

Short Report

秋田県内の住宅を対象とした機械換気設備の設計と運用に関する実態調査

4名の設計者からのヒアリング調査および2件の住宅における実測調査

高木理恵¹, 松本真一¹, 長谷川兼一¹, 細淵勇人¹

¹ 秋田県立大学システム科学技術学部建築環境システム学科

シックハウス問題の防止対策として、2003年に新築住宅への機械換気設備の設置が義務付けられてから10年が経過し、計画時の検討項目の多さから多種多様な換気設備が住宅に導入されている。しかし、換気設備が導入された住宅であっても、換気量不足やメンテナンス不足による風量低下の事例が報告されており、特に、断熱気密化が促進していると推定される秋田県のような寒冷・積雪・強風地域では、換気量不足が室内空気汚染や結露等の問題を引き起こす可能性が高い。そこで、秋田県内の住宅を対象に機械換気設備に関する実態調査を実施した。4名の設計者からのヒアリング調査より、冬期の熱ロスを少なくし、給排気バランスを確保するため、第1種熱交換換気設備を採用する設計者が多いことが分かった。沿岸の強風地域での自然給気口の耐風対策としては、逆風防止型屋外フードの採用、外壁の通気層内への設置が挙げられた。2件の住宅の事例調査結果より、冬期の室内温熱環境の悪化に伴う換気口の閉鎖や小さい風量の運転モードへの変更、第3種換気による給気口風量の低下、換気量不足、中間期における換気設備の停止に伴うCO₂濃度の上昇、メンテナンス不足による風量低下等の問題が確認された。

キーワード: 住宅換気, 換気量, メンテナンス, 寒冷地, 実測調査, ヒアリング調査

シックハウス問題の拡大に伴い、その防止対策として2002年7月に建築基準法が一部改正され、2003年7月に施行された。この改正により、新築住宅への機械換気設備の設置が義務付けられた。それから10年が経過し、改正建築基準法の施行後に建設された住宅が年々増加する中、住宅の換気計画に当たっては、換気方式、給排気端末や屋外フードの種類、ダクトシステム、熱交換方式等、検討しなければならない項目が多く存在し、結果として、設計者により選定された多種多様な機械換気設備が住宅に導入されている。著者らの既往の研究では、機械換気設備が設置された住宅であっても、設計目標である居室の換気回数0.5回/hを満たしている住宅が少ないことや、フィルターや防虫網のメンテナンス不足による風量低下が確認されたケースが報告されており (Takaki, R. et al., 2006)、換気設備が計画通りに運用

されていない可能性がある。

特に、断熱気密化が促進していると推定される秋田県のような寒冷・積雪・強風地域では、換気量不足が室内空気汚染や結露等の問題を引き起こす可能性が高い。さらに、外気導入による温熱快適性の悪化や暖房エネルギーの増加を防止するという観点から、居住者によって冬期における窓開け換気の抑制、機械換気設備の常時運転の停止や換気口の閉鎖が行われている可能性が高く、室内空気環境を清浄に維持するためには、機械換気設備の適切な運用が極めて重要となる。

そこで、本研究では、寒冷・積雪・強風地域の住宅における機械換気設備の設計・運用の実態を事例的に把握するため、秋田県内の住宅を対象に、設計者ならびに居住者からのヒアリング調査、住宅の実測調査を実施した。

換気設計に関するヒアリング調査

調査対象と内容

秋田県内の4名の設計者を対象にヒアリング調査を行った。調査内容は、機械換気設備の選定時のポイント、寒冷・積雪・強風地域特有の問題事例とその対処法、居住者への設備運用に関する説明の内容、運用開始後のアフターケア等である。

調査結果

冬期の熱ロスを少なくするため、第1種熱交換換気設備を採用するケースが多く見られた。¹ 第3種換気設備の場合、給気量と排気量のバランスが崩れ、給気口以外の建物隙間から給気される恐れがあり、計画換気の実現が難しいと認識されていた。² しかし、設計者によっては、コストの低さや施工のし易さ、メンテナンスのし易さを重視し、第3種換気設備を採用しており、中には、トイレや洗面所に設置された局所換気扇を常時運転することで第3種換気と見なしているケースがあることも確認された。また、第1種熱交換換気設備の熱交換方式については、熱交換効率が高いという理由から、顕熱交換よりも全熱交換が選定されることが多かったが、排気側から給気側への臭いの移行や、熱交換素子でのカビの発生を心配する声が聞かれた。

