

5章 換気エネルギー消費量の評価方法

5章 換気エネルギー消費量の評価方法

5.1 評価対象とする換気設備

換気にかかるエネルギー消費量の計算は、機械式の全般換気設備（24時間換気システム）を対象としており、断続的に使用される局所換気設備（浴室、便所、台所などの換気扇）は、対象としていない。ただし、局所換気に用いられることのある設備であっても全般換気設備として連続的に使用されるものは、全般換気としての稼働にかかる消費電力が計算の対象となる。また対象とする換気設備は、ダクトの有無と換気の種別から、以下の表 5.1.1 のように 6 種類に分類している。ここで、示すダクト式とは、1 台の換気設備に合計 1m 以上のダクトを使用しているものとなっている。また壁付け式は、1 台の換気設備に 1m 未満のダクトを使用しているもので、外壁に設置するパイプ用ファン等がこれにあたる。

表 5.1.1 評価対象とする機械換気設備の種類

形状	換気設備の種類
ダクト式	ダクト式第一種換気設備
	ダクト式第二種換気設備
	ダクト式第三種換気設備
壁付け	壁付け同時給排気型ファン（第一種）
	壁付け給気用ファン（第二種）
	壁付け排気用ファン（第三種）

5.2 各種換気設備のエネルギー消費量評価方法

ここでは、換気設備の一次エネルギー消費量と計算方法およびその評価方法について示す。

5.2.1 一次エネルギー消費量の計算方法

〔告示〕

E_v ：全般換気用の機械換気設備の一次エネルギー消費量（単位 1年につきギガジュール）

機械換気設備の一次エネルギー消費量は、設備ごとの消費電力に当該設備の年間稼働時間を乗じ、次の式により算出するものとする。この場合において、季節等によって運転モード等の消費電力が異なる設備は、それぞれの期間ごとに計算を行い、積算するものとする。

$$E_v = \sum_i^m \sum_t^n P_{v_{i,t}} \times ECEL \times 10^{-9} \quad \dots (式 5-1)$$

E_v ：機械換気設備の一次エネルギー消費量（単位 1年につきギガジュール）

$P_{v_{i,t}}$ ：時刻 t における機械換気設備 i の消費電力（単位 ワット）

m：機械換気設備の数

n：機械換気設備 i の年間の稼働時間（通年稼働のものは 8760）（単位 時間）

ECEL：電気の一次エネルギー換算係数（単位 1キロワット時につきキロジュール）

機械換気設備の一次エネルギー消費量は、告示に示されている（式 5-1）のように表される。この式は換気設備の消費電力に、当該設備の年間稼働時間を乗じることにより年間の消費

電力量を算出し、さらに電気の一次エネルギー換算係数を乗じて換気設備の一次エネルギー消費量を算出する。

(式 5-1) には、時刻 t における機械換気設備 i の消費電力 $P_{v_i,t}$ 、機械換気設備の数 m 、機械換気設備 i の年間の稼働時間 n が変数となっており、複数のファンユニットで構成されているシステムや、季節等によって運転モード等の消費電力が異なる設備などについても一時間毎に消費電力の値を代入して一次エネルギー消費量を計算することが出来るようになっている。

なお、機械換気設備の一次エネルギー消費量設計換気量 (E_v) は、同種の換気設備をモデル住宅に設置した場合のものとして評価するように、評価対象住宅における設計風量又は実現風量とモデル住宅の標準的な換気量 ($160\text{m}^3/\text{h}$) により次節に示す方法で補正することとする。

5.2.2 換気設備の比消費電力と一次エネルギー消費量

この基準では、換気設備の分類を表 5.1.1 に示すような 6 種類に限定し、加えて $1\text{m}^3/\text{h}$ の空気を搬送するのに必要な消費電力 W を表す比消費電力 (式 5-2 のように表され、海外では SFP : Specific Fan Power と呼ばれる) を用いることで、換気設備のエネルギー効率を評価している。この基準では、表 5.2.1 および表 5.2.2 に示すような比消費電力をもとに、モデル住宅の 0.5 回/時の風量 ($120.07\text{m}^2 \times 2.4\text{m} \times 0.5/\text{h} = 144\text{m}^3/\text{h}$) を実現するために最低限の安全率を見込んで得られた実現風量が 10% ほど多いと設定した風量 $160\text{m}^3/\text{h}$ を乗じて、「告示」および「算定シート」に示された換気設備の標準的な一次エネルギー消費量 (告示では、基準一次エネルギー消費量として 0.9 が乗じられた値となっている) を定めている。表 5.2.1 に「告示」の計算に使用されている比消費電力と標準的な一次エネルギー消費量及び基準一次エネルギー消費量を、表 5.2.2 に「算定シート」の計算に使用されている比消費電力と一次エネルギー消費量を示す。「算定シート」は、消費電力に関する計算をすることなく、表 5.2.2 に記された換気設備の種類を選択することで簡易に一次エネルギー消費量が計算できるように設定されたもので、平均的な一次エネルギー消費量よりも大きめの値となっている。

$$\text{比消費電力} [W / (\text{m}^3/\text{h})] = \text{換気設備の消費電力} [W] \div \text{換気設備の風量} [\text{m}^3/\text{h}] \dots (\text{式 5-2})$$

