

## 冬場における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について

令和2年11月27日

## 1 はじめに

- (1) 新型コロナウイルス感染症対策専門家会議の「新型コロナウイルス感染症対策の見解」（令和2年3月9日及び3月19日公表）によると、これまで集団感染が確認された場所で共通するのは、①換気の悪い密閉空間、②多くの人が密集していた、③近距離（互いに手を伸ばしたら届く距離）での会話や発声が行われたという3つの条件が同時に重なった場合であるとしている。
- (2) 厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部では、この見解を踏まえ、新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法について、本年3月、文献レビュー結果（厚生労働省(2020a)）及びリーフレットを公表した。さらに、本年6月には、熱中症予防に留意した「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法について、文献レビュー結果（厚生労働省(2020b)）及びリーフレットを公表したところである。
- (3) 今般、厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部では、冬期の外気温が低い環境下において、換気の悪い密閉空間の改善と適切な室温及び相対湿度の維持をどのように両立するかについて、有識者の意見を聴取しつつ、文献、国際機関の基準、国内法令基準等を考察し、その結果を以下のとおりまとめた。

## 2 室温の低下による健康影響を避けるための温度等の基準に関する文献

- (1) 世界保健機関（WHO）は、低い室内温度は、冬期の死亡率や呼吸器系疾患等の罹患率の増加に寄与すること、特に高齢者については、呼吸器系と循環器系の疾患であり、子供については呼吸器系疾患がほとんどであるとしている（WHO(2018) p.32）。欧州11カ国における低室温による冬期の超過死者数は、年38,200人（10万人あたり12.8人）であるとしている（Braubachi et al. (2011)）。WHO(2018)は、呼吸器系疾患及び循環器系疾患に関する文献のレビュー結果を踏まえ、18℃は、室温の下限値として、一般住民の健康を守るために、安全でバランスのとれたものであると推奨している（WHO(2018) p.34）。
- (2) WHO(2018)は、呼吸器系疾患の罹患率と死亡率に関する4つの報告のうち3つにおいて、低室温が呼吸器系疾患の罹患率の上昇と関連があるとしている（WHO(2018) pp.35-36）。Osman et al. (2008)は、英国の慢性肺疾患患者について、寝室の温度が少なくとも9時間、18℃を超える群の肺機能に統計上有意な改善が見られたとしている。同様に、喘息の子供を対象とした無作為抽出調査に基づくモデルにおいて、室温1℃の上昇毎に、統計上有意な肺機能の改善が見られたとしている（Pierse et al. (2013)）。中国の慢性肺疾患患者のコホート調査においては、低室温と高湿度は、肺疾患のリスクを

有意に高めるとし、室温は18.2℃以上、湿度は70%未満であるべきであるとしている (Mu et al. (2017))。

- (3) WHO (2018)は、低室温と高血圧について調べた6つの報告の全てで、循環器系疾患の罹患率及び死亡率に関連があったとしている。日本の健康な者を対象にした無作為抽出調査によると、室温24.2℃の実験室で一晩過ごした者の血圧は、室温13.9℃の者と比較して有意に血圧が低かったとし (Saeki et al.(2013))、室温24℃を目安とした高齢者の群の血圧は、温度を上げなかった群と比較して有意に低かったとしている (Saeki et al.(2015))。日本の高齢者を対象にしたコホート調査によると、1℃の室温低下と血圧の上昇には有意な関連があったとしている (Sakai et al. (2014a)、Sakai et al.(2014b))。スコットランドのコホート調査においては、室温18℃未満の高齢者の血圧は、室温18℃以上の場合と比較して有意に高かったとしている (Shiue (2016))。
- (4) そのほか、国内調査においては、室内温度が1℃低下すると、高齢者の血小板数が有意に増加し、循環器系疾患のリスクが高まるという報告 (Saeki et al. (2017))や、室内温度が18℃より高い群の夜間頻尿や過活発膀胱の頻度が18℃より低い群より有意に低かったとする報告がある (Saeki et al. (2016), Ishimaru et al. (2020))。
- (5) 建築物における衛生的環境の確保に関する法律 (ビル管理法) の空気環境の基準における居室における温度の下限值は17℃となっているが、WHO(2018)等を踏まえ、18℃に改正すべきとの指摘がある (東ら(2018))。

ビル管理法における空気環境の基準 (抜粋)

二酸化炭素の含有率	100 万分の 1000 以下 (=1000 ppm 以下)
温度	(1) 17℃以上 28℃以下 (2) 居室における温度を外気の温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
相対湿度	40%以上 70%以下

### 3 感染症対策としての相対湿度の下限值に関する文献

- (1) ビル管理法においては、相対湿度の下限值として40%を採用している。その根拠の一つとして、インフルエンザウイルスの不活性化率が最も高い相対湿度は約40%～60%にあるとの報告 (Schaffer et al. (1976)) や、感染症患者から排出される飛沫中のインフルエンザウイルスを3時間で不活性化するには、室温18℃の場合、相対湿度が50%～60%とすることが必要との報告がある (中山ら(2009))。
- (2) エアロゾル状態での新型コロナウイルスの不活性化率と相対湿度との関係については、条件によって異なる結果が報告されている。Dabisch et al. (2020)は、日光を遮