メンテナンスに関しては、引き渡し時に居住者へ説明しているが、フィルター等の定期清掃を呼びかけても、定期的に清掃しない居住者が多いことから、業者への委託による定期清掃を推奨しているケースがあることが確認された。運用後のメンテナンスを考えると、天井設置型よりも壁掛け型の方が望ましいという認識はあるものの、壁掛け型はまだ種類が少なく採用するのが難しいという報告があった。

強風地域での自然給気口の耐風対策としては、逆風防止型屋外フードの採用、外壁の通気層内への設置が挙げられた。他に、居住者の住まい方を確認してから換気口の開口面積を変更する等の工夫が挙げられていた。

以上のように、地域の気候特性や居住者の住まい方によって換気設備の種類や設定を変えるべきという認識を持った設計者がいる一方で、できる限りコ

ストを抑えて最低限の対応を行っている設計者もいることが分かった。

換気設備の運用に関するヒアリング及び実測調査

調査概要

秋田県内の住宅を対象に事例調査を行った。調査内容は、居住者を対象とした機械換気設備の運用に関するヒアリング調査、換気設備の種類・設置状況・運転状況の確認、給排気口の位置や開閉状況の確認、現状における各給排気口の風量測定、フィルター等の汚れ具合の確認、フィルター清掃後の風量測定、室内CO₂濃度の長期測定である。給排気口の風量は、風量測定器（コーナー札幌製、KNS-233、写真1）を用いて測定した。また、室内CO₂濃度は、CO₂濃度センサおよび温湿度センサ付き小型データロガー（T&D製、TR-76Ui、写真2）を用いて測定した。本報では、秋田県由利本荘市に建設された2件の戸建住宅の事例を報告する。



写真1 給排気口の風量測定。



写真2 室内CO₂濃度測定。

対象住宅の概要

表1に対象住宅の概要を示す。2件ともに秋田県由利本荘市に建設された木造2階建ての住宅である。

B邸は2004年に竣工し、居住者が4名、延床面積が266.1m²と規模の大きい住宅である。K邸は2013年9月に竣工したばかりの新しい住宅で、居住者が4名、延床面積が138.4m²である。熱損失係数(Q値)は、B邸が1.7W/(m²・K)、K邸が1.2W/(m²・K)で、2件ともに、いわゆる次世代省エネルギー基準の基準値1.9W/(m²・K)を満たしている。³ 相当隙間面積(C値)は、B邸では1.3cm²/m²で、次世代省エネルギー基準の基準値2.0cm²/m²を満たしている。³ K邸では実測値がないものの設計目標値は1.0cm²/m²である。よって、2件ともに断熱・気密性能が高いと言える。換気設備は、B邸が第3種換気、K邸が第1種熱交換換気である。

表1 対象住宅の概要

項目	B邸	K邸
所在地	秋田県由利本荘市	秋田県由利本荘市
竣工年	2004年	2013年
構造	木造2階	木造2階
家族構成	祖母, 夫婦, 子	夫婦, 子2人
延床面積	266.1m ²	138.4m ²
Q値	1.7W/(m ² ・K)	1.2W/(m ² ・K)
C値※	1.3cm ² /m ²	—
換気設備	第3種換気	第1種熱交換換気

※ B邸は2013年1月の実測値。

K邸は実測していないが、設計目標値は1.0cm²/m²。

調査結果

換気設備の運転状況と換気量.

