

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

令和2年3月30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) この見解を踏まえ、リスク要因の一つである「換気の悪い密閉空間」を改善するための方法について、新型コロナウイルス厚生労働省対策本部では、多数の人が利用する商業施設等において、「換気の悪い空間」に該当しないようにするためには、どのような換気等の措置を行えば良いのかについて、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 建築物内の換気による感染症予防の効果に関する文献

- (1) 米国保健工学会（ASHE(2013)）は、建築物内の換気による感染症予防の効果に関する文献をレビューしている（ASHE(2013)p.2）。その中で、Liらは、はしか、結核（M.tb）、水疱瘡、インフルエンザ、天然痘やSARSといった感染症の伝染や拡散と換気との間に関連があること示す、強力で十分なエビデンスがあるとしている一方で、病院、学校、事務所、住宅及び隔離施設における、求められる最小の換気量に関する定量的な研究は十分でないとしている（Li et. al (2007)）。
- (2) 国際保健機関（WHO (2009)）は、換気基準の根拠として、「結核とはしかの拡散」と「換気回数（部屋の空気がすべて外気と入れ替わる回数。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している（Menzies et al. (2000), Bloch et al.(1985)）。
- (3) 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。また、渡瀬(2010)は、結核の感染リスクと気積の関係を調べ、接触時間が1時間の場合、気積が20m³を下回ると感染のリスクが高まることを示した。国外の文献と矛盾はないが、換気回数に関する定量的な研究は十分でない。

3 CDC、WHOの隔離施設等の換気等の基準

- (1) 米国疾病予防管理センター（CDC(2003)）は、感染症の患者を隔離する医療施設（負圧施設）の換気の基準として、以下を示している。
 - ア 換気回数が毎時12回（新規の建物）、毎時6回（既存の建物）を上回ること

イ 排気を屋外に出すか、高性能粒子フィルター（HEPA フィルター）を使って循環させること

(2) WHO (2009)は、飛沫や飛沫核による感染症を扱う保健施設における自然換気の基準を示している (WHO (2009)p.21)。

ア 新築の隔離施設における換気風量が、1患者あたり 160 リットル毎秒 (576m³毎時) (最小で、1患者あたり 80 リットル毎秒 (288m³毎時))

イ 一般及び外来診療病棟の換気風量が、1患者あたり 60 リットル毎秒 (216m³毎時)

ウ 通路などの換気風量が、気積 1 m³あたり 2.5 リットル毎秒 (9 m³毎時)

(3) WHO (2009)は、この数字の根拠として、CDC の基準である毎時 12 回の換気回数が、4×2×3m³の部屋において1患者あたり 80 リットル毎秒 (288m³毎時) と同等であるため、自然換気のための安全率としてそれを 2 倍して1患者あたり 160 リットル毎秒 (576m³毎時) としたとしている (WHO (2009)p.23)。

4 ビル管理法の基準

(1) 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）では換気回数ではなく、室内の一酸化炭素濃度(10ppm)や、二酸化炭素濃度(1000ppm)の基準を設定することで、居室の適切な換気量を確保することを求めている。

(2) この基準を実現するため、空気調和・衛生工学規格では、人体から発生する二酸化炭素に基づき、1人あたりの必要換気量を約 30m³毎時とし、居室の在室密度に応じ、必要換気量を示している（表 1）（空気調和・衛生工学会(1972)）。

(3) ビル管理法では、相対湿度についても基準（40%～70%）がある。冬季の低湿度状態は、気道粘膜を乾燥させ気道の細菌感染予防作用を弱めるとともに、インフルエンザウイルスの生存時間が延長し、インフルエンザに罹患しやすい状況になることから、湿度下限値を 40%としたものである（厚生労働省(2001)）。

(4) 換気量は外気導入用のファンの能力に依存する。外気導入用のファンの能力に余裕があれば、外気導入量のある程度増加できる可能性がある。しかし、大幅に増加させるためには、設備の改修が必要となるため、短期間で実施することは困難である。

