

平成21年 6月17日現在

研究種目：若手研究（B）
 研究期間：平成19年度～平成20年度
 課題番号：19760411
 研究課題名（和文） 運用実態調査に基づく住宅用換気システムの省エネルギー性能評価方法に関する研究
 研究課題名（英文） Investigation on evaluation methods for energy effectiveness of domestic ventilation systems by utilising actual condition survey
 研究代表者
 田島昌樹（TAJIMA MASAKI）
 国土交通省国土技術政策総合研究所 住宅研究部 研究官
 研究者番号：90391680

研究成果の概要：本研究では住宅用全般換気設備を対象として、その運用にかかる実態把握を行い、換気システムの効率の評価方法を検討することを目的として、実験および実測と、運用に関する調査を実施した。実験および実測は、実験住宅と実住宅における連続測定によりデータを取得し、換気システムの効率に関して整理を行った。また運用に関する調査として、国内外においてヒアリングや情報収集等を実施した。これら実験・実測および調査が広範囲にわたり実施され、将来的に予想される住宅用換気設備の消費エネルギー等にかかる技術的な基準の改正等の検討に資するデータが得られた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,700,000	0	1,700,000
2008年度	600,000	0	600,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,300,000	0	2,300,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築環境・設備

キーワード：住宅、省エネルギー、性能評価、換気、運用実態、調査

1. 研究開始当初の背景

住宅用の全般換気設備は、24時間365日稼働することから、定格消費電力は他の住宅設備等と比較しても大きくはないにもかかわらず、冷房にかかるエネルギーの2倍と見積もられている（日本の人口の過半を占める省エネルギー基準におけるIV地域を対象とした自立循環型住宅ガイドラインにおける試算）。また換気設備の性能は運用時の維持管理の状況に大きく左右されることが予想されており、消費電力の効率や室内空気環境の

観点から、換気設備の運用についての現状把握が望まれていた。

2. 研究の目的

上記背景から、本研究は、住宅用換気設備の運用時のエネルギー消費に関して、維持管理の視点を加え、将来的な推奨基準などの策定の根拠に資するデータ収集および評価方法にかかる検討資料の収集を目的として実施した。

3. 研究の方法

本研究では住宅用全般換気設備を対象として、実験および実測と、運用に関する調査を実施した。本研究では、換気システムの風量と消費電力により算出される比消費電力（風量を消費電力で除した値で海外では SFP Specific Fan Power と呼び、後述する調査でも各国の基準などで使用されていることが分かっている）を換気システムの効率を評価する指標として使用した。

4. 研究成果

(1) 実験住宅で取得されたデータの解析

自立循環型住宅プロジェクトで使用されている集合住宅実験棟（居住状態を模した繰り返し実験をおこなっている条件）において取得されたデータの解析を行った。測定を行った住宅および換気システムの概要を図1および表1に示す。また測定項目を表2に示す。

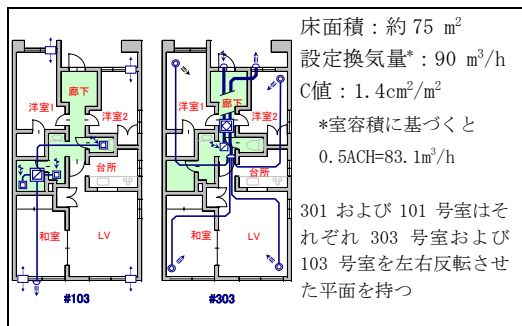


図1 測定対象住宅の平面図および概要

表1 換気システムの仕様

301/303 号室:	第一種熱交換型換気システム 2 モータ (AC) 2 ファン 定格性能: 71W, 120m³/h, 機外静圧 58.8Pa, 有効換気量率 94%
101/103 号室:	第三種換気システム DC モータ 定格性能: 8W, 120m³/h, 機外静圧 0Pa時 排気は 3 箇所からおこなわれ 24h モードとそれぞれの末端がある室で、強モード (使用モード) の選択ができる

表2 測定項目および測定方法

測定項目	測定方法
①ダクト内風量[m³/h]	熱式風速計から換算
②末端部材の風量[m³/h]	フード式風量計、トレーサーガス*
③消費電力[W]	クランプ式電力量記録計

*フード式風量計での測定精度が低いと考えられる条件で使用した

換気システムの清掃を実施しない条件で、連続でデータが取得できた月（2007年2月～9月のデータを使用）の比消費電力の推移を図2および図3に示す。図2では有効換気量

