

2020 年 8 月 19 日

一般社団法人 日本建築学会 換気・通風による感染対策 WG

執筆 東京電機大学 鳥海吉弘

東京工芸大学 山本佳嗣*

監修 東北大学 吉野 博

東京理科大学 倉渕 隆

(* 4 章担当)

住宅における換気によるウイルス感染対策について

1. はじめに

クラスター（集団）発生のリスクが高い条件の 1 つに「換気の悪い密閉空間」が挙げられています^{1),2)}。また、空気調和・衛生工学会と日本建築学会の会長が共同で、「新型コロナウイルス感染症制御における「換気」に関して」と題する 緊急会長談話 を公表し、『「換気」に関する正しい知識や運用方法を提供して行くことを表明』しています³⁾。一方、新型コロナウイルス感染症厚生労働省対策本部では、『「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の手法（リーフレット）』（2020 年 4 月 3 日改定）⁴⁾を商業施設等の管理権限者へ発信しています。住宅は商業施設や不特定多数の人が使用する施設に該当しませんが、滞在時間が最も長い空間と考えられることから、家庭内に感染者がいる場合には感染リスクが高いといえます。厚生労働省では、一般社団法人日本環境感染学会とりまとめを一部改変し、「ご家族に新型コロナウイルス感染が疑われる場合 家庭内でご注意いただきたいこと ～8つのポイント～」(2020 年 3 月 1 日)⁵⁾を公表しており、家族に新型コロナウイルス感染が疑われる場合の留意点を挙げています。

ウイルスの感染経路として、飛沫感染・接触感染・空気感染がありますが、新型コロナウイルスの場合には、飛沫感染と接触感染が主要な感染経路といわれています。しかし、屋内の換気が不十分で混雑した空間では、呼吸由来のエアロゾルが発生し、飛沫感染とあいまって一定量のエアロゾルを吸引すると感染する可能性は否定できないとして、空気感染の可能性が指摘されています^{3,6)}。このように、空気感染に近いふるまいを行う可能性が否定できないことから、換気による感染対策を予防策として解説します。

換気の必要性については多くの議論が行われており、換気の知識と運用法についての解説⁷⁾もありますが、具体的な換気の仕方についての記述はありません。住宅では、感染対策のための換気による空気の入替えの仕方が、機械換気設備の有無や換気方式、階数やトイレの数、間取りなどによって、異なってくることも考えられます。

そこで、本説明書では住宅における換気の方法、換気による感染対策及び隔離室形成の方法について述べます。なお、本資料で示す見解は発表時点のものであり、今後変更される可能性もあります。

2. 住宅における換気の方法

2.1 機械換気による方法（シックハウス防止対策としての機械換気）

2003 年 7 月に建築基準法が改正され、シックハウス防止対策として、住宅の居室には換気回数 0.5 回/h 以上（解説 1 を参照）の設備容量を持つ機械換気設備（いわゆる 24 時間換気システムなど）の

設置が原則的に義務付けられています。換気回数とは、換気量[m³/h]を住宅の室容積[m³]で除して、換気量を室容積基準で表したものです。換気回数 0.5 回/h の換気とは、1 時間に室容積の半分に相当する室内空気と外気が入れ替わることを意味します。このように、室内全体の空気が入れ替わるような換気を全般換気といいます。一方、トイレの臭気、浴室の水蒸気やレンジフードの排気など、対象とする汚染空気の排除を目的とした換気を局所換気といいます。

24 時間換気システムが設置されている場合は 0.5 回/h の換気量が確保されていますので、システムのスイッチ（図 1）を入れて常時運転し、第 3 種換気方式（解説 2 を参照）の場合は給気口（図 2）を開けましょう。給気口は汚れていると換気量が減少しますので、フィルター（図 3）を清掃するよう日頃から心掛けましょう。また、給気口は外気に対して吸込み側となるため、外部に防虫用の網（図 4、端部形状は様々）が設置されている場合もあります。フィルター同様に防虫網を清掃しましょう。第 1 種換気方式（セントラル、解説 2 を参照）の場合は、壁内、天井裏や床下などに設置された全熱交換器本体（図 5）や周辺のダクト経路に設置されるフィルターボックス内（図 6）など、フィルターが複数設置されています。ダクトの屋外フードに防虫網（図 7、高い位置に配置）が設置されている場合もあります。同様に、第 1 種換気方式（換気扇）にもフィルターがあります。清掃しにくい箇所にフィルターや防虫網がありますが、しっかり清掃しましょう。



図 1 24 時間換気システムのスイッチの例
(左：戸建住宅の浴室、中：戸建住宅の 2 階のトイレ、右：集合住宅)



図 2 室内側からみた給気口の例

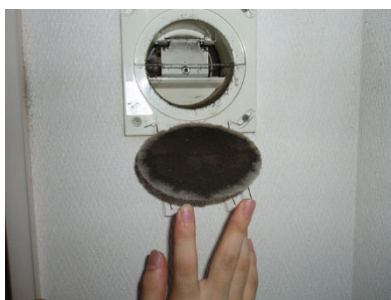


図 3 給気口のフィルター



図 4 給気口の防虫網



図 5 全熱交換器本体とフィルター

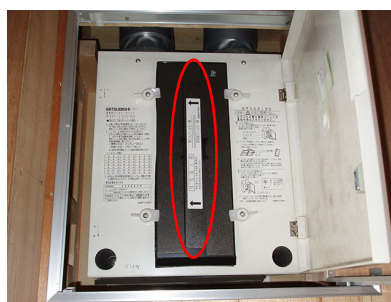


図 6 給気側フィルターボックスとフィルター



図 7 ダクトフードの防虫網

2.2 自然換気による方法

(1) 居室に機械換気設備が設けられていない場合の方法

トイレ、浴室に換気扇などの換気設備がある場合は、常時運転するようにしましょう。換気設備がない場合は、窓を開放して換気を行うようにしましょう。

(2) 自然換気時の窓の開け方について

窓開け等により換気を行うことを自然換気といいます。特に大量の換気を行うことによって直接居住者が風を受けて冷涼感を得る場合があります（通風と呼ばれます⁷⁾）。自然換気の場合は、窓は常時開放することが重要です。窓を開放する目安としては、解説3にあるように、5cm から 15cm を目安に調整して、各室のドアを開放してください。中間期や比較的外気温の低い夏期において通風を得る場合には、窓は大きく開けましょう。