表 5.2.1 「告示」の計算に使用されている比消費電力と標準的な一次エネルギー消費量及び基準一次エネルギー消費量

換気設備の種類	標準的な比消費電力 $W / (\text{m}^3/\text{h})$	標準的な一次エネルギー消費量 GJ/年 注 1	基準一次エネルギー消費量 GJ/年 注 2
ダクト式第一種換気設備	0.6	8.2	7.4
ダクト式第二種換気設備	0.3	4.1	3.7
ダクト式第三種換気設備	0.3	4.1	3.7
壁付け同時給排型ファン	0.6	8.2	7.4
壁付け給気ファン	0.2	2.7	2.5
壁付け排気ファン	0.2	2.7	2.5

注 1 標準的な一次エネルギー消費量は換気システムの風量を $160\text{m}^3/\text{h}$ として算出している

注 2 基準一次エネルギー消費量は、標準的な一次エネルギー消費量に 0.9 を乗じたもの

表 5.2.2 「算定シート」の計算に使用されている比消費電力と一次エネルギー消費量

換気設備の種類	比消費電力 W/(m ³ /h)	一次エネルギー消費量 GJ/年
ダクト式第一種換気設備	0.7	9.6
〃 DCモータ型の場合	0.6	8.2
ダクト式第二種換気設備	0.4	5.5
〃 DCモータ型の場合	0.3	4.1
ダクト式第三種換気設備	0.4	5.5
〃 DCモータ型の場合	0.3	4.1
壁付け同時給排型ファン	0.7	9.6
壁付け給気ファン	0.3	4.1
〃 比消費電力が0.2 W/(m ³ /h)以下のもの	0.2	2.7
壁付け排気ファン	0.3	4.1
〃 比消費電力が0.2 W/(m ³ /h)以下のもの	0.2	2.7

一次エネルギー消費量は換気システムの風量を160m³/hとして算出したもの

5.2.3 一次エネルギー消費量の計算と評価事例

一次エネルギー消費量の評価は、モデル住宅に当該設備を導入された条件で評価が行われるため、換気設備の場合は、比消費電力を用いた当該換気設備の消費電力の換算が行われることとなる。

1) 1台で構成されるダクト式の第一種換気システム

【計算条件】

設計風量 Q_S が150m³/h、実現風量 Q_R が170m³/h、消費電力が88W、稼働時間が8760時間（一年連続）

設計風量 Q_S と実現風量 Q_R については、図5.2.1を参照されたい。図に示したとおり通常は、設計風量よりも実現風量が大きくなる。また一定風量制御機能（設定した風量になるように設備がコントロールするもの）を有するDCモータを使用した条件では、図5.2.2のような関係になり、ダクト系統圧力損失が大きすぎると設計風量は得られないが、通常は、実現風量と設計風量は一致するように作られている。また、DCモータのシステムは同一風量でも機外静圧によって消費電力が異なり、一般に圧力損失が小さい場合に消費電力が小さい。

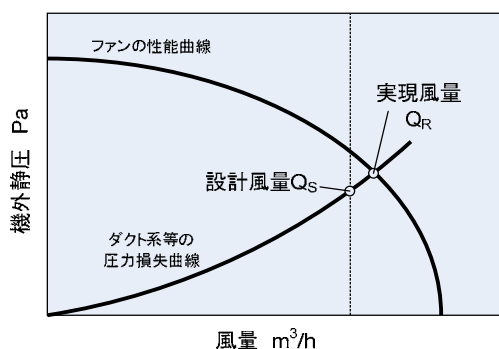


図 5.2.1 ファンの風量 - 静圧曲線とダクト系統の圧力損失の関係

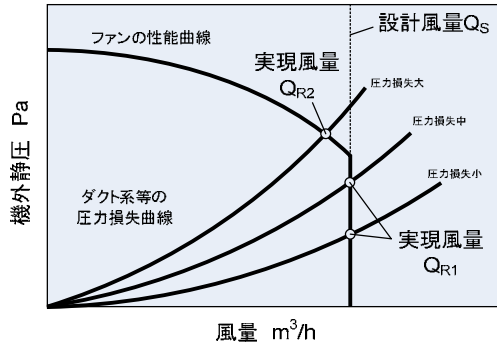


図 5.2.2 ファンの風量 - 静圧曲線とダクト系統の圧力損失の関係 (DCモータで風量一定モードを有する場合)

(式 5-1) で $i=1$ の場合は、次式により一次エネルギー消費量を求めることができる。

$$E_V = P_V \times \frac{160}{Q_S \text{ 又は } Q_R} \times 8760 \times 9760 \times 10^{-9} \quad \dots \text{ (式 5-3)}$$

P_V : 機械換気設備の消費電力 (W)

Q_S : 設計風量 (m³/h)

Q_R : 実現風量 (m³/h)

したがって、設計風量を用いる場合には、

$$E_V = 88 \times 160/150 \times 8760 \times 9760 \times 10^{-9} = 8.0 \text{ GJ/年}$$

一方、実現風量を用いる場合には、

$$E_V = 88 \times 160/170 \times 8760 \times 9760 \times 10^{-9} = 7.1 \text{ GJ/年}$$