断した状況下における室温 20°Cでの新型コロナウイルスのエアロゾルの不活性化率が、相対湿度が 70%のときに有意に高くなることを示している (Fig. 4)。Smither et al. (2020)は、細胞培養培地 (TCM)を使用した新型コロナウイルスのエアロゾルと人口唾液を使用したエアロゾルについて、日光を遮断した条件下での生存率を調べたところ、TCMについては、相対湿度 40-60%の生存率は 68-88%のときより高く、人工唾液の場合は逆の結果となったと報告している。

- (3) 物体表面における新型コロナウイルスの半減期を比較した研究(Biryukov et al. (2020)) においては、物体の材質の違い (ステンレス鋼、プラスチック、ニトリル手袋) による有意な違いは認められないが、24°Cにおける半減期は相対湿度が高くなるに 応じて減少し、相対湿度 20%のときの半減期は、60%及び 80%のときの半減期と比較して有意に長かったとしている (Fig.1 C)。
- (4) さらに、低温及び低湿の環境は、呼吸気管の感染症に対する防御機構に悪影響を与えることも広く知られている (例えば、Moriyama et al. (2020))。

#### 4 感染症対策としての換気回数及び必要換気量の基準に関する文献

- (1) 厚生労働省(2020a)においては、一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>は、「換気の悪い密閉空間」を改善するための必要換気量として、一定の合理性を有するとしている。その根拠として、CDC(2003) や WHO (2009)が急性呼吸機感染症(ARI)患者の隔離施設の基準の根拠としている文献において、「結核とはしかの拡散」と「換気回数 (居室に吸気または排気される時間あたりの空気の量を当該居室の容積で除したもの。以下同じ。) が毎時 2 回未満の診察室」の間に関連が見られたという報告(Menzies et al. (2000), Bloch et al. (1985)) をあげている。国内の文献では、豊田 (2003) が中学校での結核集団感染において、教室の換気回数が毎時 1.6~1.8 回と少なかったことを指摘している。一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>の換気量は、標準的な商店売り場 (一人あたり占有面積 3.3m<sup>2</sup>で天井高さ 2.8m) と標準的なオフィス (一人あたり占有面積 5m<sup>2</sup>で天井高さ 2.8m) において(空気調和・衛生工学会(1972))、それぞれ、毎時 3.2 回と毎時 2.1 回の換気回数に相当す

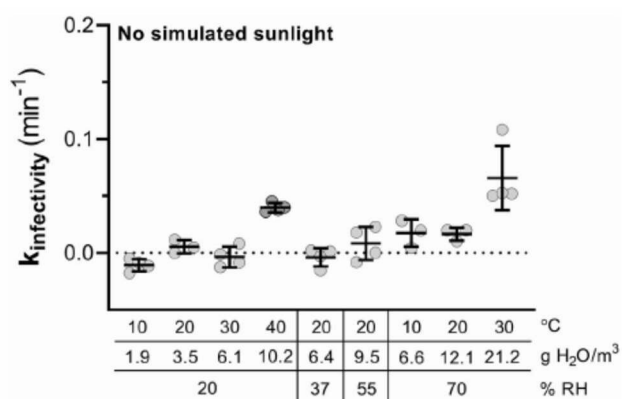
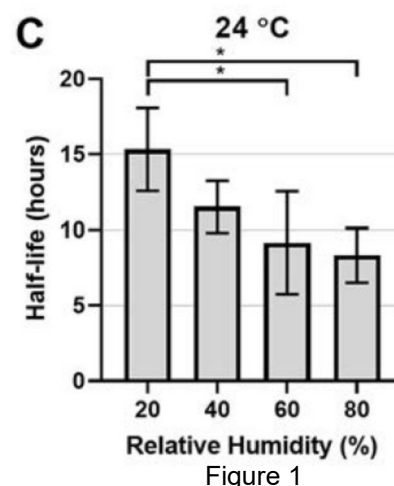


Figure 4. Decay constants for viral infectivity as a function of temperature and humidity without simulated sunlight. Both relative and absolute humidity levels are shown on the x-axis, along with temperature. Decay constants were near zero for most conditions, but increased at both 40°C/20% relative humidity and 30°C/70% relative humidity. Lines indicate arithmetic mean  $\pm$  one standard deviation.



る。

- (2) 新型コロナウイルス感染症のクラスターが発生した施設について、換気回数が報告されている文献は少ないが、広州のレストランの調査(Li et al. (2020))では、店内の換気回数は毎時 0.56-0.77 回と極端に少なかったと報告している。