はじめに、B邸について述べる。写真3に自然給気口を、写真4に1階の排気口を示す。自然給気口は開閉可能であり、1階の外壁面に3ヶ所、2階の外壁面に4ヶ所設置されている。排気については、1階がダクト式、2階が局所式で、1階の排気口は6ヶ所、2階は4ヶ所である。1階の排気口には、写真5に示した開口面積の可変装置が付いており、8枚の羽根を全て広げると開口面積は最小となり、羽根を全て重ねると開口面積は最大(羽根6枚分)となる。

居住者からのヒアリングにより、B邸では、入居時に1階の強制排気設備の運転モードを強運転、全ての給気口および1階排気口の開口面積を最大に設定していたが、入居後最初の冬に床下放熱器を運転しているのにも関わらず、室温が設定温度に達しなかった、給気口からの冷気を感じたという経験から、



写真3 自然給気口 (B邸, 設置位置: 壁面)。



写真4 1階排気口 (B邸, 設置位置: 天井面)。



写真5 1階排気口の開口面積可変装置 (B邸)。

1階強制排気設備の運転モードを弱運転に変更し、さらに、1階排気口の開口面積を台所とトイレ以外は最小とし、暖房期間である11~5月には給気口を閉じていたことが分かった。その結果、2年目以降は冬期の室内温熱環境が改善されているという話であった。2階の強制排気扇は殆ど使用したことがなく、夏期に2階から排熱するため数回使用したのみであることが報告された。また、強風時の問題点について尋ねたところ、玄関のドアに設置されている新聞受けやサッシの隙間から冷気が侵入するという話が出された。

図1に、B邸における給気口および排気口の風量と住宅全体の換気回数を示す。測定条件は、現状(1階強制排気設備を弱運転、トイレと台所の排気口の開口面積を羽根4枚分、それ以外の1階排気口の開口面積を最小、2階強制排気扇を停止)と、換気量が最大となる条件(1階強制排気設備を強運転、全

排気口の開口面積を最大、2 階強制排気扇を運転) の 2 条件である。給気口は、全開にした場合でも全ての給気口において風量が検知域 (7m³/h) 未満であった。従って、住宅全体の給気量は最大で 49m³/h 未満と仮定されるため、図にはその最大値を示した。排気口風量は、運転条件を前者から後者へ変更すると 110m³/h から 240m³/h まで上昇するが、排気口風量から算出した住宅全体の換気回数は、前者 (現状) が 0.2 回/h、換気量が最大となる後者であっても 0.4 回/h で、基準で定められた 0.5 回/h を下回っており、換気不足による室内空気汚染等が懸念される。



写真6 給気口 (K 邸, 設置位置: 天井面).



写真7 排気口 (K 邸, 設置位置: 天井面).

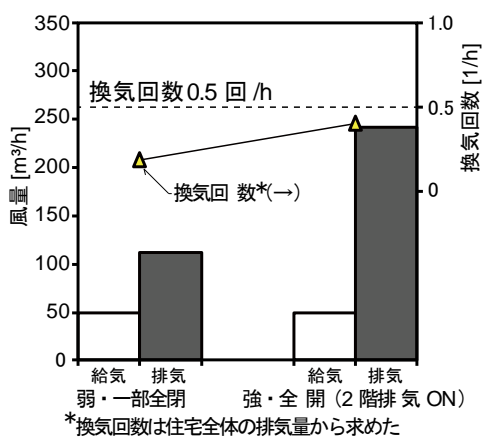


図1 給排気口風量と換気回数 (B 邸).

次に、K 邸について述べる。写真 6 に給気口を、写真 7 に排気口を示す。給気口は、1 階の天井面に 2ヶ所、2 階の天井面に 3ヶ所設置されている。排気口は、1 階の食品庫の天井裏に設置された熱交換換気ユニットの真下の天井面に 1ヶ所設置されている。給気ファンおよび排気ファンの運転モードは、弱と標準の 2 条件である。

居住者からのヒアリングによると、K 邸では、2013 年 9 月に入居してから約 3ヶ月間は、新築独特の臭気等を排気するために標準モードで運転し、12 月からは弱と標準を自動で切り替える自動モード、2014 年 4 月からは弱モードで運転していたことが分かった。運転モードの切り替えは工務店からのアドバイスに沿って行われており、12 月に運転モードを切り替えた理由は、換気による熱ロスをできる限り抑えるためと推定される。また、標準モードの場合、運転音が気になるという報告があった。