実現風量を求める手間を惜しまなければ比消費電力を小さく評価することが可能となり、エネルギー消費量の値も小さくなる。

ちなみに、この換気設備の場合の比消費電力は次のような値となる。

$$\text{設計風量 } Q_S \text{ の場合} \quad \text{SFP} = 88 \div 150 = 0.59$$

$$\text{実現風量 } Q_R \text{ の場合} \quad \text{SFP} = 88 \div 170 = 0.52$$

表 5.2.1 に示されたダクト式第一種換気設備の標準的な比消費電力 (0.6) と比較すると、上記のいずれの場合であっても小さく、エネルギー効率の面でやや優れた換気設備であると言える。

2) ダクト式の第三種換気設備 1 台と壁付け排気ファン 2 台の計 3 台で構成されるシステム

【計算条件】以下の事例は全て実現風量のみでの計算とする

ダクト式第三種換気設備の実現風量 Q_R が 120m³/h、消費電力が 20W。壁付け排気ファンの実現風量 Q_R が 30m³/h × 2 台、消費電力が 5W × 2 台。全ての換気設備の稼働時間が 8760 時間 (一年連続)

(式 5-1) で $i>1$ の場合は、次式により一次エネルギー消費量を求めることができる。

$$E_V = \sum_i P_{Vi} \times \frac{160}{\sum_i Q_{Si} \text{ 又は } \sum_i Q_{Ri}} \times 8760 \times 9760 \times 10^{-9} \quad \dots \text{ (式 5-4)}$$

- P_{Vi} : 機械換気設備 i の消費電力 (W)
- Q_{Si} : 機械換気設備 i の設計風量 (m³/h)
- Q_{Ri} : 機械換気設備 i の実現風量 (m³/h)

よって、

$$E_V = (20 + 5 \times 2) \times 160 / (120 + 30 \times 2) \times 8760 \times 9760 \times 10^{-9} = 2.3 \text{ GJ / 年}$$

ちなみに、各々の換気設備の比消費電力 (SFP) を求めると次のような値となり、いずれも標準的な比消費電力である 0.3 及び 0.2 を下回っており、エネルギー効率の面でやや優れた換気設備であると言える。

$$\text{ダクト式第三種換気設備} \quad \text{SFP}_1 = 20 \div 120 = 0.17$$

3) 1 台で構成され季節で消費電力の変わるダクト式熱交換型第一種換気システム

モータとファンをそれぞれ 2 台ずつ有するシステムで、暖房期には熱交換器により熱回収を行い、中間期および夏期にはファンを 1 台停止する第一種換気システムを例とする。基準消費電力量の計算は、システムを構成する設備一台ごとに一つの値を設定するため、このようなシステムの場合はダクト式第一種換気設備の値を用いてよい。このようなシステムは、暖房期の暖房負荷低減と、熱回収が不要な中間期・夏期の換気の運転にかかる消費電力の低減の両方が実現できる利点がある。(図 5.2.3)

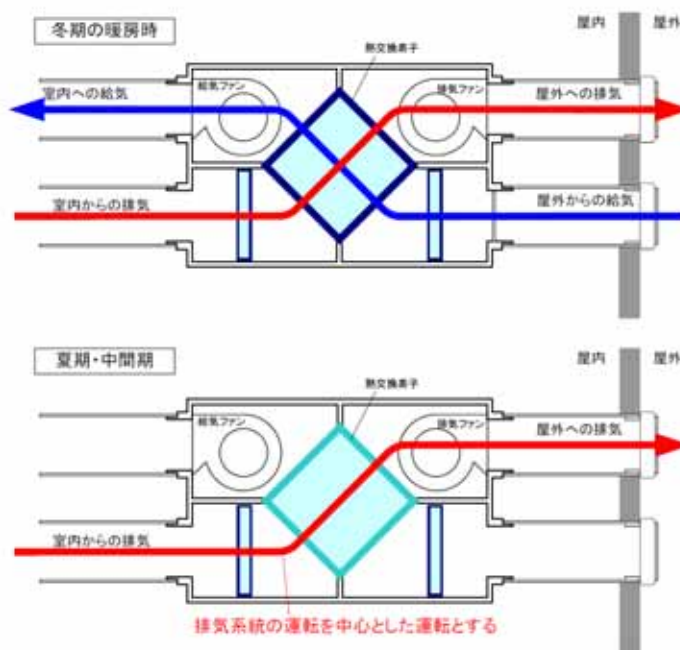


図 5.2.3 暖房期とその他の期間で運転方法が異なるダクト式熱交換型第一種換気設備の例

【計算条件】

暖房期：実現風量 Q_R が $120\text{m}^3/\text{h}$ 、消費電力が 60W 、 5856 時間（ $9/30 \sim 5/31$ 地域想定）

中間期・夏期：実現風量 Q_R が $120\text{m}^3/\text{h}$ 、消費電力が 40W 、 2904 時間（ $6/1 \sim 9/29$ ）

この換気設備の場合は期間によって消費電力が異なるので次式のような計算となる。

$$E_V = \sum_t P_{V,t} \times \frac{160}{Q_S \text{ 又は } Q_R} \times 9760 \times 10^{-9}$$

$P_{V,t}$: 機械換気設備の t 番目の期間における消費電力 (W)

Q_S : 設計風量 (m^3/h)

Q_R : 実現風量 (m^3/h)

よって、

$$E_V = (5856 \times 60 + 2904 \times 40) \times 160/120 \times 9760 \times 10^{-9} = 6.1 \text{ GJ / 年}$$

