熱電冷却を応用した静電霧化装置「パルチェ式 nanoe システム」, 松下電工技報, Vol. 55, No. 1, p. 95-100 (2007)

◆執筆者紹介



中島 聡

住建総合技術・商品開発センター



川田 宗一郎

住建総合技術・商品開発センター



佐久間 崇

住建総合技術・商品開発センター

することにより、小さな風量でもショートパスせず、室内空間全体へ効率良く循環することが可能となった。これにより、場所をとらず騒音や不快なドラフト感を低減した安全で快適な空気循環システムを実現することができた。

また、本システムの効果を表す気流分布の検証については、流体解析による風速分布、および実空間における炭酸ガス濃度分布測定により明らかにした。

本システムをベース機能として今後さらなる高機能付加を図り、空気環境を改善する機能建材製品の拡大展開を推進していく所存である。