率（第一種換気システムの給気に含まれている外気導入量を評価）にもとづく比消費電力（SFP_E）を示しており、2006年11月に清掃を実施した後にSA_Eは低下し続け、SFP_Eは半年を経過した後（5月以降）に増加が顕著となった。一方、図3に示された第3種換気システムは、DCモータを使用しているためもともと比消費電力が小さく、加えてこの測定期間では顕著な能力低下は確認されなかった。第一種換気システムは、とくに外気導入系統のフィルターやメッシュへのホコリ等の蓄積がその効率低下の原因となっていた。一方、第三種換気システムは風量の低下もほとんどなかったが、室内からホコリが発生する条件では換気設備の末端部材へのホコリの付着も考えられ、特に屋外末端については居住者が清掃をほとんど行わないこともアンケート調査等からわかっているため、居住者に清掃をしやすいシステムを提供することは電力の有効利用や有効な換気の確保の双方の観点から重要である。これら結果から特にフィルター等を有するシステムの維持管理が不可欠であり、この事例では毎月、比消費電力が大きくなりエネルギー効率が低下している結果が具体的な数字として取得できた。

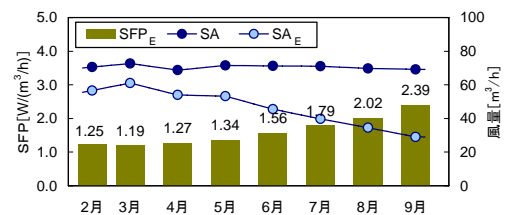


図2 2007年2月～9月の比消費電力および風量（第一種熱交換型換気システム）

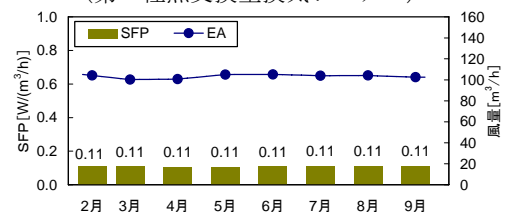


図3 2007年2月～9月の比消費電力および風量（第三種換気システム）

(2) 実住宅における測定

実住宅における測定は、実居住条件での比消費電力や室内環境のデータ取得を目的として実施した。測定は北海道に建設された木造二階建て住宅を対象として、H19年度からH20年度まで、連続測定を実施した。住宅の概要をこの住宅に導入された換気設備は、室内の相対湿度に応じて風量が増減するいわゆるDCV (Demand Controlled Ventilation)

システムである。測定を行った住宅と全般換気設備の概要を図 4、5 および表 3 に、測定項目を表 4 に示す。

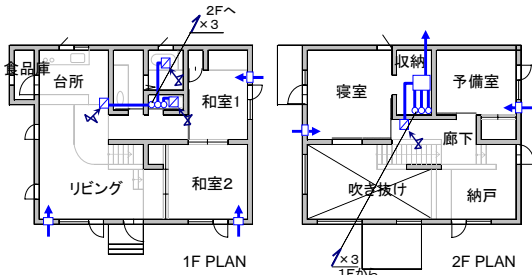


図 4 測定対象住宅平面図

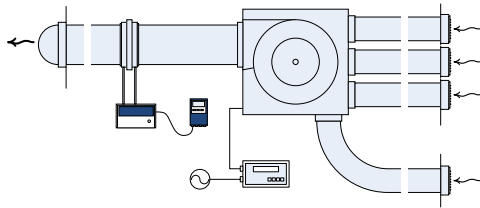


図 5 全般換気システムと測定概要

表 3 測定対象住宅の概要

床面積：110m ²
構造：在来木造
所在地：北海道岩見沢市
全般換気設備：室内湿度により風量変動全般換気
設定風量：130m ³ /h (50%RH時の値)
住宅気密性C値：0.7cm ² /m ²
断熱性能Q値：1.6W/m ² K
居住者：2名 (不定期に在/不在)
暖房設備：パネルヒーター (各室) 床暖房 (リビング)
冷房設備：なし

表 4 測定項目

項目 (測定間隔)	屋外端末	簡易オリフィス
温度・湿度・CO ₂ 濃度 (10分)	リビング、寝室、屋外	住宅環境測定器 (KNS-CO2)
換気システム風量 (1分)	換気システム主ダクト	微差圧計/簡易オリフィス/記録用チューブ (M3501 SPI125/サーミック 2300A)
換気システム室内端末風量 (随時)	各室内端末	フード付き微差圧計 (KNS-233)
換気システム消費電力 (10分)	換気システム本体ユニット	電力量計 (KNS-WP)
ホルムアルデヒド・VOC濃度 (随時)	リビング、寝室、予備室	パッシブ型採取機器