表 1 居室の必要換気量参考値

番号	室名	標準在室密度 m ² /人	必要換気量 m ³ /m ² ・h
1	事務所 (個室)	5.0	6.0
2	事務所 (一般)	4.2	7.2
3	銀行営業室	5.0	6.0
4	商店売場	3.3	9.1
5	デパート (一般売場)	1.5	20.0
6	デパート (食品売場)	1.0	30.0
7	デパート (特売場)	0.5	60.0
8	レストラン・喫茶(普通)	1.0	30.0
9	レストラン・喫茶(高級)	1.7	17.7
10	宴会場	0.8	37.5
11	ホテル客室	10.0	3.0
12	劇場・映画館 (普通)	0.6	50.0
13	劇場・映画館 (高級)	0.8	37.5
14	休憩室	2.0	15.0
15	喫茶室	3.3	9.0
16	小会議室	1.0	30.0
17	バス	1.7	17.7
18	美容室・理髪室	5.0	6.0
19	住宅アパート	3.3	9.0
20	食堂 (営業用)	1.0	30.0
21	食堂 (非営業用)	2.0	15.0

備考 必要換気量は、室内炭酸ガス許容濃度 0.1% となるよう、1人あたりの換気量を 30 m³/h とし算出した。

ビル管理法における空気調和設備を設けている場合の空気環境の基準

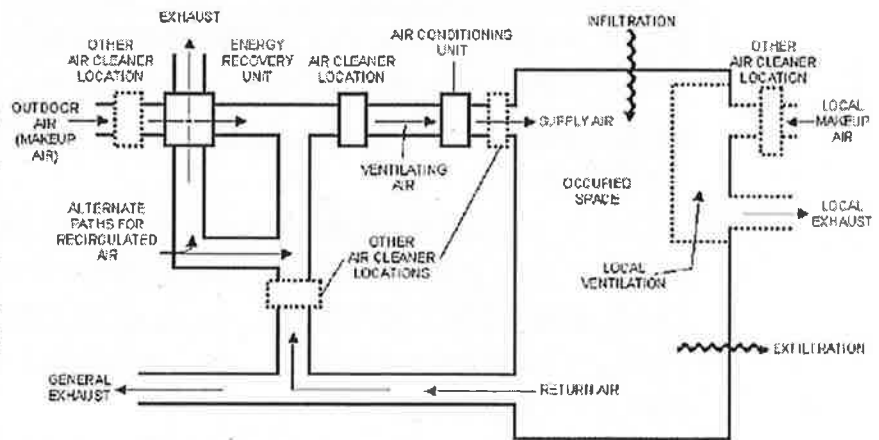
ア 浮遊粉じんの量	0.15 mg/m ³ 以下
イ 一酸化炭素の含有率	100 万分の 10 以下 (=10 ppm 以下) ※特例として外気がすでに 10ppm 以上ある場合には 20ppm 以下
ウ 二酸化炭素の含有率	100 万分の 1000 以下 (=1000 ppm 以下)
エ 温度	(1) 17℃以上 28℃以下 (2) 居室における温度を外気温度より低くする場合は、その差を著しくしないこと。
オ 相対湿度	40%以上 70%以下
カ 気流	0.5 m/秒以下
キ ホルムアルデヒドの量	0.1 mg/m ³ 以下 (=0.08 ppm 以下)

※機械換気設備を設けている場合は、上記の表のアからウまで、カ及びキを遵守する必要がある。

5 HEPA フィルターによる室内空気の循環について

(1) CDC(2003)は、排気を屋外に出せない場合は、高性能粒子フィルター (HEPA フィルター) で空気を浄化した上で、空気の室内循環を認めている(CDC(2003))。ただし、ここで想定されている HEPA フィルターは、十分な換気能力を持つ固定式の機械換気装置の配管に直結されたものである ((CDC(2003) p.28 図参照)。

(2) 移動式の HEPA フィルターユニットについて、CDC(2003)は、①全体換気がない部屋における一時的な換気、②換気装置が適切な風量を提供できない場合の補強、③空気の流れの効率性の向上を図る場合には、使用できるとして