ちなみに、比消費電力を求めると次のようになる。

暖房期 $\text{SFP} = 60 \div 120 = 0.50$

それ以外の期間 $\text{SFP} = 40 \div 120 = 0.33$

5.3 換気設備の比消費電力の標準的水準に関する根拠

ここでは、換気設備の基準一次エネルギー消費量の設定において必要となった比消費電力についてその根拠を示す。

この基準に用いられている比消費電力は、2007年度の複数社の住宅用換気設備のカタログデータを整理して得られた結果に基づいている。表 5.3.1 にこの整理に用いたデータ数を示す。このデータを用いて以下の項目を選定条件として、基準値となる比消費電力を選定した。

- ・ 0.1W(m³/h) を最小単位とする。
- ・ 風量確保や性能維持等のメリットおよび住宅側の制限から、やむを得ず機外圧力損失が大きくなり消費電力が増すような不可避の条件に配慮する（たとえば住宅の条件から使用される 50mmのダクトが使用されるシステム、や風量確保の目的で機外圧力が高い壁付け式システムにおけるターボファンなど）。
- ・ 上記の不可避の条件における比消費電力の中間値が標準的な比消費電力よりも下回るように後者を定めた。
- ・ 熱交換型の設備は、有効換気量率を風量に乗じるか、有効換気量として表示されている値を整理に使用する。
- ・ カタログに示されている風量 - 静圧線図等からの読み取りによる間違いや誤差を防ぐため、表などの形で数字として示されているデータを中心に整理を行う（ただし圧力損失計算を用いた検討については風量 - 静圧線図から数字を読み取っている）。
- ・ 壁付けの給気ファンおよび排気ファンは、一般的なフードを想定した風量を算定して有効風量としてデータ整理に用いる。
- ・ 「算定シート」に使用される一次エネルギー消費量を算出するために必要な比消費電力は、上記の不可避の条件における第 3 四分位（75パーセントイル）を上回る値とし、詳細な消費電力の検討をせずに簡便に使用できるという「算定シート」の主旨に照らし、標準的な比消費電力よりも大きい値とする。

表 5.3.1 得られた全データ数

ダクト式	第一種（熱交換あり）	5 社・66 機種・363 動作点
	第一種（熱交換なし）	3 社・8 機種・32 動作点
	第二種	2 社・6 機種・42 動作点
	第三種	7 社・183 機種・1337 動作点
壁付け	同時給排（熱交換あり）	6 社・93 機種・510 動作点
	給気	6 社・24 機種・90 動作点
	排気	6 社・216 機種・604 動作点

得られたデータを整理した結果と選定された比消費電力について示す。なお図 5.3.2 ~ 14 に示されているボックスプロットは、図 5.3.1 に示すように、最大値、最小値、中央値などを示している。

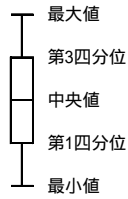


図 5.3.1 ボックスプロットの凡例

5.3.1 ダクト式第一種換気設備

標準的な比消費電力は、熱交換型のシステムを対象とし、住宅の構造との関係で採用される事例がある。50mmダクトを使用した条件として、その中央値（0.51）が含まれる $0.6\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ とする（図 5.3.3）。また「算定シート」に使用されている値は、同条件で $+0.1\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ となり第3四分位が含まれる $0.7\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ とする。ただしDCモータを使用した場合は、最大値でもカタログに示された条件で、 $0.6\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ が達成されるため（図 5.2.4）、基準値と同じ $0.6\text{W}/(\text{m}^3/\text{h})$ とする。