窓を 30 分に一回以上、数分間程度、窓を全開にする間欠開放とした場合でも、窓を閉じている間に室内のウイルス濃度は上昇します（解説4 参照）。中国広州市内のレストランにおける集団感染事例では、換気不足により感染性の飛沫や飛沫核に対する希釈は十分に行われず、インデックス感染者（疫学調査上で集団内最初の感染者）と異なるテーブルにいた二次感染者との同時滞在時間は、最小で 46 分と短時間の間に感染しました⁸⁾。

以上のことから、窓の間欠開放は室内濃度が一時的に上昇し、換気していない時間が長いほど感染リスクが高まることから、窓は常時開放が望ましいと考えられます。ただし、夜間は防犯に配慮して窓を開けましょう。また、居室に窓が複数ある場合は、複数の窓を開放する方が換気量は増加します。居室に窓が複数ない場合は、換気経路が確保できるように各部屋のドアや欄間を開放すると換気量が増加します（図8）。

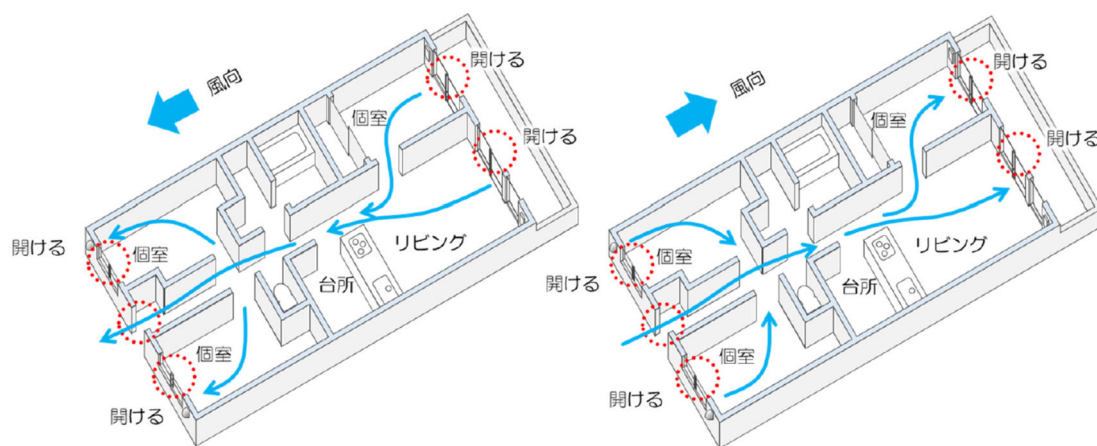


図8 集合住宅における自然換気の方法⁷⁾

2.3 熱中症対策、過乾燥も考慮した換気の方法

熱中症予防のためには、室内では扇風機やエアコンを使って室温を適切に調節することや、室温をこまめに確認することが重要となります。しかしながら、ルームエアコンは一部の機種を除いて換気の機能は付いていません。空気を外気と混合せずに室内空気をフィルター経由で熱交換して再循環させます。従って、新型コロナウイルス感染症の予防のため、機械換気設備が設置されていない場合に

は、窓を開けて自然換気を連続的に行う必要があります。ただし、窓を大きく開けて自然換気を行うと、室内での冷房効率が低下して室温が上昇する危険性があります⁷⁾。熱中症予防のための判断は、室内の暑さ指数（WBGT：Wet-bulb Globe Temperature：湿球黒球温度）により行うことが好ましいですが、目安として、室温 28℃・相対湿度 75%、室温 30℃・相対湿度 65%が嚴重警戒域の境界に相当します。具体的には室温が 28℃以下を確保できる範囲で、居室の窓を 5cm から 15cm 程度を目安に 2 箇所（居室に窓が複数ない場合は居室のドアを開放）、防犯に配慮して常時開放することが望ましいといえます。蒸暑期は冷房を効果的に利用しましょう。

冬期の暖房時についても換気設備が無い場合は、室温が 18℃以上^{10,11)}を確保できる範囲で窓を開けて換気をする必要があります。また、冬期は室内が乾燥し過ぎることがないように、相対湿度 40%を下回らないように加湿器などを利用して調節しましょう。

エアコンについては、フィルターではコロナウイルスは除去できないため、エアコンの直接気流が人に当たらないよう調整しましょう¹²⁾。

3. 換気による感染対策

新型コロナウイルスの場合には、飛沫感染と接触感染が主要な感染経路といわれています。しかし、空気感染に近いふるまいを行う可能性が否定できないことから、換気による感染対策を予防策として解説します。