る。ただし、その有効性は、部屋の構造、家具等の配置、ユニットの設置位置、吸排気口の位置等に依存するとしている (CDC(2003) p.30)。Qian ら(2010)は、模擬の隔離病室に毎時 535m³の風量をもつ1台の移動式 HAPA フィルターユニットを設置し、その効果を検証した。それによると、フルパワーで運転したときには良好な空気の流れを作り出し、換気回数も毎時 2.5~5.6 回に達したが、風量を落とすと、空気がよどむ箇所が発生したとしている。さらに、騒音がユニット付近で 81.3dB と非常に大きかったとしている (Qian ら(2010))。

6 考察

- (1) 専門家会議の見解における「換気の悪い密閉空間」とは、一般的な建築物の空気環境の基準を満たしていないことを指すものと考えられる。その意味では、ビル管理法の基準に適合させるために必要とされる換気量（一人あたり必要換気量約 30m³ 毎時）を満たせば、「換気の悪い密閉空間」には当てはまらないと考えられる。なお、一人あたりの必要換気量を確保することで、「手の届く距離に多くの人がいる」、「近距離での会話や発声がある」という条件の改善にも寄与することにも留意する必要がある。
- (2) 一方で、CDC や WHO による急性呼吸機感染症(ARI)患者の隔離施設の基準の根拠とされる文献においては、換気回数 2 回毎時未満の施設とそれ以上の換気能力を有する施設を比較した研究(Menzies et al (2000))であることから、隔離施設の基準（換気回数が毎時 12 回（新規建物）、毎時 6 回（既存建物）は、それぞれ、6 倍、3 倍の安全率を有している。したがって、一般商業施設等に適用する場合の安全率としては、厳しすぎるといえる。
- (3) 仮に、換気回数を毎時 2 回とした場合、一人あたり換気量は 48m³ 毎時（12ACH の 288m³/毎時の 1/6）であり、ビル管理法の基準（一人あたり必要換気量約 30m³ 毎時）の約 1.5 倍となり、それほど大きな違いはない。CDC の既存建築物の基準である毎時 6 回の換気回数とした場合、一人あたり換気量は 144m³ 毎時（12ACH の 288m³/毎時の 1/2）となり、ビル管理法を踏まえた換気量の約 5 倍となる。
- (4) 約 5 倍の換気量を確保するためには、外気導入用のファンの能力の限界から、空調設備の改修が必要となる場合がほとんどであり、実施は困難である。仮に、この量の外気取り入れが可能な場合であっても、空調設備の容量の関係で、温度や相対湿度の基準を守ることが難しくなる。相対湿度が低下すれば、飛沫中のインフルエンザウイルスを不活性化する時間が長くなるなど、感染症予防としては逆効果となるというトレードオフの関係にある。
- (5) 以上から、一人あたり必要換気量約 30m³ 毎時という基準は、感染症を防止するための換気量として、実現可能な範囲で、一定の合理性を有する。ただし、この換気量を満たせば、感染を完全に予防できるということまでは文献等で明らかになっているわけではないことに留意する必要がある。また、今後の知見の蓄積により、よりよい基準に見直していく必要がある。
- (6) HEPA フィルターを用いた室内空気の循環については、通気抵抗が大きいため、一般の建築物の空調設備で行うことは難しい。このため、外気を取り入れによる換気が現実的である。なお、市販されている移動式の HEPA フィルターが装着されている空気清浄機は、機械換気装置を補完する機能がある可能性がある。しかし、Quin ら(2010)が使用したような大風量（毎時 533m³）であれば部屋全体の空気の流れを作ることは可能であるが、そのような大風量の機器を導入することは容易ではなく、また、騒音の面でも、商業施設での運用は難しい。さらに、市販されている空気清浄機については、

一般的に風量が小さく、装着されているフィルターの性能もまちまちであり、部屋全体をカバーする空気の流れを適切に作れるかどうか不明である。このため、感染症予防の効果があるかどうかを評価することは困難であり、現時点では、移動式の空気清浄機の使用を一律に推奨することは難しい。今後、メーカーの協力を得て、感染症対策としての換気効果の実証試験などを実施することが望まれる。