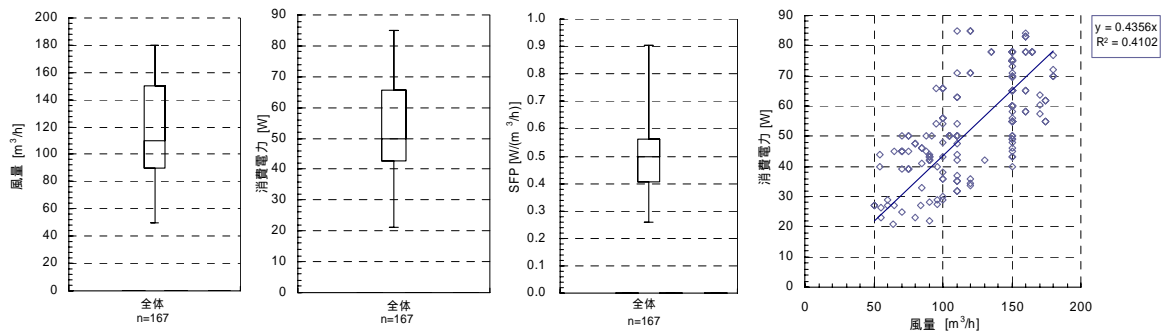


図 5.3.2 ダクト式第一種換気設備（ $200\text{m}^3/\text{h}$ 以下）

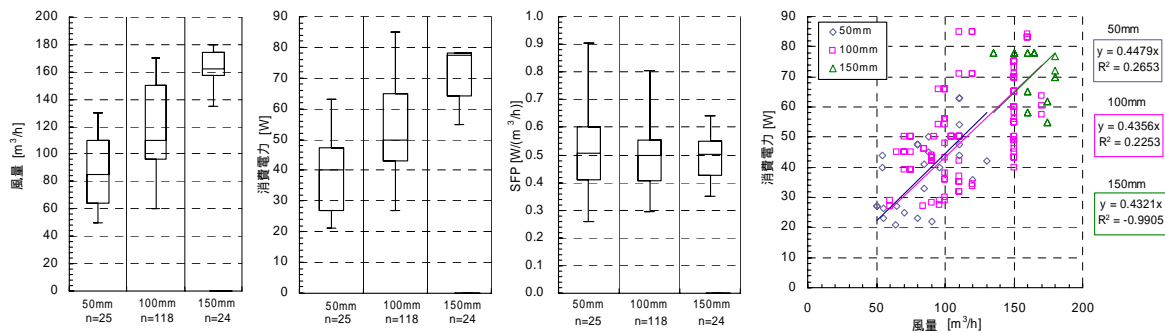


図 5.3.3 ダクト式第一種換気設備（接続ダクト径による分類 $200\text{m}^3/\text{h}$ 以下）

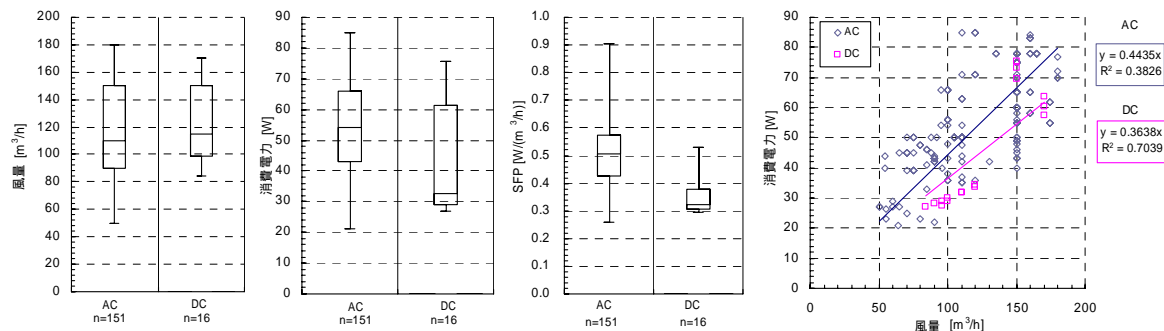


図 5.3.4 ダクト式第一種換気設備（モータによる分類 200m³/h 以下）

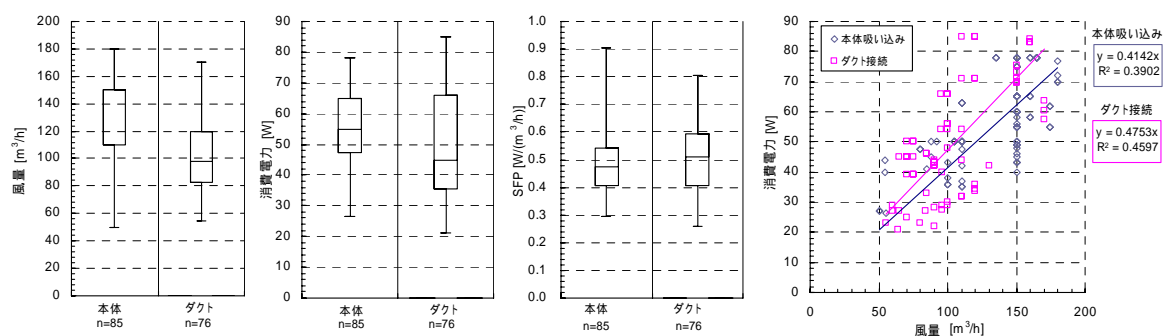


図 5.3.5 ダクト式第一種換気設備（本体吸い込み／ダクト接続による分類 200m³/h 以下）

5.3.2 ダクト式第三種換気設備（ダクト式第二種換気設備）

ダクト式第三種換気設備および第二種換気設備については、データが豊富なダクト式第三種換気設備の整理結果を用いている。標準的な比消費電力は、住宅の構造との関係で採用される事例がある 50mmダクトを使用した条件として、その中央値 (0.29) が含まれる 0.3W/(m³/h) とする (図 5.3.7)。また「算定シート」に使用されている値は、同条件で + 0.1 W/(m³/h) となり第 3 四分位が含まれる 0.4W/(m³/h) とする。ただし DCモータを使用した場合は、最大値でもカタログに示された条件で、0.3 W/(m³/h) が達成されるため (図 5.3.8)、基準値と同じ 0.3 W/(m³/h) とする。一般的な傾向としてダクト径大きくなると比消費電力は小さくなるため、構造的な制約がない限りは、大きいダクトを使用することが省エネルギーにつながることを示唆されており、住宅側の制限などがない場合は、極力ダクト系の大きなシステムを使用されたい。

