

住宅用換気システム運用時の性能維持に関する評価

高知工科大学 システム工学群 建築・都市デザイン専攻 建築環境工学研究室

住宅換気 風量低下 メンテナンス
比消費電力 性能評価 ファン効率

学籍番号：1200034 氏名：大田 奈々古

指導教員：田島 昌樹

1. はじめに

24 時間機械換気を導入することが建築基準法で義務化となつてから 10 年以上が経過し、維持管理上の課題について複数の調査や研究が行われている。居住者による日常清掃がほとんどなされていない実態^[1]や、機種によっては日常のメンテナンスが困難な機種があること^[2]、また維持管理がされないことで風量が大きく低下する例^[3]が報告されている。そこで本研究では、日常のメンテナンスに課題が多いという実態を踏まえ、換気システムの風量設計時に選定した動作点の風量やエネルギー消費性能の低下にかかる時間を把握できる方法について検討した。

2. 研究概要

本研究では、複数の住宅用換気システムについて仕様値を収集しそれらを用いて検討を行った。研究の概要を図 1 に示す。また本研究では、特に比消費電力と風量低下にかかる名目時間、ファン効率を主な性能評価項目として検討を行った。

ステップ 1 ファン性能の数値化

- (1) 複数の換気システムの仕様書を収集
- (2) 図表から風量、機外静圧、消費電力を多数の動作点データとして読み取る
- (3) 動作点データを近似し連続した数値データとして扱えるよう変換

ステップ 2 ファン特性値の算定

- (1) 動作点データについて比消費電力とファン効率を算定
- (2) 算定値を近似値により連続した数値データとして扱えるよう変換

ステップ 3 風量低下を模した計算と評価

- (1) 初期風量および許容下限風量を設定し、初期風量から許容下限風量に至るまでの繰り返し計算の実施
- (2) 設定した風量低下に要する時間の算定、および比消費電力とファン効率の平均値を算出
- (3) 評価

図 1 研究概要

3. 住宅用換気システムの仕様値整理

換気システムメーカーの Web サイト^{[4][5][6]}に掲載されている住宅用ダクト式 24 時間換気システムを対象に、風量、機外静圧、消費電力のデータを取得した。表 1 に収集したデータの概要について示す。数値化した値より、室内環境と省エネルギーの両方について考慮した指標の一つである比消費電力（以下、 SFP ）^[7]とファン効率を求めた。

多くの機種では風量や機外圧力が変わっても、消費電力は一定の値のみが示されている場合が多い。そのため本研究では各社が仕様書等に記載している値を採用し値を算出した。

表 1 収集したデータ概要

熱交換型第一種	AC モータ, 8 機種, 160 動作点
	DC モータ, 39(36)機種, 1141(1024)動作点
第三種	AC モータ, 8 機種, 122 動作点
	DC モータ, 19(16)機種, 442(377)動作点

()内は風量一定制御型ファンの数で内数

$$SFP = \frac{P}{Q} \quad (1)$$

$$\eta = \frac{Q \times H}{P} \quad (2)$$

P : ファンの消費電力[W]

Q : ファン風量[m³/h]

η : ファン効率[-]

H : ファンの機外静圧[Pa]

4. 換気システムの風量低下を模した検討

4.1. 検討概要

24 時間換気システムの継続的使用による風量低下について、機外静圧の増加によるものとして設定し、初期から許容できる下限の風量となるまでを PC 上で計算を行った。本研究では初期風量を Q_S として式(3)のように設定し、許容できる下限の風量 Q_E の 10%増しとしている。これは Q_E を必要換気量とした場合に設計上採用されることの多い安全率 10%^[8]を加算した設計風量に相当するという設定である。

$$Q_S = 1.1 \times Q_E \quad (3)$$

Q_S : 初期風量 [m³/h]

Q_E : 許容できる下限の風量 [m³/h]

風量低下は換気システム本体の性能は変化せず、端部材、ダクト、フィルタ等に搬送空気中に含まれるホコリなどが蓄積されることで圧力損失が生じることとして、本研究では 0.0001Pa/m³の値を用い、式(4)のように圧力損失として計算した。空気中のホコリは時間や季節によっても異なる^[9]と考えられるため、設計条件や機種間の評価を目的に固定値とし、また計算上、極端に短い時間で Q_E とならないような値とした。計算は図 2 のように風量が Q_S から Q_E となる時間に式(5)のような名目時間を定義した。

$$h_g = 0.0001 \times Q \quad (4)$$

$$t_E \equiv \frac{\Delta H}{\sum_{t=0}^{t_E} h_{g,t}} \quad (5)$$

h_g : 機外静圧の増加量 [Pa/h]

t_E : Q_S から Q_E になるまでの名目時間 [h]