地域柄、冬期の不在時においても暖房を連続的に使用することがあり、省エネルギーの観点から不在時の換気負荷を低減したいとの要望から居住者の了解のもと風量変動がある換気システムが導入されていた。この換気システムは、室内の相対湿度によって室内端末部材および外壁に設置された給気口の

開口率が変化するもので、相対湿度が高い室で外壁からの給気風量とファンによる排気風量が増す仕組みを有している。上述の通りこの住宅では約 2 年間にわたり測定を実施しており、換気システムの性能維持の観点から、約半年ごとに端末部材におけるホコリの有無を目視検査し、必要に応じて家庭用掃除機によるホコリの除去を実施した。

測定結果の概要を以下に示す。室内相対湿度と換気システム風量の関係を図 6 に、季節分けした場合の換気システム風量を図 7 に、室内二酸化炭素濃度を図 8 および 9 に、冬の風量減少時における室内ホルムアルデヒド濃度を図 10 に、消費電力と風量の関係を図 11 に示す。

図 6 より、相対湿度による風量制御が想定通り行われている結果が得られており、かつ相対湿度 50%RH時にほぼ設定風量が得られていることが確認できる。図 7 では箱ひげ図における Q1 と Q3 の間 (25 パーセント値と 75 パーセント値の間) に 20~30m³/h の幅があり同じ季節においても風量変動している結果を示している。夏期には、ほとんどの時間帯で設定値以上の換気システム風量となり、平均で約 30%の風量増となっている。そのため、室温の上昇により化学物質等が発生しやすくなる夏期には汚染物質濃度低減の観点から一定の効果が期待される。

図 8 および 9 に示した二酸化炭素濃度の測定では、測定がほぼ 2 年間と長期間であったため寝室に設置した測定器の二酸化炭素濃度指示値が校正ガスに比べて約 500ppm 低い表示するドリフトが起きていた。この測定器におけるドリフト発生の際が不明であったため、図 8 および 9 では測定値そのものを示している。換気システム風量が少なくなる冬期には Q1~Q3 の差が夏期と比較して大きく、特に寝室では 500ppm と顕著である。しかしながら在室条件において Q3 の値は 1000ppm を超えておひた、平均値としては最も高かった冬期の寝室でも 670ppm と高い値とはなっていない。一方、不在条件では換気システム風量が少ない冬期でも、ほぼ外気と同等の値電源 100V 換気電力計風量が少ない条件でも室内二酸化炭素濃度から判断する室内端末換気が得られていたと言える。(室内相対湿度により開口率が変化)

上記結果のように、冬期には換気システム風量が設定値よりも少なくなるため、室内環境把握の一環として室内化学物質濃度の測定を行った (図 10)。測定はパッシブ型採取器を用いて在室条件と不在条件で実施した。測定箇所はリビング、寝室および予備室で、対象とした化学物質は、ホルムアルデヒドと

WC
浴室
リビング
2F廊下

トルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレンとした。これら化学物質のうち後者の4物質は十分に濃度が低く、全て0.01ppm以下であった。図10では、ホルムアルデヒド濃度の測定結果と測定時の換気システム風量や室内環境条件を示しており、ホルムアルデヒド濃度についても指針値である0.08ppmに比べて十分低く0.01~0.02ppmとなっていた。

図11には比消費電力(図中ではSFPで単位はW/(m³/h))について0.1~0.4の線を併せて示している。測定期間の平均換気システム風量は130.1m³/hで、平均消費電力は34.1Wであったため、測定期間全体の期間比消費電力(図中のSFP_t)は0.262W/(m³/h)となる。図11から、風量が少ない条件では比消費電力が0.4程度、多い条件では0.2程度と風量が多い条件で効率が高い結果となっている。これは相対湿度が高く換気システム風量が多い条件では、室内末端の開口率が大きくなり、末端部材における抵抗が減ることにより消費電力が小さくなることによる。

2009年4月に施行の「住宅事業建築主基準」の換気設備に関する検討では換気設備の効率を比消費電力で示しており、第三種換気設備の基準値は0.3W/(m³/h)となっている。本測定で得られた、比消費電力はこの値を下回り、一定の省エネルギー性を示している。

この測定から、日常の清掃が実施されている風量変動型の第三種換気設備において、年間の比消費電力が測定でき、この値が平均的に住宅事業建築主基準に示された数値を下回っていること、および室内環境が一定の水準に保たれている結果が得られた。