#### 5 感染症対策としての二酸化炭素濃度の基準及び測定に関する文献

- (1) 人体から発生する二酸化炭素に基づき計算すると、室内の二酸化炭素濃度を 1000ppm に維持することは、1人あたりの換気量として毎時約 30m<sup>3</sup>を確保することに相当する（空気調和・衛生工学会(1972)）。ビル管理法の空気環境基準においては、換気量ではなく、二酸化炭素の濃度を 1000ppm 以下とすることを規定し、二酸化炭素濃度を定期的に測定することを求めている。
- (2) 欧州空調協会連合会 REHVA(2020b)は、窓開けによる換気を行っている学校の教室において、二酸化炭素モニターを設け、さらなる窓の開放の必要性を視覚化することを推奨している。基準値としては、800ppm でオレンジ、1000ppm で赤に光る視覚指示を推奨している。
- (3) 英国政府の緊急時科学助言グループ(SAGE)の環境モデリンググループ(EMG)は、二酸化炭素濃度の測定が、多人数が利用する空間における不十分な換気を明らかにするための効果的な方法であるとしている(SAGE-EMG (2020)p.2)。ただし、二酸化炭素濃度は、換気に加えて空気清浄機や紫外線殺菌を活用する場合は、感染リスクを過大に評価するため、適切な指標ではないとしている(SAGE-EMG (2020)p.19)。
- (4) SAGE-EMG (2020)は、二酸化炭素測定では、非分散型赤外線吸収法によるセンサー（以下「NDIR センサー」という。）が安価で使いやすい測定器であるが、測定結果は目安として使用し、適切な対照値を使用した場合を除き、正確な測定値として扱うべきでないとしている。測定器の設置場所としては、ドア、窓、換気口から離れた場所で、人から少なくとも 50cm 離れた場所とすべきとしている(SAGE-EMG (2020)p.19)。ビル管理法は、二酸化炭素の測定点として、部屋の中央部の床上 75cm 以上 150cm 以下の位置、と規定している。
- (5) SAGE-EMG (2020)は、二酸化炭素濃度の連続モニタリングについては、ほとんどの環境下において感染リスクの指標として信頼できないとしつつ、同じ集団が定期的に集まる空間（例：オフィス、学校）においては、感染リスクの指標として用いてもよいとしている(SAGE-EMG (2020)p.6)。学校における調査では、二酸化炭素連続モニタリングが、視覚的な反応をもたらし、窓の開放頻度が向上したという報告（Heeboll et al. (2018)）があるが、測定に当たっては、測定器を使用する者に対してモニタリングの意味と適切な行動をあらかじめ理解させるための慎重な指導が必要であるとしている(SAGE-EMG (2020)p.19)。
- (6) SAGE-EMG (2020)は、二酸化炭素濃度の基準値として、多人数が定期的に利用する

空間においては、1500ppm 超（一人あたり毎時 18m<sup>3</sup>未満）を換気の基準とすべきとしている。エアロゾルの発生が高まる場面（歌唱、大声、有酸素活動）においては、二酸化炭素濃度を 800ppm 未満（一人あたり毎時 36-54m<sup>3</sup>以上）とした上で、顔を覆う措置や人数制限や時間制限を行うべきとしている(SAGE-EMG (2020)p.3)。800ppm の根拠としては、感染症リスクを評価する Willes-Riley モデル (Riley et al. (1978)) による解析を用いている。具体的には、一人あたり専有面積 1.7m<sup>2</sup> の高密度空間において 30 人が、一人あたりの毎時 36m<sup>3</sup>の換気量下で、高エアロゾル発生活動（歌唱、大声、有酸素活動）を行った場合、1 時間で平均見込み新規感染症例数(average likely number of new cases)が 1 を超えることを根拠としている(SAGE-EMG (2020) pp.17-18)。また、基準として示されている値は、目安 (approximate guidance)として提案されたもので、厳格に適用されるべきではないとしている(SAGE-EMG (2020) p.19)。

## 6 感染症対策としての HEPA フィルタを備えた可搬式空気清浄機の活用に関する文献

- (1) 厚生労働省(2020b)は、空気清浄機の定量的なウイルス低減効果の評価については、さらなるデータの蓄積が必要であるが、HEPA フィルタ方式の空気清浄機に、空気中のウイルスを低減させる効果があることは明らかであるとしている。市販の空気清浄機を用いた容積 14.4m<sup>3</sup>（一般的な建築物（天井高 2.4m）の床面積 6m<sup>2</sup>に相当。）のチャンバーでのインフルエンザウイルスを使用した実験では、HEPA フィルタ付きの空気清浄機（風量 2.5～8.3m<sup>3</sup>/min）であれば、風量に応じ、ウイルス低減効果（10 分後の低減率 10<sup>-2</sup>～10<sup>-3</sup>。8.3m<sup>3</sup>/min の場合は検出限界以下。）が向上することが確認されているが、それ以外の機種のパフォーマンスは、HEPA フィルタ付きのものに遠く及ばないとしている（西村 (2011)）。模擬の隔離病室（床面積 40.2m<sup>2</sup>、天井高 2.7m）における実験では、最大風量（8.9m<sup>3</sup>/min）で運転したときには良好な空気の流れを作り出し、相当換気回数も毎時 2.5～5.6 回に達したが、風量を落とす（6.1～1.5m<sup>3</sup>/min）と空気のよどみが発生したとしている(Quin ら(2010))。
- (2) 米国熱冷凍空調学会(ASHRAE(2020))は、HEPA フィルタを備えた可搬式の空気清浄機について、通常の換気装置に追加して使用することを考慮すべきとしている(ASHRAE(2020) p.10)。欧州空調協会連合会(REHVA(2020))は、HEPA フィルタを備えた空気清浄機については、換気と同程度の粉じん除去効果があるとしつつ、空気清浄機の気流は狭い範囲（通常 10m<sup>2</sup>程度）でしか効果がないとし、空気清浄機を使用する場合は、呼吸域に近接した場所に設置することを推奨している(REHVA(2020a)p.6)。
- (3) Mousavi et al.(2020)は、模擬の病室（床面 6.3m×3.9m 高さ 3.0m）をプラスチックシートで前室と隔離室に分離し、それぞれの室に 1 台の HEPA フィルター付きの可搬式空気清浄機（風量毎時 1500m<sup>3</sup>）を設置（屋外排気）した場合のエアロゾルの除去率を調べた。この結果、空気清浄機を 2 台同時に稼働させた場合、隔離室の負圧が維持され、99%のエアロゾルを除去したとしている。空気清浄機が 1 台しかない場合は、エア

ロゾル発生器に近い場所（隔離室）に設置することが最も効果的であるとしている。

- (4) 米国環境庁（USEPA）は、新型コロナウイルス感染症対策として、室内温度や相対湿度への悪影響を与えることなく外気による追加的な換気を行うことが不可能な場合、可搬式の空気清浄機は、特に役に立つとしている(USEPA (2020))。可搬式空気清浄機の選択に当たっては、部屋の大きさに適合するとともに、HEPA フィルタを備えているもの、または、粒径 1 μm 以下の粒子のほとんどを取り除くことができることを製造者が示しているもの等のいずれかに当てはまるものを選ぶべきとしている(USEPA (2020))。

## 7 考察（室温及び相対湿度の基準等について）

- (1) 低い室内温度により、呼吸器系と循環器系の疾患の罹患率と死亡率が上昇することについて多くの報告があることを踏まえると、「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気と、室温を適切に維持することを両立することは重要である。高齢者、子供等、低室温に脆弱な者にとっては、特に重要である。
- (2) ビル管理法に定める空気環境の基準のうち、居室における温度の下限值は 17℃であるが、呼吸器系と循環器系疾患の罹患率と低室温との関連があるとの多くの報告と WHO(2018)の推奨を踏まえると、健康影響を防止するため、一般的な商業施設等においては、室内温度を 18℃以上に維持することが推奨される。
- (3) 相対湿度については、ビル管理法において、40%が下限値として採用されている。この値は、インフルエンザウイルスの不活性化率が最も高い相対湿度は約 40%～60%にあるとの報告や、低温低湿度環境が呼吸器官の感染症に対する防御機構に悪影響を与えることに基づいて設定されている。
- (4) エアロゾル状態での新型コロナウイルスの不活性化率と相対湿度との関係については、十分に知見が蓄積されていないが、40%を相対湿度の下限值とすることは現時点の知見では妥当であると判断される。エアロゾル状態での新型コロナウイルスの不活性化率と相対湿度との関係については、条件によって異なる結果が報告されているが、相対湿度 40%未満の環境における新型コロナウイルスの生存率が湿度 40%以上の環境より高いことを否定する報告は見られない。また、物体表面における新型コロナウイルスについても、相対湿度 40%未満の環境では、それ以上の湿度環境下と比較して、半減期が有意に長いことが報告されている。
- (5) 外気温が非常に低いときに窓の開放によって外気取り入れを行う場合は、一時的にでも室温が 18℃を下回ることを避けるため、また、室温が急激に変動することを避けるため、定期的に窓を全開する方法ではなく、常時、窓を少し開けて連続的に外気を取り入れつつ、暖房器具によって、常時、居室における温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40%以上に維持する方法が望ましい。また、加湿器を併用することも有効である。人がいない部屋の窓を開け、廊下を經由して、少し暖まった状態の新鮮な空気を人のい

る部屋に取り入れること（二段階換気）も、室温を維持するために有効である。

#### 8 考察（換気量、換気回数の基準について）

- (1) 厚生労働省(2020a)においては、CDC(2003)や WHO(2009)が根拠とする、換気回数が毎時2回以下となったときに、結核とはしかの拡散に有意な関連があったという報告(Menzies et al. (2000), Bloch et al. (1985))を踏まえ、一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>は、「換気の悪い密閉空間」を改善するための必要換気量として、一定の合理性を有するとしており、その判断は、現状の知見においても妥当である。新型コロナウイルス感染症のクラスターが発生した施設について、換気量や換気回数が報告されている文献は少ないが、必要換気量（一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>）と矛盾するものはない。
- (2) なお、「換気の悪い密閉空間」はリスク要因の一つに過ぎず、一人あたりの必要換気量を満たすだけで、感染を確実に予防できるわけではない。密集した環境や近距離（手を伸ばしたら届く距離）での会話等を避ける、という感染リスク低減対策が併せて実施されることを前提として、必要換気量が定められていることに留意する必要がある。
- (3) この意味で、SAGE-MEG(2020)の提案する「一人あたり毎時 36-54m<sup>3</sup>以上（二酸化炭素濃度 800ppm 未満）」は、一人あたり専有面積 1.7m<sup>2</sup>（1.3m×1.3mの正方形）という手を伸ばせば届く距離で30人が歌唱、大声や有酸素活動を行う場面を想定した換気量であり、必要換気量（一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>）が前提とする場面とは異なる。このような場面では、飛沫感染や接触感染による感染リスクが支配的であることは明らかであり、換気量増加の有益性は否定されないものの、まずは、このような状態とならないよう、密集、密接な接触を避ける方策を優先すべきである。

#### 9 考察（二酸化炭素濃度の基準、測定方法について）

- (1) 二酸化炭素濃度については、人体から発生する二酸化炭素に基づき計算すると、室内の二酸化炭素濃度を 1000ppm に維持することは、1人あたりの換気量として毎時約 30m<sup>3</sup>を確保することに相当する。このため、二酸化炭素濃度の測定は、多人数が利用する空間における不十分な換気を明らかにするための効果的な方法である。ただし、換気に加えて空気清浄機や紫外線殺菌等を併用する場合、二酸化炭素濃度測定はこれら措置の効果を評価することができないため、適切な評価方法とはならないことに留意する必要がある。
- (2) 二酸化炭素濃度の測定については、NDIR センサーが比較的安価で扱いやすい測定器として推奨されるが、測定結果は目安として使用し、測定器の製造者等によって定期的に校正が行われている場合を除き、正確な測定値として扱うべきでない。校正が行われていない場合、屋外の二酸化炭素濃度を測定し、測定値が外気の二酸化炭素濃度と大きく乖離しないことを確認することも有効である。外気の二酸化炭素濃度は、地域、季節、時間によって異なるが、気象庁の国内3地点の測定結果（2019年平均）では、412-

415ppm 程度であった (気象庁(2020))。首都圏及び名古屋の外気二酸化炭素濃度は、これら3地点と比較して 20-30ppm 程度高い (林ら(2019)) ことから、都市部での外気二酸化炭素濃度は、435-445ppm 程度であると推定される。

- (3) 二酸化炭素測定器の設置場所としては、ドア、窓、換気口から離れた場所で、人から少なくとも 50cm 離れた場所とすべきである。なお、ビル管理法で定める二酸化炭素濃度の測定として実施する場合は、部屋の中央部の床上 75cm 以上 150cm 以下の位置で測定を行う必要がある。
- (4) 二酸化炭素濃度の測定の頻度については、ビル管理法や SAGE-EMG(2020)は、二酸化炭素濃度の連続測定を求めていることに注意が必要である。機械換気設備があり、居室内の人数に大きな変動がない場合には、定常状態において二酸化炭素濃度を定期的に測定すれば足りる。二酸化炭素濃度の連続測定は、機械換気がない、または換気量が十分でないため、窓開けによる換気を行う場合に、感染リスクの指標として用いることが推奨されている(SAGE-EMG (2020))。二酸化炭素濃度の連続測定を実施する場合、測定担当者に連続測定の値に基づいてとるべき適切な行動をあらかじめ慎重に指導する必要がある。

#### 10 考察 (空気清浄機の補助的な使用について)

- (1) 換気機能を持つ冷暖房設備又は機械換気設備を設けている建築物の場合、外気取り入れ量を適切に調整すれば、一人あたり毎時 30m<sup>3</sup> の必要換気量を維持しつつ室温 18°Cを維持することが可能である。しかし、冷暖房設備に換気機能がない場合、機械換気設備が設置されていない場合又は設置されていても換気量が不十分な場合には、必要換気量を確保するためには窓を開ける必要がある。外気温が低い場合に、必要換気量を確保するために窓の開放による換気を行うと、暖房器具の能力を最大に設定しても、温度及び相対湿度の基準を維持できなくなることが想定される。
- (2) 室温 18 度以上及び相対湿度 40%以上を維持した上で、「換気の悪い密閉空間」を改善するためには、窓の開放による換気に加え、市販の空気清浄機を補助的に使用することが有効である。米国 EPA や米国、欧州の空調関係の学会は、外気取り入れを推奨しつつ、HEPA フィルタ付きの空気清浄機を換気の補助として使用することを推奨している(USEPA (2020), ASHRAE(2020), REHVA(2020))。
- (3) 厚生労働省(2020b)は、空気清浄機の定量的なウイルス低減効果の評価については、さらなるデータの蓄積が必要であるが、HEPA フィルタ方式の空気清浄機に、空気中のウイルスを低減させる効果があることは明らかであるとしている。その根拠として、インフルエンザウイルスを使用した実験や、模擬隔離病室における実験結果を挙げている (西村 (2011) 、Quin et al.(2010)、Mousavi et al.(2020))。
- (4) HEPA フィルタによるろ過式以外の捕集方式では、その捕集性能にばらつきが大きく、性能を一律に評価することが困難である。なお、捕集効率が HEPA フィルタより



も低くても、風量を上げることで、相当換気量（捕集効率×風量）を増やすことが理論上可能ではあるが、現時点では、どの程度の捕集効率であれば感染リスクを低減させることができるかという定量的な議論を行うことは困難である。

- (5) 以上を踏まえると、居室の温度及び相対湿度の基準を維持できる範囲内で窓からの外気の取り入れを行いつつ、空気清浄機を使用する場合には、①HEPA フィルタ付きであり、かつ、風量が 5m<sup>3</sup>/min 程度以上である空気清浄機を使用すること、②人の居場所から 10m<sup>2</sup>程度の範囲内に空気清浄機を設置すること、③空気のよどみを発生させないように、外気取り入れの風向きと空気清浄機の風向きを一致させることに留意すべきである。なお、これら空気清浄機の使用条件については、今後、メーカーの協力を得て、ウイルス量低減効果の実証試験などによって検証していくことが望まれる。

## 11 まとめ

厚生労働省新型コロナウイルス感染症対策推進本部では、外気温が低い環境下において、新型コロナウイルス感染症のリスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気と、室温の低下による健康影響の防止をどのように両立するかについて、有識者の意見を聴取しつつ、文献、国際機関の基準、国内法令基準等を考察し、推奨される方法をまとめた。

なお、「換気の悪い密閉空間」はリスク要因の一つに過ぎず、一人あたりの必要換気量を満たすだけで、感染を確実に予防できるわけではなく、人が密集した空間や密接な接触を避ける措置を併せて実施する必要がある。

- (1) 換気機能を持つ冷暖房設備<sup>\*1</sup>や機械換気設備が設置された商業施設等は、機械換気設備等の外気取り入れ量等を調整することで、必要換気量（一人あたり毎時 30m<sup>3</sup>）<sup>\*2</sup>を確保しつつ、居室の温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40%以上に維持する。
- (2) 換気機能を持つ冷暖房設備や機械換気設備が設置されていない商業施設等、または、機械換気設備等が設けられていても換気量が十分でない商業施設等は、暖房器具を使用しながら窓を開けて<sup>\*3</sup>、居室の室温 18℃以上かつ相対湿度 40%以上<sup>\*4</sup>を維持しつつ、適切に換気を行う必要がある<sup>\*2</sup>。室温及び相対湿度を維持するため、以下に留意する。

ア 居室の温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40%以上に維持できる範囲内で、暖房器具を使用しながら<sup>\*3</sup>、一方向の窓を常時開けて、連続的に換気を行うこと<sup>\*5</sup><sup>\*6</sup>。また、加湿器を併用することも有効である。

イ 居室の温度及び相対湿度を 18℃以上かつ 40%以上に維持しようとする、窓を十分に開けられない場合は、窓からの換気と併せて、可搬式の空気清浄機を併用<sup>\*7</sup>することは換気不足を補うために有効であること。併用に当たっては、以下の点に留意すること。

- ① 空気清浄機は、HEPA フィルタによるろ過式で、かつ、風量が 5m<sup>3</sup>/min 程度

以上のものを使用すること。

- ② 人の居場所から 10m<sup>2</sup>(6畳)程度の範囲内に空気清浄機を設置すること。
  - ③ 空気のだよみを発生させないように、外気を取り入れる風向きと空気清浄機の風向きを一致させること<sup>※8</sup>。
- (3) 換気が必要換気量を満たしているかを確認する方法として、室内の二酸化炭素濃度を測定し<sup>※9※10</sup>、その値が 1000ppm<sup>※11</sup>を超えないことを監視する<sup>※12</sup> ことも有効である。ただし、窓開け換気に加えて空気清浄機を併用する場合、二酸化炭素濃度測定は空気清浄機の効果を評価することができず、適切な評価方法とはならない<sup>※13</sup>。

※1 冷暖房設備本体に屋内空気の取り入れ口がある（換気用ダクトにつながっていない）ものは、室内の空気を循環させるだけで、外気を取り入れ機能はないことに注意すること。

※2 一人あたり毎時 30m<sup>3</sup> は、「換気の悪い密閉空間」を改善するための必要換気量として、一定の合理性を有するとされていること。換気の方法の詳細は、リーフレット「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気の方法」参照。

URL: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000618969.pdf>

※3 暖房器具の近くの窓を開けると、入ってくる冷気が暖められるので、室温の低下を防ぐことができること。なお、暖房器具の種類や設置位置の決定に当たっては、カーテン等の燃えやすい物から距離をあけるなど、火災の予防に留意すること。

※4 18℃は、室内温度の下限値として、世界保健機関（WHO）等により、一般住民の健康を維持するためにバランスのとれたものと推奨されていること。また、40%を相対湿度の下限値とすることは、新型コロナウイルス感染症の拡大防止のため、現時点の知見では妥当であると判断されていること。

※5 定期的に窓を全開にするよりも、一方向の窓を少しだけ開けて常時換気を確保する方が、室温変化を抑えられること。この場合でも、暖房によって室内・室外の温度差が維持できれば、十分な換気量を得られること。窓を開ける幅は、居室の温度と相対湿度をこまめに測定しながら調節すること。また、窓を開けるときは、防犯等にも配慮すること。

※6 人がいない部屋の窓を開け、廊下を経由して、少し暖まった状態の新鮮な空気を人のいる部屋に取り入れること（二段階換気）も、室温を維持するために有効であること。

※7 空気清浄機は、換気を補完する目的で使用するものであり、窓を閉めて空気清浄機だけを使用しても十分な効果は得られないことに留意すること。

※8 間仕切り等を設置する場合は、空気の流れを妨げない方向や高さとするか、間仕切り等の間に空気清浄機を設置するなど、空気がよどまないようにすること。

※9 二酸化炭素濃度の測定については、NDIR センサーが扱いやすい測定器である

が、測定器の製造者等によって定期的に校正されたものを使用することが望ましく、校正されていない場合、測定値は目安として扱うこと。校正されていない測定器については、あらかじめ、屋外の二酸化炭素濃度を測定し、測定値が外気の二酸化炭素濃度（地域、季節、時間によって異なるが、415ppm～450ppm程度。）と大きく乖離しないことを確認すること。

※10 測定器の設置場所としては、ドア、窓、換気口から離れた場所で、人から少なくとも50cm離れた場所とすべきであること。なお、ビル管理法で定める二酸化炭素濃度の測定として行う場合は、部屋の中央部の床上75cm以上150cm以下の位置で行うこと。

※11 人体から発生する二酸化炭素に基づき計算すると、室内の二酸化炭素濃度を1000ppmに維持することは、1人あたりの換気量として毎時約30m<sup>3</sup>を確保することに相当すること。

※12 二酸化炭素の測定頻度は、機械換気があり、居室内の人数に大きな変動がない場合、定常状態での二酸化炭素濃度を定期的に測定すれば足りること。二酸化炭素濃度の連続測定は、機械換気がない商業施設等や機械換気設備による換気量が十分でない施設等において、窓開けによる換気を行う場合に行うことが有効であること。連続測定を実施する場合は、測定担当者に測定値の意味と、測定値に応じてとるべき行動（窓開け等）をあらかじめ慎重に指導しておく必要があること。

※13 HEPA フィルタによるろ過式の空気清浄機は、エアロゾル状態のウイルスを含む粒径0.3μmの粒子の99.97%を捕集することができるが、二酸化炭素濃度を下げることはできない。このため、二酸化炭素濃度の測定は、空気清浄機による感染拡大防止効果を評価することはできないこと。

#### 参考文献

ASHRAE (2020) ASHRAE Position Document on Infectious Aerosols. Approved by ASHRAE Board of Directors, April 14, 2020

Biryukov J, Boydston JA, Dunning RA, Yeager JJ, Wood S, Reese AL, et al. (2020) Increasing temperature and relative humidity accelerates inactivation of SARS-CoV-2 on surfaces. mSphere 5:e00441-20. DOI: 10.1128/mSphere.00441-20.

Bloch AB et al.(1985) Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting. Pediatrics, 75(4):676–683.

Braubach M, Jacobs DE, Ormandy D. (2011) Environmental burden of disease associated with inadequate housing. Geneva: World Health Organization

CDC (2003). Guidelines for environmental infection control in health-care facilities.

- Morbidity and Mortality Weekly Report, 52 (RR-10).
- Dabisch P, Schuit M, Herzog A, Beck K, et al. (2020): The influence of temperature, humidity, and simulated sunlight on the infectivity of SARS-CoV-2 in aerosols, *Aerosol Science and Technology*, DOI:10.1080/02786826.2020.1829536
- Heeboll, A., Wargocki, P. and Toftum, J. (2018) ‘Window and door opening behavior, carbondioxide concentration, temperature, and energy use during the heating season in classrooms with different ventilation retrofits.ASHRAE RP1624’, *Science and Technology for the Built Environment*, 24(6), pp. 626.637. doi: 10.1080/23744731.2018.1432938.
- Ishimaru T, Ando S, Umishio W, Kubo T, Murakami S, Fujino Y, and Ikaga T. (2020) Impact of Cold Indoor Temperatures on Overactive Bladder: A Nationwide Epidemiological Study in Japan. *UROLOGY* 145: 60–65.
- Li Y et al. Evidence for probable aerosol transmission of SARS CoV 2 in a poorly ventilated restaurant. medRxiv preprint 2020.04.16.20067728; doi: 10.1101/2020.04.16.20067728
- Menzies D et al. (2000) Hospital ventilation and risk for tuberculous infection in Canadian health care workers. *Annals of Internal Medicine*, 133(10):779–789.
- Moriyama M, Hugentobler WJ, Iwasaki A. (2020) *Annu. Rev. Virol.* 7:83–101
- Mousavi ES, Godri Pollitt KJ, Sherman J, Martinello RA.(2020) Performance analysis of portable HEPA filters and temporary plastic anterooms on the spread of surrogate coronavirus. *Build Environ.*183:107186. doi:10.1016/j.buildenv.2020.107186
- Mu Z, Chen P-L, Geng F-H, Ren L, Gu W-C, Ma J-Y, et al.(2017) Synergistic effects of temperature and humidity on the symptoms of COPD patients. *International Journal of Biometeorology.* 61(11):1919–25.
- Osman LM, Ayres JG, Garden C, Reglitz K, Lyon J, Douglas JG. (2008) Home warmth and health status of COPD patients. *European Journal of Public Health.* 18(4):399–405.
- Pierse N, Arnold R, Keall M, Howden-Chapman P, Crane J, Cunningham M, et al. (2013) Modelling the effects of low indoor temperatures on the lung function of children with asthma. *Journal of Epidemiology & Community Health.* 67(11):918–25.
- Quin H, Li Y, Sun H, Nielsen PV, Huang X, Zheng X (2010) Particle removal efficiency of the portable HEPA air cleaner in a simulated hospital ward. *Build. Simul.* Vol. 3, No.3 pp.215-224
- REHVA (2020a) REHVA COVID-19 guidance document, April 3, 2020. Federation of European Heating, Ventilation and Air Conditioning Associations.
- REHVA (2020b) Guidance for Schools.