3.1 家族に感染者がいなくと思われる場合

2章の「住宅における換気の方法」を実行しましょう。詳細は2章を参照してください。

(1) 機械換気による方法（シックハウス防止対策としての24時間換気システム）

適切な機械換気の運転、維持管理が重要になります。以下を厳守しましょう。

- 1) 換気システムのスイッチを入れて常時運転しましょう。冷暖房時も換気システムは運転しましょう。
- 2) フィルターや防虫網を清掃しましょう。

(2) 自然換気による方法

- 1) トイレ、浴室に換気扇などの換気設備がある場合は、常時運転しましょう。換気設備がない場合は、窓を開放して換気を行いましょう。
- 2) 窓を開ける場合は 5cm から 15cm を目安に、各室のドアも併せて常時開放しましょう。適度な外気温の場合は、可能であれば窓を大きく開けましょう。
- 3) 熱中症予防としてルームエアコンを利用する場合は、室温が 28℃以下を確保できる範囲で、5cm から 15cm を目安に居室の窓を 2 箇所常時開放しましょう。居室に窓が複数ない場合は居室のドアを開放しましょう。
- 4) 冬期の暖房時についても換気設備が無い場合は、室温が 18℃以上を確保できる範囲で窓を開けて換気をしましょう。また、冬期は室内が乾燥し過ぎることがないように、相対湿度 40%を下回らないように加湿器などを利用して調節しましょう。

3.2 家族に感染の疑いがある方がいると思われる場合

家族に感染の疑いがある方がいる場合、住宅では感染リスクが高いため、感染防止対策の一つとしての換気の仕方について説明します。なお、窓を開放する場合は防犯に配慮するようお願いします。

(1) 24 時間換気システムが設置されている場合（換気方式については解説 2 を参照）

1) 第 1 種換気方式（セントラル）の場合は、居室で汚染された空気が廊下や水まわりなどの共用スペースに流入する可能性があります。24 時間換気システムを運転しつつも洗面脱衣室、浴室、トイレなどの水まわりの換気設備（局所換気設備）を運転して共用スペースを換気しましょう。

2) 第 1 種換気方式（換気扇）の場合は、部屋の間で生じる圧力差の関係により居室から共用スペースへ汚染された空気が移動することは少ないと思われますが、第 1 種換気方式（セントラル）と同様に水まわりの換気設備も運転して共用スペースを換気しましょう。

3) 第 3 種換気方式では、換気経路の上流側に居室が配置されているため、居室で汚染された空気が共用スペースに流入する可能性もあります。24 時間換気システムを運転して、共用スペースの窓を常時開放しましょう。その時、居室の換気量が減少する可能性もあるため、窓を 5cm から 15cm 開放することが望ましいといえます。また、共用スペースからの汚染された空気が居室に逆流しないよう¹³⁾、居室のドアは閉めましょう。なお、2 階建戸建住宅などでトイレが複数あって第 3 種換気方式を採用している場合や、居室に給気口が設置されている場合は、感染者が使用する自宅療養室を設置することも可能です。PCR 検査等により、家族に感染者がいる場合には自宅療養という選択もあります。自宅療養を薦めるわけではありませんが、自宅療養室の形成については 4 章にて解説します。

(2) 24 時間換気システムが設置されていない場合

1) トイレや浴室に換気扇などがある場合は常時運転しましょう。水まわりなどに換気設備がない場合は、洗面脱衣室、浴室、トイレなどの水まわりを含む共用スペースの窓は常時開放し、居室のドアは閉めましょう。また、共用スペースに窓もない場合は、共用スペースのドアとほかの部屋の窓も開けて建物全体に空気が流れるようにしてください。

2) 感染の疑いのある家族の使用する室は、外気の流入を居室で完結するよう、ドアを閉めて、可能であれば窓を常時開放するようにしましょう。その他の居室も窓を常時開放しましょう。

3) このとき、冷房時は 28℃以下、暖房時は 18℃以上を確保できる範囲で居室の窓を 2 箇所常時開放しましょう。窓を開ける幅は 5cm から 15cm を目安に調整してください。居室に窓が複数ない場合は、居室のドアを開放してください。

4) 2 階建て住宅の場合は室内空気の密度による浮力の関係から、1 階の空気が 2 階へ流入する可能性があります。そのため、感染の疑いのある家族はなるべく 2 階の居室を利用するようにしましょう。

4. 自宅療養室の形成について

住宅内で軽症の感染者とその家族と一緒に生活をせざるを得ない場合には、接触感染・飛沫感染のリスクを低減するために、感染者が自宅療養するゾーン（自宅療養室）と家族のいる清浄ゾーンを空間的・動線的に分離することが重要です。更にエアロゾルによる感染リスクを低減するためには、十分な換気の確保と自宅療養室を簡易的に陰圧化（周囲の部屋よりも圧力を低くする）することが考えられます¹⁴⁾。病院では図 9 に示すような気流制御により室間の圧力差を確保し、上流の清浄区画から下流の汚染区画への一方向の風の流れを確保するように計画されています。このような風の流れを住宅内でも再現することにより、感染リスクを低減します。

4.1 自宅療養室を陰圧化する具体的な手法

最初に自宅療養室とそれ以外のゾーンを明確化し、間仕切りを設置します。間仕切りは図 10 のようなビニールシートをカーテン状に設置する方法などが考えられます。ビニールの間仕切りは物の受け渡しや出入りによって陰圧が解消されることを防ぐために、空間を開けて2重に設置することが推奨されます。間仕切りを設置した上で、自宅療養室のゾーンに設置された排気ファンを稼働させることで簡易的な陰圧室を形成するという手順です。

病院の隔離病棟では部屋の出入口前後で -2.5Pa の陰圧を保つことが基準となっていますが、実際の住宅を使用した実験ではトイレの排気ファンであっても平均的に -1.5Pa 程度の陰圧を確保することができました¹⁵⁾。実験によって、陰圧を保つためにはビニールカーテンの隙間を養生テープ等で塞ぐことが重要であることが明らかになっています。実験では差圧計による計測を行いました。一般家庭ではビニールカーテンの膨らむ方向によって間仕切り間の圧力が判断できます。圧力の低い空間に間仕切りが膨らんでいくため、自宅療養室に向かって膨らんでいけば陰圧が確保できていると判断できます。