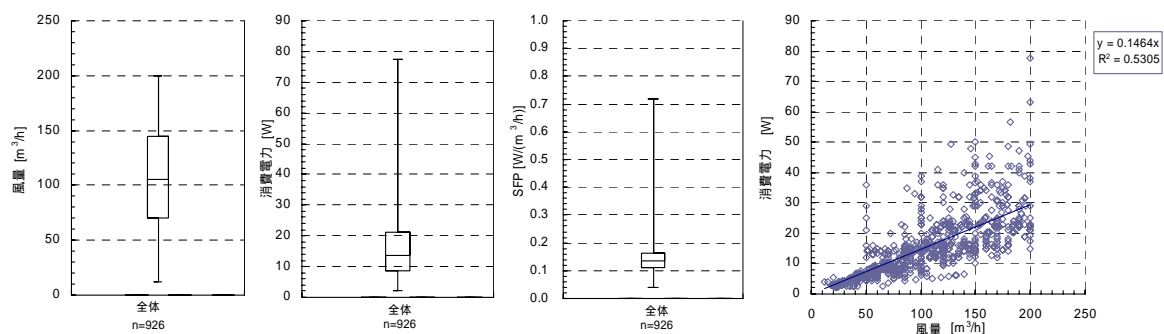


図 5.3.6 ダクト式第三種換気設備（200m³/h 以下）

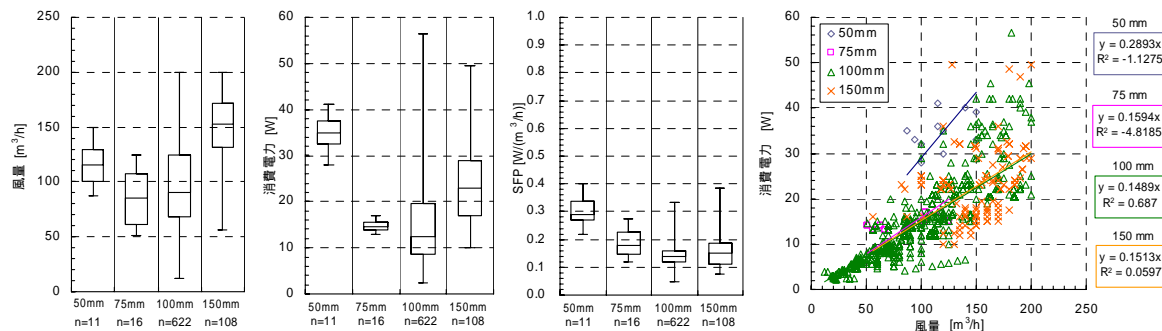


図 5.3.7 ダクト式第三種換気設備（接続ダクト径による分類 200m³/h 以下）

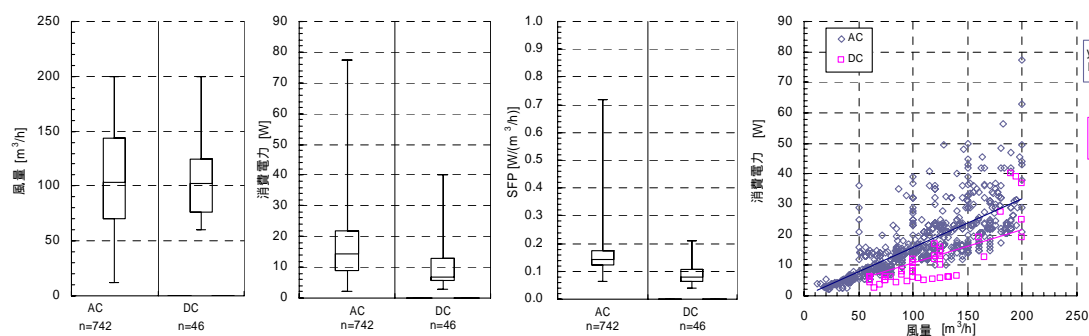


図 5.3.8 ダクト式第三種換気設備（モータによる分類 200m³/h 以下）

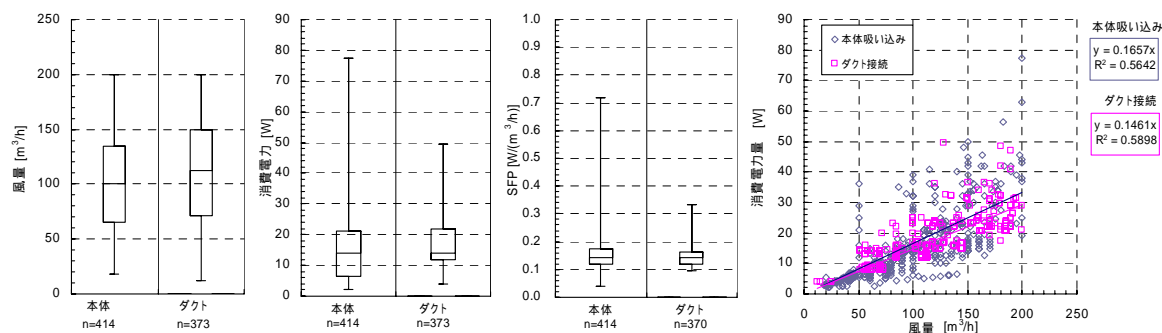


図 5.3.9 ダクト式第三種換気設備（本体吸い込み / ダクト接続による分類 200m³/h 以下）

5.3.3 壁付け同時給排型ファン

壁付け同時給排ファンは、熱交換型の設備を対象とし、実際に設置された状態で得られた有効風量をカタログに示しているデータを用いた。標準的な比消費電力は、その中央値（0.57）が含まれる 0.6W/(m³/h) とする（図5.3.10）。また「算定シート」に使用されている値は、同条件で + 0.1 W/(m³/h) となり第 3 四分位が含まれる 0.7W/(m³/h) とする。