換気システムには、図 2-I のように機外圧力の変化に伴い風量に変化する一般型と、図 2-II のように機外圧力が変化しても風量がある部分まで一定に制御される風量一定制御型があり、それぞれについて検討を行った。

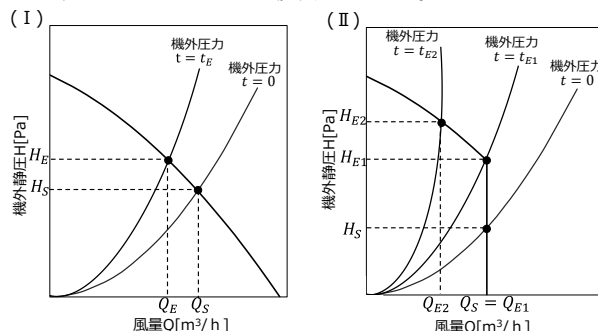


図 2 DC モータを採用した第一種換気システムの実特性図の例

4.2. 風量低下時の検討結果

開始から風量が低下するまでの間の平均 SFP である SFP_{AVE} および名目時間 t_E の算出結果を式(6)で表される正規化風量 Q_N を横軸として図3,4に示す。 Q_N はダクト等を接続せずに使用することはないため、また風量0で運用することはないため一般型換気システムは0.1~0.9、風量一定制御型(図中のDC-C)は0.1~1.0の範囲を対象とした。また図中の着色部は t_E 上位10%、および省エネルギー基準の $SFP0.3\text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ 以下を満たす上位10%を含む範囲を示す。

$$Q_{N,i} = (Q_S - Q_{min,i}) / (Q_{max,i} - Q_{min,i}) \quad (6)$$

$Q_{N,i}$: 換気システム i の正規化風量 [-]

$Q_{max,i}$: 換気システム i の最大風量(通常は開放風量) [m^3/h]

$Q_{min,i}$: 換気システム i の最小風量(通常は閉鎖風量0) [m^3/h]

一般型第一種換気システムの t_E は正規化風量の増加に伴って大きくなる。ACモータの SFP_{AVE} は省エネルギー基準の $SFP0.3\text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ を満たしていないが、 t_E の大きい機種が多いことから風量維持の観点から性能が高く、またDCモータはエネルギー消費の観点から良好な性能を示しているといえる。ファン効率に大きな差はみられなかった。

一般型第三種換気システムの t_E はACモータとDCモータで明確な差がないこと、機種によっては t_E が変わらないものもあるが、一般的な傾向として正規化風量が0.6~0.9にかけて t_E の最大値があるものが多い。また SFP_{AVE} はACモータ、DCモータともに $0.3\text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$ 以下の基準を満たしているが、DCモータは消費電力がACモータの半分程度と高効率である。さらにファン効率が高いところが必ずしも性能が良いというわけではなく、風量設計に SFP を用いることで少ない評価項目で設計を行うことができることを確認した。

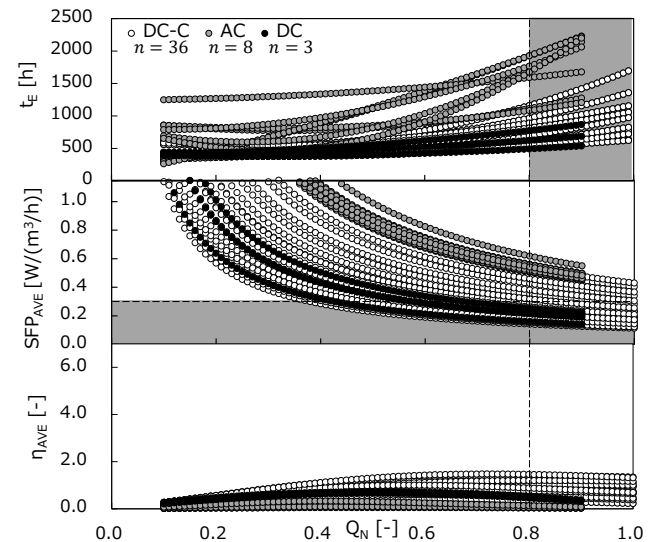
風量一定制御型は、機外静圧が変化しても風量が保たれる範囲があり、同じ風量でも機外静圧によっては t_E が10倍以上変わるため、 H_S を可能な限り小さく設計するとよい。第一種換気システムは第三種換気システムより t_E が大きくなる傾向にある。また、ファン効率は熱交換器が導入されていない第三種換気システムのほうが大きい結果となった。

以上より、一般型第一種換気システムは正規化風量0.8以上、一般型第三種換気システムは正規化風量0.6以上、風量一定型ファンは機外静圧が可能な限り小さい風量で風量設計をすることで、 SFP を可能な限り小さく、また多くの換気システムで t_E が大きくなる結果となった。

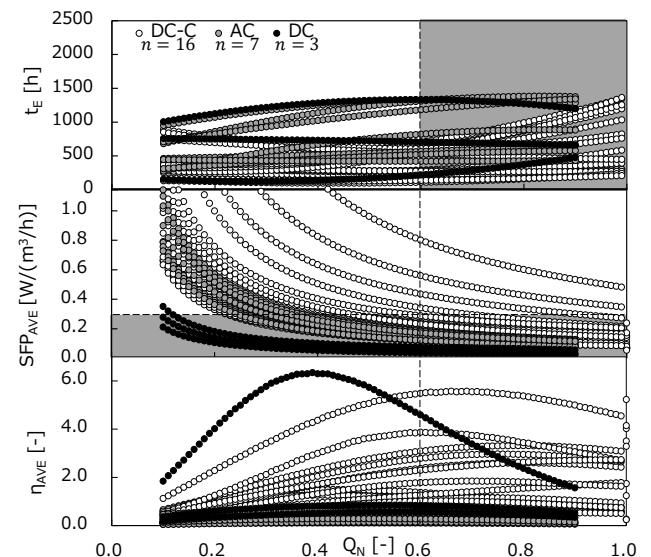
5 おわりに

本研究では、複数の住宅用換気システムのデータを基に日常的に維持管理が行われていない条件を設定し、風量低下にかかる時間や比消費電力が小さい値で運用できるよう、動作点の評価方法を示した。

検討より、多くの換気システムは性能を長く維持するためには比消費電力の値が小さくなる風量で動作点の設計を行うことが性能維持につながることを確認した。



着色部は t_E 上位10%、および $SFP0.3$ 以下の上位10%を含む範囲を示す
図3 第一種換気システム性能特性図



着色部は t_E 上位10%、および $SFP0.3$ 以下の上位10%を含む範囲を示す
図4 第三種換気システム性能特性図

<参考文献>

- [1]松下他:換気システムの汚染に関する調査(その1 換気システムのお手入れに関する居住者意識と行動の調査),日本建築学会大会学術講演梗概集,pp1171-1172, 2006.9[2]山田他:換気システムの汚染に関する調査(その2 お手入れ期間とフィルターへの汚染付着量、風量低下率の関係),日本建築学会大会学術講演梗概集,pp1173-1174, 2006.9[3]井前他:実験集合住宅における全館換気の清掃と消費電力に関する検討,日本建築学会大会学術講演梗概集,pp1307-1308, 2008.9[4]三菱電機 W IN2K トップ 製品情報 [住宅用]エアコン(空調)・換気 換気扇・ロスナイの製品情報一覧,https://www.mitsubishielectric.co.jp/lbg/wink/ssl/top.do,2019.10取得[5]Panasonic 電気・建築設備 カタログ WEB カタログ 換気送風機器 2019-2020.3 換気・送風・環境機器総合カタログ https://www2.panasonic.biz/lb/catalog/,2020.1取得[6]Panasonic VA ソリューションズカタログ トップページ 空調・換気 https://www2.panasonic.biz/scvb/a2A/top.G01,2020.1取得[7]P.G. Schild M. Myse n:Recommendation on Specific Fan Power and Fan System Efficiency,2009.10[8]田中他:最新建築環境工学[改定 4 版],井上書院,pp150,2014.2[9]瀬沼他:外気中の浮遊塵埃量の変動と室内への影響について,日本建築学会論文報告集,pp79-85,1960.2[10]国土交通省 ホーム 政策・仕事 住宅・建築 住宅 建築物省エネ法のページ https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/jutakukentiku_house_tk4_000103.htm1,2020.2取得[11]峰野他:住宅用全館換気設備の比消費電力に関する調査(その1 調査概要と壁付けファンの比消費電力),日本建築学会大会学術講演梗概集,pp703-704,2009.8[12]田島他:住宅用全館換気設備の比消費電力に関する調査(その2 ダクト式換気設備の比消費電力),日本建築学会大会学術講演梗概集,pp705-706,2009.8[13]土井巖:空調設備実務パーフェクトマニュアル 第二版,株式会社秀和システム,2017.7[14]国土交通省住宅局建築指導課 国土交通省住宅局住宅生産課 国土交通省国土技術政策総合研究所 独立行政法人建築研究所 日本建築行政会議,シックハウス対策マニュアル編集委員会 改正建築基準法に対応した建築物のシックハウス対策マニュアル-建築基準法・住宅性能表示制度の解説及び設計施工マニュアル-,工学図書株式会社,pp246,2003.5[15]大塚雅之:初心者の建築講座 建築設備 (第三版),市ヶ谷出版社,pp153,2017.2