[https://www.rehva.eu/fileadmin/user\\_upload/REHVA\\_COVID-19\\_Guidance\\_School\\_Buildings.pdf](https://www.rehva.eu/fileadmin/user_upload/REHVA_COVID-19_Guidance_School_Buildings.pdf)

- Riley EC, Murphy G, Riley RL.(1978) Airborne spread of measles in a suburban elementary school. *Am.J. Epidemiol.* 107 : 421-432.
- SAGE-EMG (2020) Role of Ventilation in Controlling SARS-CoV-2 Transmission. [https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/928720/S0789\\_EMG\\_Role\\_of\\_Ventilation\\_in\\_Controlling\\_SARS-CoV-2\\_Transmission.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/928720/S0789_EMG_Role_of_Ventilation_in_Controlling_SARS-CoV-2_Transmission.pdf)
- Saeki K, Obayashi K, Iwamoto J, Tanaka Y, Tanaka N, Takata S, et al. (2013) Influence of room heating on ambulatory blood pressure in winter: a randomised controlled study. *Journal of Epidemiology & Community Health.*67:484–490.
- Saeki K, Obayashi K, Iwamoto J, Tone N, Okamoto N, Tomioka K, et al. (2014a) Stronger association of indoor temperature than outdoor temperature with blood pressure in colder months. *Journal of Hypertension.* 32(8):1582–9.
- Saeki K, Obayashi K, Iwamoto J, Tone N, Okamoto N, Tomioka K, et al. (2014b) The relationship between indoor, outdoor and ambient temperatures and morning BP surges from inter-seasonally repeated measurements. *Journal of Human Hypertension.* 28(8):482–8.
- Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N. (2015) Short-term effects of instruction in home heating on indoor temperature and blood pressure in elderly people: a randomized controlled trial. *Journal of Hypertension.* 33:2338–43.
- Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N. (2016) Indoor cold exposure and nocturia: a cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *BJU Int* 117:829-35.
- Saeki K, Obayashi K, Kurumatani N. (2017) Platelet count and indoor cold exposure among elderly people: A cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *Journal of Epidemiology* 27:562-7.
- Shiue I. (2016) Cold homes are associated with poor biomarkers and less blood pressure check-up: English Longitudinal Study of Ageing, 2012–2013. *Environmental Science & Pollution Research International.* 23(7):7055–9.
- Schaffer, F.L., Soergel, M.E. & Straube, D.C. (1976) Survival of airborne influenza virus: Effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids. *Archives of Virology* 51: 263-273.
- Smither SJ, Eastaugh LS, Findlay JS, Lever MS. (2020) Experimental aerosol survival of SARS-CoV-2 in artificial saliva and tissue culture media at medium and high humidity, *Emerging Microbes & Infections*, 9:1, 1415-1417
- USEPA (2020) Air Cleaners, HVAC Filters, and Coronavirus (COVID-19).

<https://www.epa.gov/coronavirus/air-cleaners-hvac-filters-and-coronavirus-covid-19>

WHO (2009) Natural ventilation for infection control in health-care settings. WHO Press Geneva

WHO (2108) WHO Housing and health guidelines. World Health Organization Geneva.

東賢一、林基哉、樺田尚樹(2018) 「建築物環境衛生管理基準の検証に関する基準」 分担研究報告書 1. 基準案の検証.

<https://mhlw-grants.niph.go.jp/niph/search/NIDD00.do?resrchNum=201826010A>

気象庁 (2020) 日本付近の二酸化炭素濃度の増加が続いています。令和2年3月24日

URL: <http://www.jma.go.jp/jma/press/2003/24c/2020co2.pdf>

厚生労働省(2020a) 商業施設等における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について 2020年3月30日

URL: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000616069.pdf>

厚生労働省 (2020b) 熱中症予防に留意した「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について 2020年6月17日

URL: <https://www.mhlw.go.jp/content/10900000/000640920.pdf>

空気調和・衛生工学会(1972) 空気調査・衛生高学会規格 HASS 102 空気調和・衛生工学 第46巻第12号 pp.3-19

豊田 誠(2003) 中学校結核集団感染の環境要因に関する検討 結核 第78巻第12号 pp.11-16

中山幹男、斉藤恵子 (2009) インフルエンザウイルスの感染価に及ぼす相対湿度の影響 BMSA 会誌 20(3):77-80

西村秀一 (2011) 高性能の空中浮遊インフルエンザウイルス不活化を謳う市販各種電気製品の性能評価 感染症学雑誌 第85巻第5号 pp.537-539

林基哉、金勲、開原典子、小林健一、鍵直樹、柳宇、東賢一 (2019) 特定建築物における空気環境不適率に関する分析 日本建築学会環境系論文集 84(765): 1011-1018

(注) 本文書の取りまとめにあたり、ご意見を伺った有識者は以下のとおり (50音順)。

近畿大学医学部 環境医学・行動科学教室 准教授 東賢一

国立保健医療科学院 生活環境研究部 主任研究官 開原典子

東京工業大学 環境・社会理工学院 准教授 鍵直樹

金沢大学理工研究域フロンティア工学系 教授 瀬戸章文

北海道大学工学研究院 環境空間デザイン学研究室 教授 林基哉

工学院大学 建築学部 建築学科 教授 柳宇