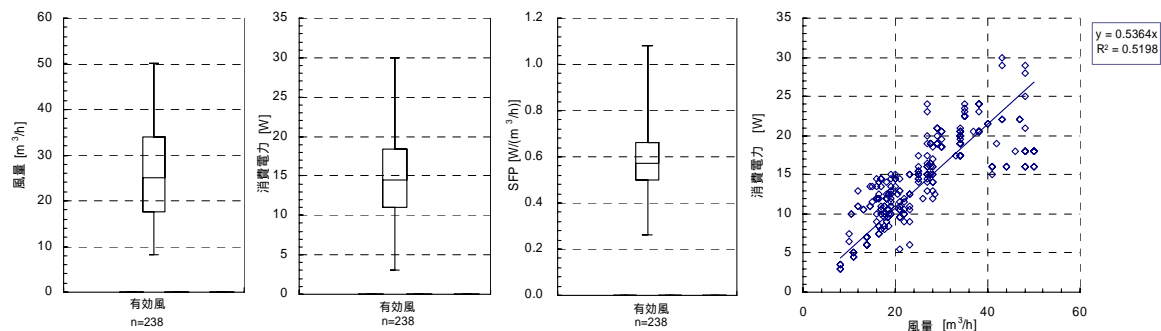


図5.3.10 壁付け同時給排ファン（有効風量が示されているもの）

5.3.4 壁付け給気ファン／排気ファン

壁付け給気ファンおよび排気ファンについては、データが最も多かった 100mm 径のダクト（パイプ）に接続されるファンで機外圧力として図5.3.15に示した一般的な屋外フードを設置した条件でカタログデータを補正した結果を用いている。標準的な比消費電力は、機外圧力が高く、壁付け型のファンの中では比較的外乱による影響が小さいと考えられるターボファンを採用した場合を想定し、その中央値（給気：0.13、排気：0.11）が含まれる 0.2W/(m³/h) とする（図5.3.12および5.3.14）。また「算定シート」に使用されている値は、同条件で + 0.1 W/(m³/h) となる 0.3W/(m³/h) とする。ただし比消費電力を計算し 0.2W/(m³/h) を下回っていることが確認できた場合は、0.2W/(m³/h) を用いてよいこととしている。

なお、壁付け型のファン（パイプ用ファン）はここで想定したよりも屋外フード等の圧力損失が大きいものもあり、ダクト式のシステムよりも機外圧力が小さいことから実現風量が少なくなりやすく、その結果比消費電力がここで想定したよりも大きくなることが考えられるため、ファンの選定には十分に注意されたい。