図 2 に、K 邸における給気口および排気口の風量と住宅全体の換気回数を示す。測定条件は、運転モードをパラメータとした 2 条件である。弱運転の場合、給気口風量が 70m³/h、排気口風量が 55m³/h で、標準運転の場合、給気口風量が 120m³/h、排気口風量が 100m³/h であった。両方の条件ともに給気口風量の方が大きく、給気口風量から算出した住宅全体の換気回数は、弱運転 (現状) では 0.3 回/h で、基準で定められた 0.5 回/h を下回っていたが、標準運転では 0.5 回/h に達していた。

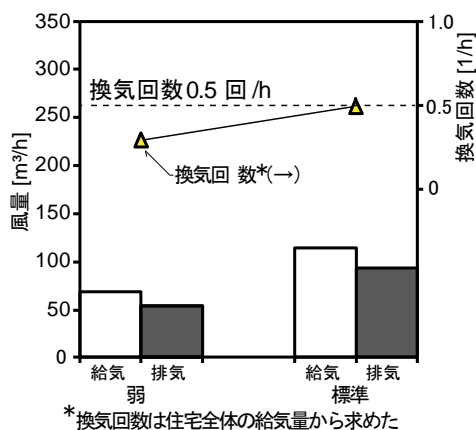


図2 給排気口風量と換気回数 (K 邸).

給気量と排気量のバランスについて見ると、換気量が最大となる運転条件であっても、第 3 種換気の

B 邸では排気量に対する給気量の割合が約 20%であるのに対して、第 1 種換気の K 邸では給気量に対する排気量の割合が約 80%であった。これより、第 1 種換気の方が給排気バランスを取り易く、計画換気を実現し易いと言える。B 邸で、給気量と排気量の差が大きいのは建物の隙間からの漏入量が多いためと考えられる。

居間と寝室の CO₂ 濃度.

本調査では、代表点として、居住者の滞在時間が長い居間と寝室の CO₂ 濃度を測定した。

図 3 に、2014 年 4 月 14 日～5 月 25 日の B 邸の CO₂ 濃度を示す。中央値は、1 階居間が 600ppm、2 階寝室が 670ppm であった。居住者は 1 階を中心に生活しているが、対象住宅は規模が大きいにも関わらず居住者数が 4 名と少ないため、居間の CO₂ 濃度が 1000ppm に達することはなかった。一方、寝室では 1000ppm を超えている時間帯があるが、これは 2 階の強制排気扇を停止しており、2 階の換気量が少なく、就寝時に CO₂ 濃度が上昇していたためである。

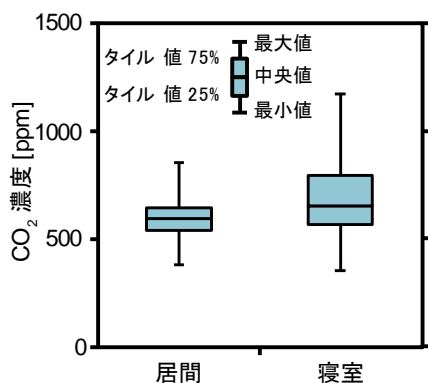


図 3 居間と寝室の CO₂ 濃度 (B 邸)。
(測定期間：2014/4/14～5/25)

図 4 に、2014 年 5 月 22 日～7 月 16 日の K 邸の CO₂ 濃度を示す。中央値は 1 階居間、2 階寝室ともに 800ppm であった。最高値は居間が 2000ppm 強、寝室が 6000ppm 弱と高くなっているが、これは CO₂ 濃度の測定を開始した 5 月下旬から日中は窓を開けるようになり、居住者が換気設備を停止したため、窓を閉める夜間や悪天候時に CO₂ 濃度が大きく上昇したと考えられる。

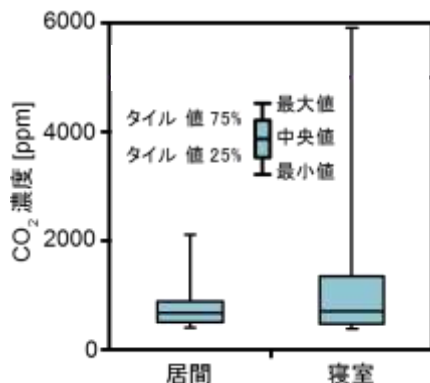


図 4 居間と寝室の CO₂ 濃度 (K 邸)。
(測定期間：2014/5/22～7/16)

排気口フィルターのメンテナンス状況.