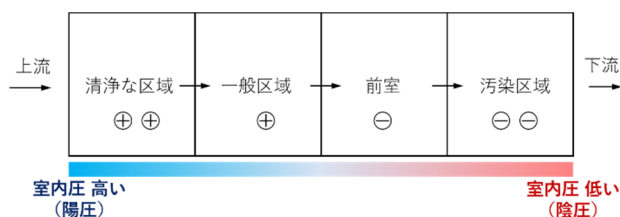


図9 気流制御による室間圧力差の確保

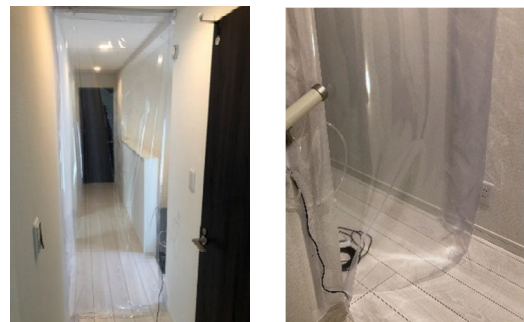


図10 ビニールの間仕切り

4.2 トイレを感染者専用とし、トイレの排気ファンを利用して陰圧化する手法

療養室の近くにトイレがあり感染者専用とできる場合は、トイレの排気ファンを用いて陰圧室を形成することが考えられます（図 11）。トイレを感染者専用とすることにより、家族との動線を明確に分離することができ、トイレや共用部での接触感染や飛沫感染のリスクを低減することにも繋がります。この方法は住宅内に2か所のトイレが必要になり、平面プランによっては形成が難しい場合があります。その場合は後述の4.3の方法を参照下さい。

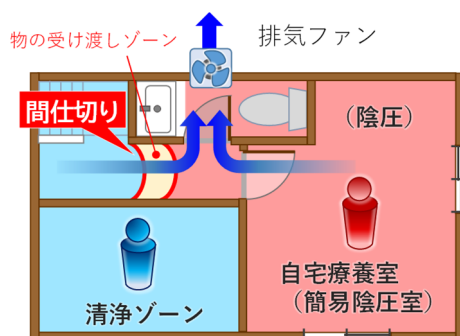


図11 トイレの排気ファンを利用する方法

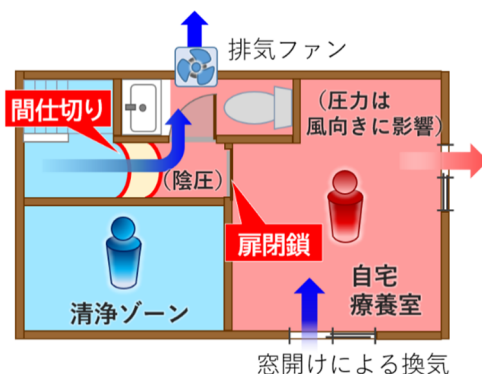


図12 自宅療養室の窓開け換気時

運用上の注意点としては、自宅療養室を窓開けにより積極的に換気する際には外気風の吹込みによって部屋の空気が清浄ゾーンに逆流することを防ぐために、自然換気時は部屋の扉は閉めておく必要があります。更に扉下部の隙間（アンダーカット）をテープ等でふさいでおくことや、なるべく2方向の窓を開けて部屋の中で風が通り抜けるようにすることが重要です。（図12）。

4.3 療養室の自然給気口にパイプ用排気ファンを設置して陰圧化する手法

2003年以降に竣工した住宅には、シックハウス対策として24時間換気システムが義務付けられており換気設備のない居室には給気口が設置されています。この給気口を利用して図13、14のようなパイプ用排気ファンを設置し、間仕切りと組み合わせて陰圧室を形成する方法も考えられます（図15）。平面プランの制約が少ないのが利点ですが、トイレは家族と共用となるため接触感染・飛沫感染のリスクが想定されます。排気ファンを自宅療養室に設置する手順については、設置例を動画にて紹介しています¹⁶⁾。自然給気口の室内側カバーが壁と一体化されている場合は無理に取り外すことは避けて工務店等へ相談しましょう。

4.2で紹介したトイレの排気ファンを利用する方法に加え、より確実な陰圧を確保するために更に自宅療養室にも排気ファンを設置することも考えられます（図16）。



図13 給気口とパイプ用ファン



図14 設置後カバーを外したファン

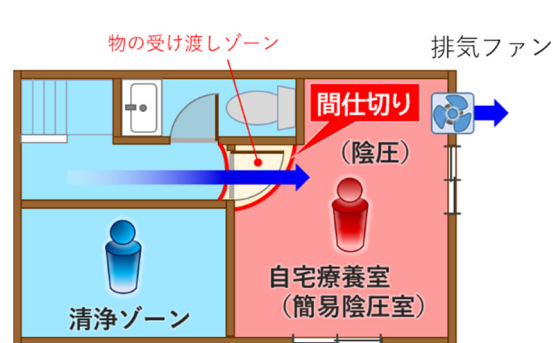


図15 給気口を利用して排気ファンを追加する方法

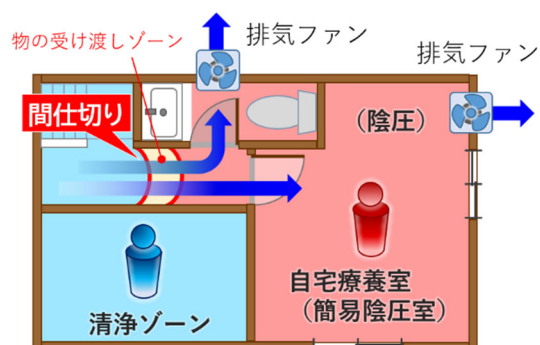


図16 トイレと療養室の両方に排気ファンを設置する方法

4.4 陰圧状態を維持するための建物内のエアバランスについて

図9にて説明したように、住宅内の風の流れにおいて自宅療養室は常に風下側になることが重要です。しかし、清浄ゾーンにおいて排気量の多い換気設備（台所レンジフード等）を使用した場合は、風の流れが逆流する恐れがあります¹⁵⁾。これを防ぐためには、台所レンジフードなどを稼働する前に

清浄ゾーンにある風上の窓を開けるなど、清浄ゾーン内で給気量と排気量のバランスが取ることが重要になります（図17）。

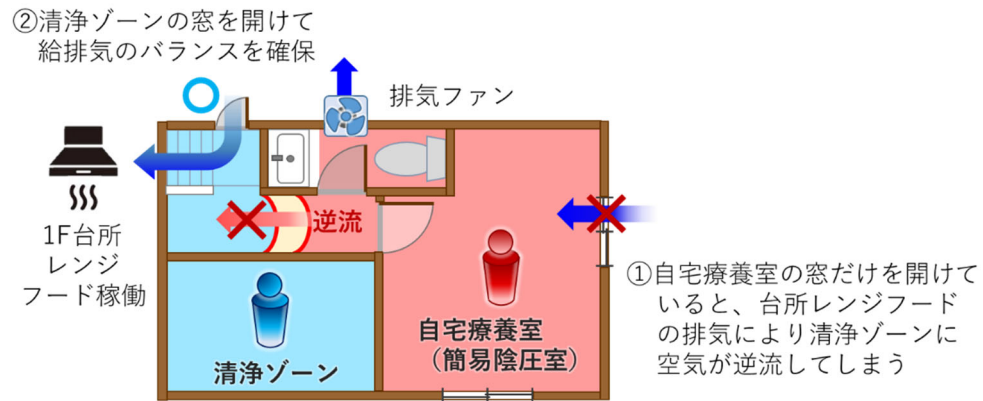


図17 台所レンジフード稼働時の注意点

参考文献

- 1) 新型コロナウイルス感染症対策専門家会議、「新型コロナウイルス感染症対策の見解」
2020年3月9日公表、<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000606000.pdf>
- 2) 首相官邸、「密をさけて外出しよう！」チラシ、
<https://www.kantei.go.jp/jp/content/000061234.pdf>
- 3) 空気調和・衛生工学会、日本建築学会、新型コロナウイルス感染症制御における「換気」に関して（会長緊急談話）、2020年3月23日、
<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/200323.pdf>
- 4) 厚生労働省、政府の対策について、クラスター対策、「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の手法（リーフレット）、2020年4月3日改定
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>
- 5) 厚生労働省、新型コロナウイルス感染症について、「ご家族に新型コロナウイルス感染が疑われる場合 家庭内でご注意いただきたいこと ～8つのポイント～」、2020年3月1日公表、
<https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000601721.pdf>
- 6) WHO, Transmission of SARS-CoV-2: implications for infection prevention precautions, Scientific Brief, 9 July 2020,
<https://www.who.int/publications/i/item/modes-of-transmission-of-virus-causing-covid-19-implications-for-ipc-precaution-recommendations>
- 7) 日本建築学会、新型コロナウイルス感染症制御における「換気」に関して／「換気」に関するQ&A、2020年3月30日、<https://www.aij.or.jp/jpn/databox/2020/200330.pdf>
- 8) ASHRAE.CanHVAC Systems Spread COVID-19?. May 31, 2020,
<https://www.achrnews.com/articles/143255-can-hvac-systems-spread-the-covid-19-virus>
- 9) 「新型コロナウイルス感染症予防のための夏期における室内環境対策」、建築衛生分野の研究者からの報告、2020年5月20日、

https://www.niph.go.jp/soshiki/09seikatsu/arch/COVID19_summer.pdf

- 10) WHO Housing and health guidelines, World Health Organization 2018
- 11) Public Health England, Protecting and improving the nation's health, Minimum home temperature thresholds for health for winter – A systematic literature review, Oct.2014
- 12) ECDC, Heating, ventilation and air-conditioning systems in the context of COVID-19, 22 June 2020
- 13) REHVA COVID-19 guidance document, August 3, 2020
- 14) NHK おうちで学ぼう！ for school 特設サイト 新型コロナウイルス、家庭内での感染対策 有効な「換気」と「エリア分け」は？、2020 年 6 月 9 日、
<https://www3.nhk.or.jp/news/special/coronavirus/heat-illness/#mokuji6>
- 15) 山本佳嗣・倉渕隆、住宅内にビニールカーテンによる仮設の陰圧室を作り出す方法、2020 年 5 月 27 日、
<http://www.arch.t-kougei.ac.jp/yoyamamoto/wp/wp-content/uploads/2020/05/nr0529.pdf>
- 16) 自宅療養室作成のための部屋への排気ファン設置例 1、You Tube 動画、2020 年 6 月 19 日、
<https://youtu.be/OLzh0V1bNTY>
- 17) 倉渕隆、初学者の建築講座 建築環境工学（第三版）、市ヶ谷出版社、2016 年
- 18) WHO Publication/Guidelines, Natural Ventilation for Infection Control in Health-Care Settings, 2009
- 19) 気象庁、気象観測ガイドブック、2020 年 7 月現在
https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/kansoku_guide/guidebook.pdf

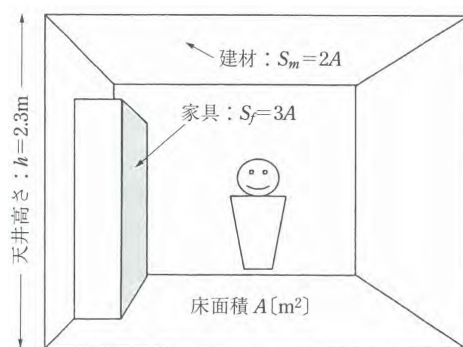
■ 解説 1 住宅の換気量について

解説図 1 に示すように、床面積 A [m²]、天井高さ $h=2.3$ m の室で、内装用の建材として床面積 A の 2 倍の面積だけ F☆☆ (JIS・JAS 表示記号) 建材が用いられ、また家具として床面積の 3 倍の面積だけ F☆☆ 建材が用いられているとします。この室のホルムアルデヒド濃度を $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ (厚生労働省の濃度指針値) に維持するための必要換気量を考えます。

この室で用いられているホルムアルデヒド発散建材の合計は、 $2A$ (建材) + $3A$ (家具) = $5A$ の F☆☆ 建材が用いられています。F☆☆ 建材のホルムアルデヒド発散速度は、 $0.005\sim 0.02\text{mg}/(\text{m}^2\text{h})$ ですが、安全のために上限の $0.02\text{mg}/(\text{m}^2\text{h})$ を用いるとすれば、この室のホルムアルデヒド発散量の合計 M [$\text{mg}/(\text{m}^2\text{h})$] は次式となります。

$$M = 0.02 \times 5A \quad (\text{解 1})$$

室容積を V [m³]、換気回数を N [回/h]、天井高さを h [m] とすると、換気量 Q [m³/h] とは次の関係が成り立ちます。



解説図 1 天井高・建材の設定 17)

$$Q = N \cdot V = N \cdot Ah \quad (\text{解 2})$$

一方、外気ホルムアルデヒド濃度を C_0 [mg/m³]、室内濃度を C [mg/m³] とすると、与えられた条件と式(解 1)により、 $C=0.1$ mg/m³ (ガイドライン値)、 $C_0=0$ mg/m³ とすると、換気量 Q は以下となります。

$$Q = \frac{M}{C - C_0} = \frac{0.02 \times 5A}{0.1 - 0} = A \quad (\text{解 3})$$

式(解 2)と式(解 3)より、次のようになります。

$$N = \frac{Q}{V} = \frac{A}{Ah} = \frac{1}{2.3} = 0.43 \text{ 回/h} \quad (\text{解 4})$$

シックハウス対策としての建築基準法では、安全を見て、換気回数を 0.5 回/h としています。延床面積 75m²、平均天井高が 2.2m の住宅を考えると、気積は 165m³ となり、換気量は 165m³ × 0.5 回/h = 82.5m³/h となります。4 人家族を想定すると一人あたりの換気量は 20m³/h 程度となります。

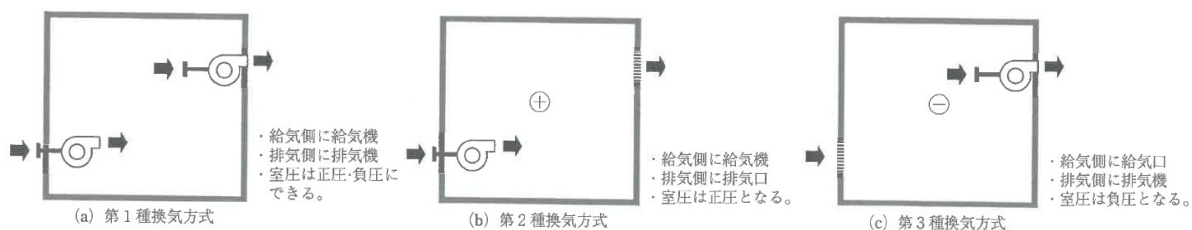
一方、厚生労働省では「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」(略称：建築物衛生法)における空気環境の調整に関する基準に適合していれば、必要換気量 (一人あたり 30m³/h) を満たすことになり、「換気が悪い空間」には当てはまらないと考えています⁴⁾。これは、在室人員密度を p [人/m²]、一人あたりの必要換気量を q [m³/(h 人)] とすると、換気回数 N [回/h] は、 $N=q \times p \times A / (A \times h) = qp/h$ となるので、事務所を $p=0.2$ 人/m²、 $h=2.7 \sim 3.0$ m と考えると、 $q=30$ m³/h の場合、 $N=2.0 \sim 2.2$ 回/h となり、換気回数が 2 回/h を超えるに基づいています。換気回数に関して、シックハウス対策としての建築基準法では 0.5 回/h、ビル管理法では 2 回/h となり、数値が大きく違うように見えますが、実際の換気量の違いは一人あたり 10m³/h 程度です。室の換気量や換気回数の差は、用途や人の密度の違いに起因する場合もあり、住宅は商業施設と比べて人の密度も低いいため、換気回数の大小のみで換気の良し悪しを判断することは困難です。

換気は感染予防対策の一つであり、一人あたりの換気量 20m³/h や 30m³/h を満たせば感染を防げるというエビデンスは今のところありません。新型コロナウイルスは感染者の有無がわからないケースが多いと思われます。住宅のような滞在人数が少ない建物に感染者がいる場合、建物全体の換気量が小さく、かつ滞在時間も長いため、感染リスクは高くなりますので注意しましょう。

■ 解説 2 機械換気方式の種類と特徴

解説図 2 に示すように、機械換気設備は三つに分類されます。一般に、住宅では第 1 種換気方式または第 3 種換気方式が用いられます。第 3 種換気方式では、室内の圧力は外部よりも低く、負圧 (陰圧) になります。

戸建住宅に 24 時間換気システムを設置した例を解説表 1 に示します。第 1 種換気方式 (セントラル) では全熱交換器 (全熱交換換気ユニット) が併用されることが多く、排気は居室ドアのアンダーカットなどを経由して廊下などから集中して行われます。第 1 種換気方式 (換気扇) は、各居室に給排気換気扇を設置する方式で、廊下などは全般換気の対象空間から除かれます。一方、第 3 種換気方式は、給気口から外気を自然給気し、各室のドアのアンダーカットやガラリを経由して、トイレや浴室などの水まわりの局所換気設備を利用して排気します。

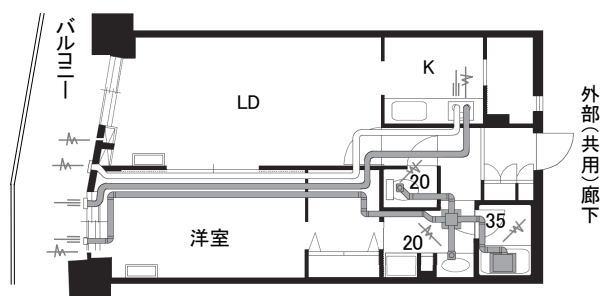


解説図2 給排気による換気方式の分類¹⁷⁾

解説表1 戸建住宅における24時間換気システムの換気方式と設置例

No.	0	1-1	1-2	2	3
機械換気設備	なし	第1種換気方式		第2種換気方式	第3種換気方式
		本体（セントラル）給排気	居室（換気扇）給排気	居室（ダクト）給気	水まわり排気
換気設備設置例	1階				
	2階				
凡例 : 局所換気設備 : 送風機 : 換気口（自然給気口または自然排気口として利用） : 吹出口 : 吸込口 : 全熱交換換気ユニット : 同時給排気形換気扇 : 排気形換気扇 注）図中の網掛け部分は全般換気における換気対象外空間を示す。また、数字は換気量[m³/h]の目安を示す。					

次に集合住宅に第3種換気方式の24時間換気システムを設置した例を解説図3に示します。解説図3の住戸では換気設備に中間ダクトファンを採用しており、洗面脱衣室（脱衣室）20m³/h、浴室35m³/h、トイレ20m³/hの計75m³/hの設計換気風量となっています。このように、第3種換気方式における水まわりの換気風量の目安は、脱衣室・浴室：60～80m³/h、トイレ：20～30m³/hとなっています。ただし、これらの水まわり空間は、各所のスイッチの操作により換気風量が増加するものもあります。



解説図3 集合住宅における第3種換気設備の設置例
(数値は換気風量[m³/h])

■ 解説3 窓の開放寸法について

窓開放（対面にあるドアや窓を開放した場合の二口開口）による自然換気の換気回数については、以下の式が提案されています¹⁸⁾。

$$ACH = \frac{0.65 \times \text{wind speed} [\text{m/s}] \times \text{smallest opening area} [\text{m}^2] \times 3600 \text{ s/h}}{\text{room volume} [\text{m}^3]} \quad (\text{解 5})$$

ここに、ACH：換気回数[回/h]、0.65：開口部（窓）の流量係数、*wind speed*：外部風速、*smallest opening area*：最小開口面積、3600：m³/s から m³/h への換算係数、*room volume*：室容積、となっています。

居室の窓を開放し、対面にある居室のドアを開放した場合を考えます。このとき、他室の異なる方位に面した窓も開いているものとします。居室の最小の開口部は、幅 1.6m×高さ 1.1m の引違いの腰窓の片側開放を想定しています。住宅の床面積を 100m²、平均天井高さを 2.2m とし、式(解 5)により算出した結果を解説表 2 に示します。

解説表 2 延床面積 100m²×天井高さ 2.3m の住宅における窓開放時の換気回数と換気量

開口部	窓の幅[m]×高さ[m]	外部風速[m/s]	換気回数[回/h]	換気量[m ³ /h]
腰窓開放 5cm＋ドア開放	1.6×1.1	1.0	0.6	129
腰窓開放 5cm＋ドア開放	1.6×1.1	3.0	1.7	386

比較的大きな住宅でも、室のドアを開放して通気抵抗を減らせば、窓を 5cm 程度の開放で、外部風速 1m/s の条件でも 0.5 回/h の換気量が確保できています。なお、外部風速 0.3～1.5m/s は「風向きは煙でなびくのはわかるが、風見には感じない程度の風」で、外部風速 1.6～3.3m/s は「顔に風を感じる、木の葉が動く、風見も動き出す風」¹⁹⁾です。

一方、冷暖房を行っている場合は、居室単位での窓開放になるかと思います。換気量は、開口面積、風向・風速、風圧係数、室内外温度差などによって変化しますが、ここでは温度差（重力）換気を考慮せず、風によって生じる換気を次式により考えます。

$$Q = 3600 \cdot (\alpha A)_{12} \cdot v_0 \cdot \sqrt{\Delta C} \quad (\text{解 6})$$

ここに、*Q*：換気量[m³/h]、*α*：流量係数、*A*：開口面積[m²]、(*αA*)₁₂：*αA*を直列合成したもの（直列合成した相当開口面積）[m²]、*v*₀：外部風速[m/s]、*ΔC*：2 開口の風圧係数の差とする。

居室に幅 1.6m×高さ 1.1m の引違いの腰窓が 2 箇所あり、それぞれ 5cm 開けている状況を考えます。*α* = 0.65、*v*₀ = 1.0 m/s、*ΔC* = 0.1 とし、式(解 6)により算出すると、*Q* = 29m³/h となり、在室人員一人あたり 30m³/h 程度を確保できることになります。

このように、比較的厳しく、温度差による換気を考慮しない条件においても、異なる方位に面した窓 2 箇所を 5cm 程度開放すれば概ね換気回数 0.5 回/h を確保できると言えます。引違い以外の窓についても窓開放の目安は幅 5cm 程度としましょう。また、居室に異なる方位に面した窓がない場合は、居室のドアを開放（全開）するようにしましょう。在室人数が 2 人のときは窓開放の幅を 10cm、3 人のときは 15cm を目安にしましょう。なお、猛暑日でルームエアコンの能力が不足する場足、高