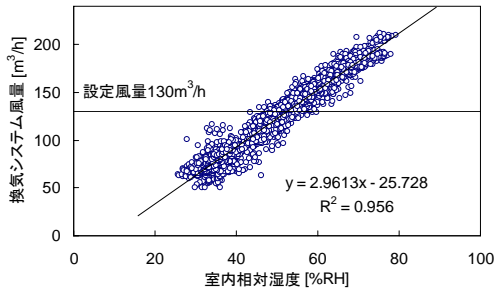


図6 室内相対湿度と換気システム風量

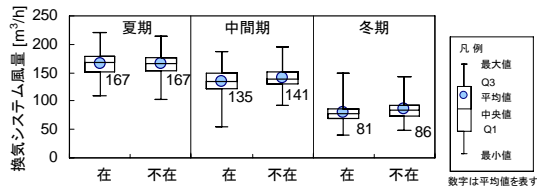


図7 換気システム風量

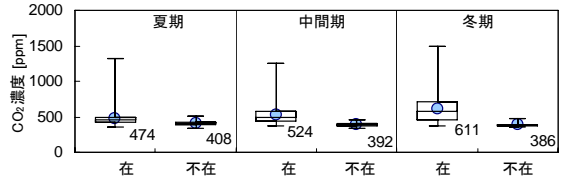


図8 室内二酸化炭素濃度(リビング)

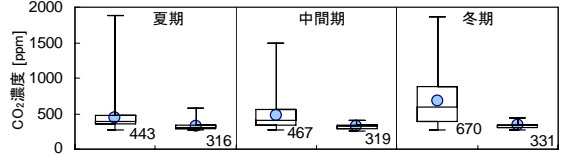


図9 室内に酸化炭素濃度(寝室)

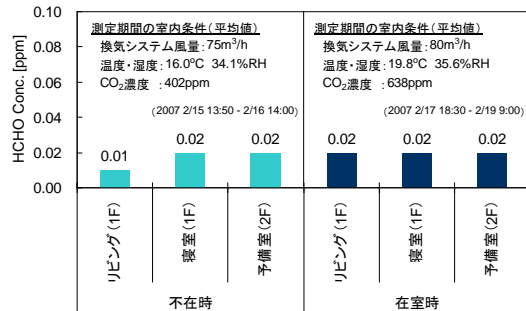


図10 ホルムアルデヒド濃度

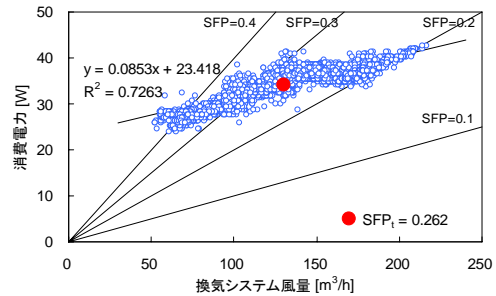


図11 消費電力と換気システム風量

(3) ヒアリングおよび情報収集

ヒアリングおよび情報収集による換気設備の運用にかかる調査は国内外を対象に実施した。

国内では上記北海道における実住宅における実測に関連して建築家へのヒアリングを実施したほか、蒸暑地域における換気設備の運用に関するヒアリング、および国際学会 (IAQVEC) への参加による情報収集を、海外では、国際ワークショップ (AIVC) への参加や技術者・研究者へのヒアリングによる情報収集を実施した。

蒸暑地域や北海道におけるヒアリングでは、維持管理に関して、換気システムの設置が日常の清掃が行える位置となるように留意している例が多かったが、清掃のしにくい換気設備の設置例もよく聞くことから一般的な傾向とはなっていないと考えられる。ま

た屋内の各居室を連続的な空間として設計することにより導入された外気が各居室に拡散するような計画を行っている事例が散見された。たとえば夏期や中間期に窓を開放して生活することが多いと考えられる蒸暑地域（以下の例は沖縄）では、全般換気設備としてサンタリーの換気システムの常時稼働を行い居住空間（スリット等で一つの空間となっている）とサンタリー空間を分けることで、居住空間のどこかで窓が開放されていても外気が十分に各室に拡散するうえ、サンタリー部における局所排気も効率よく行えるものが多かった。くわえて台風や外部風に対する対策が必要な地域でもあるため外部では深型のフードが直接外部風のあたりにくい場所に設けられているなどの配慮がなされていた（写真 1~3）。維持管理の観点とは異なるが、建築計画的にこのような配慮を行うことで運用時に効率のよい換気が行えるような工夫が確認された。