B 邸の居住者はメンテナンスに対する意識が高く、換気設備の取扱説明書に従い、3 ヶ月に一度の頻度で排気口フィルターの清掃や交換を実施していた。前回の清掃から 3 ヶ月の時点で排気口フィルターの状況を確認したところ、開口面積を他より広く設定していたトイレと台所で埃の付着が確認された。台所の排気口フィルターの状況を写真 8 に示す。このフィルターはグリルの奥に設置されており、グリルの空気が通る部分に沿って埃が堆積していることが分かった。写真 9 は、写真 8 の状態から埃を掃除機で除去した後のフィルターの状況である。隣の新品のフィルターと比較すると、油が付着して変色し、



写真 8 排気口フィルターの状況 (B 邸, 台所).



写真 9 排気口フィルターの状況 (B 邸, 台所)。
(左：新品, 右：設置済み(埃の除去後))

フィルターの目が全体的に小さくなっていることが確認された。台所のフィルターに関しては、居住者からのヒアリングの中で、台所のフィルターは中性洗剤を用いて水洗いしているが、劣化が激しいため、半年に一度の頻度で新品と交換しているという報告があった。また、トイレのフィルターにはトイレトーパーを使用した際に発生する粒子の細かい塵が大量に付着していることが確認された。

K 邸の排気口フィルターはグリル一体型で、グリルが設置された状態でもフィルターへの埃の付着状況を確認することができる。また、K 邸の換気設備のスイッチのパネルには、フィルター清掃の警告ランプが設置されており、居住者からは、ランプの点灯に伴い、1 ヶ月～1 ヶ月半に一度の頻度でフィルターの清掃を実施しているという報告があった。前回の清掃から 1 ヶ月半の時点で排気口フィルターの状況を確認したところ、写真 10 に示したように、埃の付着による目詰まりが確認された。



写真 10 排気口フィルターの状況 (K 邸)。

排気口フィルター清掃前後の風量比較.

図 5 に、B 邸および K 邸の排気口フィルター清掃前後の排気口風量を示す。前回の清掃からの経過時間は、B 邸が 3 ヶ月、K 邸が 1 ヶ月半である。B 邸の排気口では、開口面積を広く設定し、他の排気口より風量の大きかったトイレと台所において 10%弱の僅かな風量増加が確認されたものの、その他の排気口では殆ど差が見られなかった。一方、K 邸の排気口では 30%の風量増加が確認された。これらの結果より、風量大きい排気口において、フィルターの清掃不足による風量低下が生じる危険性が高まると推察される。また、B 邸のフィルターと比べて、K 邸のフィルターの目が細かいことも、フィルターの清掃不足による風量低下が大きくなった原因の 1