さのある掃き出し窓（テラス窓）の場合は、半分程度の寸法となる 3cm から 9cm を窓開放幅の目安としましょう。

一方、別の方法としては、CO₂濃度計を居室に設置して濃度が 1000ppm を超えない範囲で窓を開ける方法があります。このとき、室の空気がよく混合するように扇風機などで空気をかくはんすると正確に計測できます。CO₂濃度計は研究用ですと安価でも 6 万円程度します。近年は 1～2 万円程度のものや、スマートフォン用のモジュールもありますが、性能に関しては現在検証中です。

■ 解説 4 窓の常時開放と間欠開放について

通常、窓開けによる換気量は窓の開放中一定ではありませんが、換気量の変動がないとすると、室内濃度は、換気していないときは式(解 7)、換気をしているときは式(解 8)となります。

$$C = C_{s0} + \frac{M}{V}t \quad (\text{解 7})$$

$$C = \frac{M}{Q}(1 - e^{-Nt}) + (C_s - C_o)e^{-Nt} + C_o \quad (\text{解 8})$$

ここに、 C : 時刻 t [h]における室内濃度[-]、 C_{s0} : $t=0$ の濃度[-]、 C_s : 換気開始時の濃度[-]、 C_o : 給気中の濃度[-]、 M : 汚染質発生量[m³/h]、 V : 室容積[m³]、 t : 時間[h]、 Q : 換気量[m³/h]、 N : 換気回数 ($=Q/V$) [回/h]となっています。

間欠窓開けにより換気を行った場合の窓開け時間を T [h]、窓開けにより換気した気積を V_a [m³]、とすると式(解 9)となり、変形すると式(解 10)となります。

$$V_a = QT \quad (\text{解 9})$$

$$\therefore Q = \frac{V_a}{T} \quad (\text{解 10})$$

また、式(解 8)から、 N を Q/V に置き換えると式(解 11)となります。

$$C = \frac{M}{Q}\left(1 - e^{-\frac{Q}{V}T}\right) + (C_s - C_o)e^{-\frac{Q}{V}T} + C_o \quad (\text{解 11})$$

式(解 10)を式(解 11)に代入して、

$$C = \frac{MT}{V_a}\left(1 - e^{-\frac{V_a}{V}}\right) + (C_s - C_o)e^{-\frac{V_a}{V}} + C_o \quad (\text{解 12})$$

30 分に 1 回窓を開けたときの総換気量が、換気回数 N [回/h]の常時開放と等価だとすると式(解 13)となり、これを式(解 12)に代入すると式(解 14)となります。

$$V_a = \frac{NV}{2} \quad (\text{解 13})$$

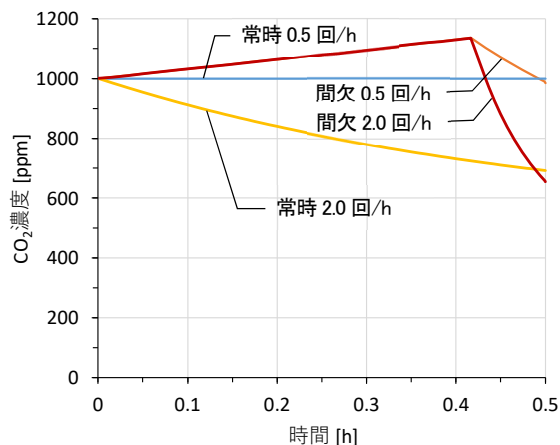
$$C = \frac{MT}{V_a}\left(1 - e^{-\frac{N}{2}}\right) + (C_s - C_o)e^{-\frac{N}{2}} + C_o \quad (\text{解 14})$$

窓の常時開放と、30 分間に 1 回（1 時間に 2 回）、 T 時間、窓を開ける間欠開放の室内濃度を比較します。常時開放と間欠開放は 30 分間の総換気量は同一とします。

測定開始時の CO₂濃度が 1000ppm で、常時開放、 $N=2$ 回/h で $C=1000$ ppm を維持するように

C_0 , M , V , Q を設定した場合の室内濃度変化を解説図4に、最高濃度と最低濃度を解説表3に示します。間欠開放の窓開け時間は $T = 5\text{min} = 5/60\text{ h}$ としています。常時開放の濃度変化は式(解8)となります。一方、間欠開放では、窓を閉めている $(0.5 - T)[\text{h}]$ は式(解7)により濃度上昇し、窓開け時の $T[\text{h}]$ は式(解14)により濃度減衰します。30分間の総換気量が同じでもほとんどの時間帯で間欠開放は常時開放に対して総じて濃度が高いことがわかります。なお、この例では CO_2 濃度 1000ppm を初期 ($t=0$) 濃度にしてありますが、 1000ppm は単なる目安であり、この値を超過することが問題なのではなく、室内濃度が評価の対象となります。また、窓開放についても測定開始 ($t=0$) から同じ動作の繰り返しになるよう、窓閉鎖 25 分経過後に 5 分間窓開放する設定としています。(測定開始 30 分内の早いタイミングで窓開放を行えば室内はより低濃度の時間帯が多くなります)

この例では、同じ量を換気する場合、間欠開放に行くよりも常時開放の方が、平均濃度、最高濃度ともに有利であると考えられます。以上は、 CO_2 濃度に関する検討ですが、ウイルス濃度についても同様のことが言えます。また、間欠換気は窓開放のタイミングや開放時間がランダムにならないよう、タイマーを設置するなどの工夫が必要です。なお、実際の住宅では隙間が存在するため、窓を閉め切った状態でも住宅の気密性に応じて、多少の換気は行われています。



解説図4 窓の常時開放と間欠開放の濃度変化

解説表3 窓の常時開放と間欠開放

		最高濃度[ppm]	最低濃度[ppm]
常時開放	0.5 回/h	1,000(= C_0)	1,000
	2.0 回/h	1,000(= C_0)	692
間欠開放	0.5 回/h	1,135	986
	2.0 回/h	1,135	655