7 まとめ

専門家会議の見解では、集団感染が確認された場所で共通する3条件が示されている。新型コロナウイルス厚生労働省対策本部では、この見解を踏まえ、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、多数の人が利用する商業施設等においてどのような換気を行えば良いのかについて、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、推奨される換気方法をまとめた。

- (1) ビル管理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（一人あたり毎時 30m³）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られる。このため、以下のいずれかの措置を講ずることを商業施設等の事業者に推奨すべきである。

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ということまで文献等で明らかになっているわけではないことに留意する必要がある。

ア 機械換気（空気調和設備、機械換気設備）による方法

- ① ビル管理法における特定建築物（※）に該当する商業施設等については、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準が満たされていることを確認し、満たされていない場合、換気設備の清掃、整備等の維持管理を適切に行うこと。
- ② 特定建築物に該当しない商業施設等においても、ビル管理法の考え方に基づく必要換気量（一人あたり毎時 30m³）が確保できていることを確認すること。必要換気量が足りない場合は、一部屋あたりの在室人数を減らすことで、一人あたりの必要換気量を確保することも可能であること。

イ 窓の開放による方法

- ① 換気回数を毎時2回以上（30分に一回以上、数分間程度、窓を全開する。）とすること。
- ② 空気の流れを作るため、複数の窓がある場合、二方向の壁の窓を開放すること。窓が一つしかない場合は、ドアを開けること。

※ 特定建築物とは、興行場、百貨店、集会場、遊技場、店舗等の用途に供される延べ床面積が3,000m²以上の建築物等であって、多数の者が使用・利用するものをいう。

- (2) (1)の実施に当たっては、次に掲げる事項に留意すること。

- ア 特定建築物に該当する商業施設等の管理権原者は、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準に従って当該建築物の維持管理をしなければならないこと。基準を満たしていない場合は、建築物環境衛生管理技術者の意見を尊重して是正措置を講じ、当該建築物が基準を満たすように維持管理しなければならないこと。
- イ 特定建築物に該当しない商業施設等の管理権原者についても、ビル管理法に基づく空気環境の調整に関する基準に従って当該建築物の維持管理するように努めなければならないとされていること。これを踏まえ、機械換気による場合、換気設備を設計した者や換気の専門業者に依頼し、換気量がどの程度あるかを確認し、一人あたりの必要換気量が確保できるよう、部屋の内部の利用者数の上限を把握するよう努めなければならないこと。

参考文献

- ASHE (2013) Literature Review: Room Ventilation and Airborne Disease Transmission. Edit. Memarzadeh F. Chicago.
- Bloch AB et al.(1985) Measles outbreak in a pediatric practice: airborne transmission in an office setting. Pediatrics, 75(4):676-683.
- CDC (2003). Guidelines for environmental infection control in health-care facilities. Morbidity and Mortality Weekly Report, 52 (RR-10).
- Li, Y., et al. (2007) "Role of Ventilation in Airborne Transmission of Infectious Agents in the Built Environment: A Multidisciplinary Systematic Review." Indoor Air 17 (1): 2-18.
- 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.
- 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
- WHO (2009) Natural ventilation for infection control in health-care settings. WHO Press Geneva
- WHO (2014) Infection prevention and control of epidemic- and pandemic-prone acute respiratory infections in health care. World Health Organization, Geneva.
- 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
- 厚生労働省(2001) 健康局生活衛生課・建築物衛生管理検討会
- 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-

渡瀬 博俊 (2010) 学習塾の結核集団感染に関連して、換気が感染リスクに与える影響 結核 第85号第7号 pp.591-593

(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。

国立保健医療科学院 建築施設管理研究分野 統括研究官 林 基哉

金沢大学理工研究域フロンティア工学系教授 瀬戸 章文

官城大学大学院看護学研究科講師 松永 早苗

清水建設株式会社 執行役員 (建築総本部設計本部副本部長) 中村 和人

執行役員 (営業総本部営業担当) 山田 安秀 (元内閣審議官 新型インフルエンザ等対策室長)