つと考えられる。

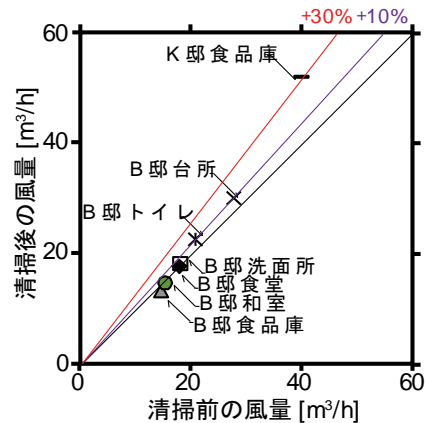


図 5 フィルター清掃前後の排気口風量 (B 邸, K 邸)。

まとめ

秋田県内の住宅の機械換気設備に関する実態調査を実施し、以下の知見を得た。

- 1) 設計者からのヒアリング調査によると、冬期の熱ロスを少なくするため、第 1 種熱交換換気設備を採用するケースが多かった。熱交換方式は熱交換効率が高い全熱交換が多かったが、排気側から給気側への臭いの移行や、熱交換素子でのカビの発生を心配する声が聞かれた。
- 2) 設計者によっては、コストの低さや施工のし易さ、メンテナンスのし易さを重視し、第 3 種換気を採用しており、中には、トイレや洗面所に設置された局所換気扇を常時運転することで第 3 種換気と見なしているケースがあった。
- 3) 強風地域での自然給気口の耐風対策として、逆風防止型屋外フードの採用、外壁の通気層内への設置が挙げられた。
- 4) 居住者からのヒアリング調査によると、冬期に室温が暖房設定温度に達しなかった、給気口からの冷気を感じたという経験から、給気口を閉じたり、排気口の開口面積を小さくしたり、運転モードを変更して風量を小さくしたりするケースが確認された。
- 5) 実測調査によると、現状の運転条件における住宅全体の換気回数は、B 邸が 0.2 回/h、K 邸が 0.3 回/h で、両邸とも基準で定められた 0.5 回/h を

下回り、換気不足による室内空気汚染等が懸念された。

- 6) 第3種換気のB邸では建物の隙間からの漏入量が多いと推察され、給気量と排気量の差が大きかった。一方、第1種換気のK邸では給気量と排気量の差が小さく、第1種換気の方が給排気バランスを取り易く、計画換気を実現し易いと言える。
- 7) K邸では中間期の日中に窓を開ける習慣があり、居住者が換気設備を停止したため、窓を閉める夜間や悪天候時に室内のCO₂濃度が大きく上昇していた。
- 8) 台所の排気口では油污れ、トイレの排気口ではトイレットペーパーの塵が大量にフィルターに付着していることが確認された。また、風量が大きい排気口において、フィルターの清掃不足による風量低下が生じる危険性が高まることが確認された。

³ 次世代省エネルギー基準とは、平成11年3月に改正された「住宅に係るエネルギーの使用の合理化に関する建築主の判断の基準」(通商産業省・建設省告示第2号)である。

平成26年9月8日受付
平成26年9月19日受理

謝辞

本調査を行うに当たり、居住者の方々、設計者の方々には多大なるご協力とご理解を頂きました。また、田口隼大氏(秋田県立大学・学部生)の協力を得ております。ここに記して深甚なる謝意を表します。

文献

Takaki, R., Yoshino, H., Mihara K., Maatouk, K. (2006).
Study on Performance Evaluation of Mechanical Ventilation Systems for Occupied Houses.
Proceedings of the 26th AIVC Conference, 755-760.

注

¹ 第1種換気とは、送風機を用いて強制的に給気および排気を行う換気方式である。

² 第3種換気とは、送風機を用いて強制的に排気を行うと同時に、給気口から自然給気を行う換気方式である。

Field Survey on the Design and Operation of Mechanical Ventilation System for Houses in Akita Prefecture

Report from Four Designers and Measurements in Two Houses

Rie Takaki¹, Shin-ichi Matsumoto¹, Kenichi Hasegawa¹, Hayato Hosobuchi¹

¹ Department of Architecture and Environment Systems, Faculty of Systems Science and Technology, Akita Prefectural University

Installation of a mechanical ventilation system in new houses has been required since 2003 to prevent sick house/building syndrome. During the 10 years since this mandate, various systems have been installed in houses to accommodate the design type. However, low ventilation rates and decrease in the airflow rate due to lack of ventilation system maintenance have been reported in previous studies. Particularly in cold, snowy regions with strong winds such as Akita Prefecture, many insulated and air-tight houses have been constructed. Such structures carry a high possibility of indoor air pollution and condensation due to the lack of ventilation. Therefore, a field survey on the design and operation of mechanical ventilation systems for houses in Akita Prefecture has been conducted in the present study. Four designers participating in the study reported that many designers adopted a forced supply and exhaust system to reduce heat loss in winter and to maintain a good balance between the rates of supply and exhaust airflow. To enhance the resistance to wind of natural air supply openings in regions with strong wind, some designers adopted an outdoor hood with high wind resistance and installed air supply openings inside the vent layer in the exterior wall. Measurements in two houses revealed that closing the ventilation openings and changing the operation mode in winter reduces the ventilation rate. Moreover, a decrease in the supply airflow rate of the forced exhaust system, a low ventilation rate, an increase in CO₂ concentration caused by the shutdown of the ventilation system in the middle of the season, and a decrease in the ventilation rate caused by a lack of maintenance were detected.

Keywords: house ventilation, ventilation rate, maintenance, cold region, measurement, report