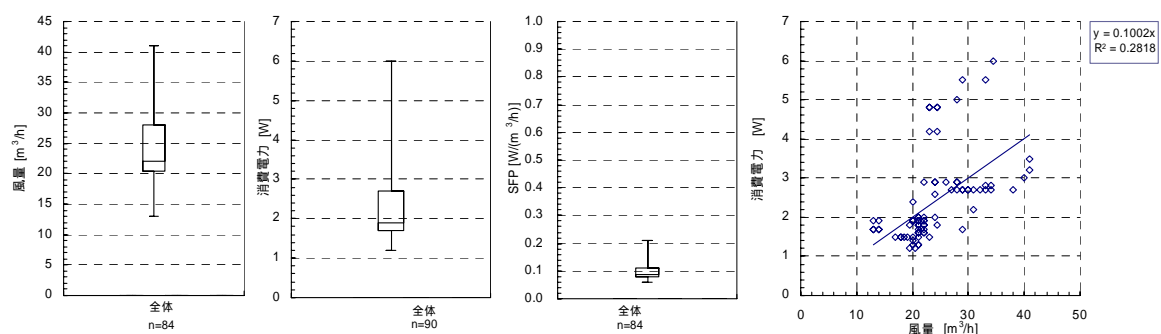


図5.3.11 壁付け給気ファン（機外静圧を想定したもの 100mm）

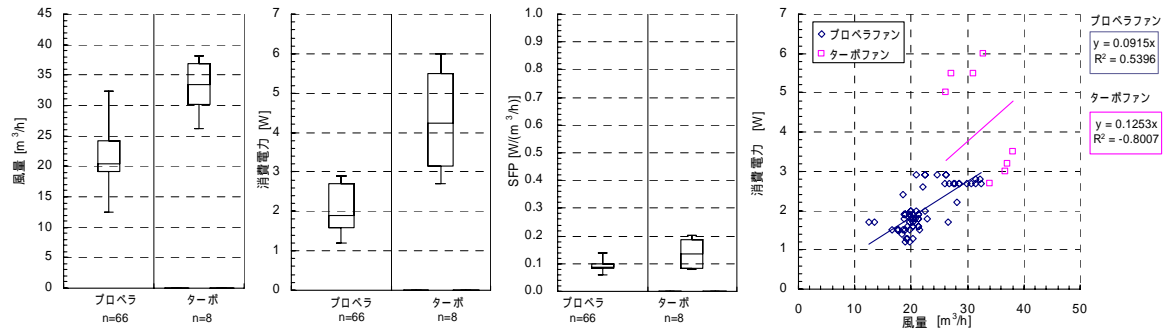


図5.3.12 壁付け給気ファン（機外静圧を想定したものによる分類） 100mm プロペラファン/ターボファン

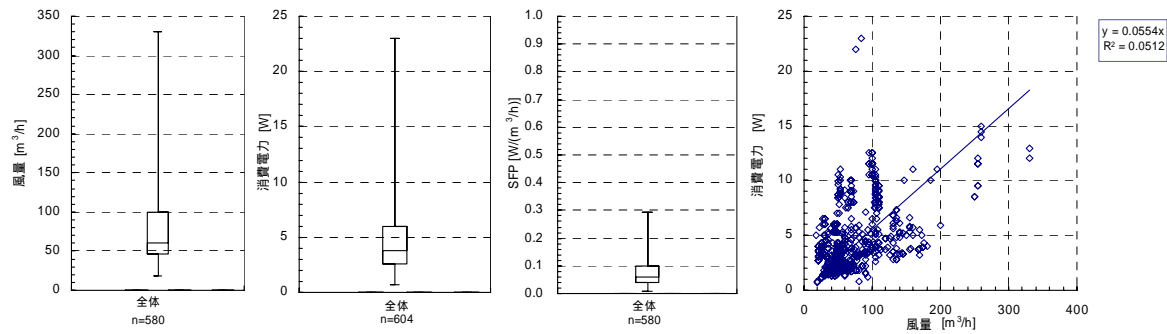


図5.3.13 壁付け排気ファン（機外静圧を想定したもの） 100mm

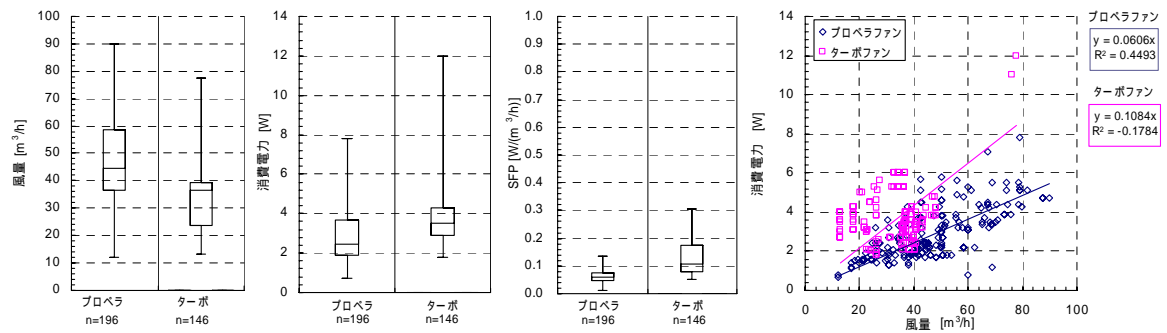


図5.3.14 壁付け排気ファン（機外静圧を想定したものによる分類） 100mm プロペラファン/ターボファン

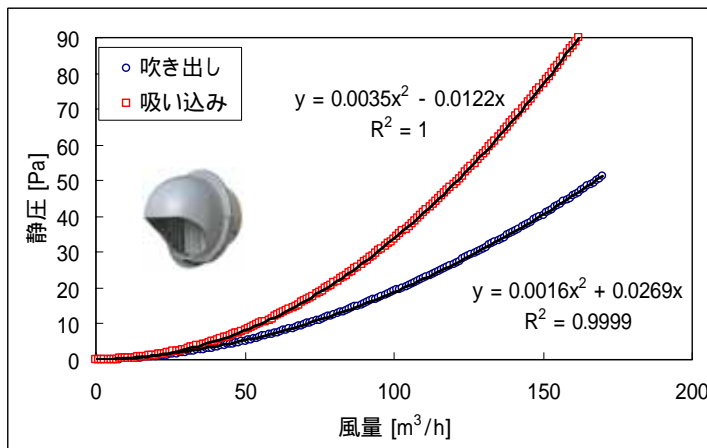


図5.3.15 機外静圧として想定した外部フードの圧力損失（FDおよびメッシュつき 100mm）

5.4 今後の展開

近年販売されている住宅用換気設備は、同じ条件（設置状況や、機外圧力および風量など）で使用された場合、従来の設備に比べて比消費電力が小さいものが多い。これは、ファン形状の工夫やモータの省電力化などメーカーの努力によるところが大きい。くわえて、換気設備の運転にかかる消費電力量を少なくするためには、ダクトの径を大きくするなど、機外圧力を小さくし、施工時にダクト曲がり等による圧力損失の増加が起きないようにするなど、設計・施工における工夫も不可欠である。

製品による省エネルギーの例として、DCモータを採用した換気設備があげられる。この設備は一般にACモータを採用しているシステムよりも消費電力が少なく、あわせて風量制御が容易である。たとえば、ある機種は現場においてダクトの曲がり部分が増え、設計条件よりもダクトシステムの圧力損失が少々増加した場合においてもモータの回転数などを制御して設計風量が得られるような運転モードを有している。しかしながら、このような設備を採用した場合でも、機外圧力が大きくなると消費電力が増すこととなり、設計時における圧力損失を低減させる工夫が必須である。

また、どのような換気設備を採用した場合にも、運用時にファン、フィルターおよび端末部材などにホコリなどが蓄積された場合にはその能力が発揮できず、無駄なエネルギー消費を招くこととなる。くわえて、設定した風量が得られるような制御機能を有する設備では、設定風量は得られるが、消費電力の増加を招くことが考えられる。このようなことから、居住者が運用期間において清掃などの維持管理が容易となるような設計上や製品上の工夫も換気設備の省エネルギーには不可欠である。

今後は、上記のように設計時のみならず、施工や運用にかかる課題に配慮した評価方法が必要となろう。