写真1 居室間の引き戸に設置されたスリット



写真2 風通しを考えた室内スリット



写真3 深型外部フードが外部風のあたりにくい場所に設置されている例

国外では、主に欧州を調査対象として、IEA (International Energy Agency) の AIVC (Air

Infiltration and Ventilation Centre) が開催した換気・空調の最新動向に関するワークショップへの参加（ベルギー）、省エネルギーコンサルティング会社へのヒアリング（デンマーク、ノルウェー）、大学研究組織へのヒアリング（デンマーク、ノルウェー）、技術展示会への参加（イタリア）、換気空調システム会社へのヒアリング（スウェーデン）、現場における換気設備の性能検証現場の見学（スウェーデン）、欧州各国の施策、運用・性能検証技術、省エネルギー技術等の資料収集を実施した。（写真 4、5、6）

これら海外における調査から以下のような知見が得られた。

- ① EU 圏では、建築全般の省エネルギー基準である EPBD (European Performance of Building Directive) のもと換気設備を含む省エネルギーについて計算ツールなどが用意されており、コンサルティング会社により使用されている（たとえばデンマーク）
- ② 換気設備の運用時のエネルギーは SFP 値により規定されている（スウェーデン、ノルウェー、フランスなど）
- ③ 住宅用換気設備のSFPの値は、スウェーデンでは、換気の種別により 2.0~0.6 kW/m³/s (0.56~0.17W/(m³/h))。ノルウェーでは 2.5kW/m³/s (0.69 W/(m³/h)) で熱交換型換気設備の温度交換効率率は平均で 70%以上が要求されている。フランスでは、フィルターのないものが 0.25W/m²/h フィルター付きのものが 0.40 W/m²/hとなっている。
- ④ 換気設備の製品のデータベースを公開することによる省エネや換気性能の向上が検討されている（ベルギー）
- ⑤ 省エネルギー基準などにより断熱性能が高くなってきているため、暖房負荷に占める換気負荷の割合が高くなり、熱交換型の換気システムの導入が進んでいる（デンマーク、スウェーデン、ノルウェー）
- ⑥ 換気システムのダクト等の気密性についても規格があり、導入時にクラスが指定されている（デンマーク、スウェーデン、ノルウェーなど）
- ⑦ 熱交換型換気システムの導入は、北欧以外でも検討されている（フランス、ギリシャ、スペイン）
- ⑧ 清掃のしやすさに留意した換気システムが販売されており、加えてダクト内などの清掃に関して規格やガイドラインが存在するなど、日常の維持管理に一定の配

慮がなされている（スウェーデン、フィンランド）

- ⑨_↑ 換気・空調設備に関して竣工時のほか、一定期間ごとに性能検証が行われており、風量検証が行われている（スウェーデン）
- ⑩_↑ 換気設備を含む省エネルギー改修のコスト試算などがガイドラインとしてまとめられている（スウェーデン）



写真4 ファンブレードの清掃に留意した換気設備



写真5 Svensk Ventilation で収集した、換気・空調設備のガイドブック、および省エネ改修に関するガイドブック



写真6 スウェーデンにおける換気空調設備の現場における性能検証（k-factor 法による測定）

(4) まとめ

本研究では、全般換気設備の稼働に関して実験住宅および実住宅における連続測定、および換気設備の運用方法や維持管理に関するヒアリングや基準・ガイドライン等の収集による調査を実施した。

実験住宅における測定結果の整理から、機器の送風性能維持の観点等からフィルターの付いている換気システムでは日常の維持管理が特に重要であり、風量低下による効率

の低下により比消費電力が上昇することが具体的なデータとして得られた。

実住宅の居住状態における連続的測定からは、日常の清掃がなされている DCV では、測定事例において一定の室内空気性能となったこと、および年間の平均比消費電力に関するデータが得られ、省エネルギー基準によるダクト式第三種換気設備の値以下となる結果が得られた。

ヒアリングおよび情報収集では、国内における運用時に有効な建築的な工夫、および各国の基準や技術的な情報が収集された。

上記の広範囲にわたる測定および調査が実施され、これら結果をもとに将来的に予想される住宅用換気設備の消費エネルギー等にかかる技術的な基準の改正等の根拠や検討の材料に資するデータが得られた。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計0件）

〔学会発表〕（計1件）

- ① 田島昌樹 松永潤一郎：居住状態における全般換気の性能測定 相対湿度により排気量を制御する第三種換気システムの連続測定、社団法人空気調和・衛生工学会、2009年9月、崇城大学（予定）

〔図書〕（計0件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

○取得状況（計0件）

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田島 昌樹 (TAJIMA MASAKI)

国土交通省国土技術政策総合研究所・住宅研究部・研究官

研究者番号：90391680

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし