

## 新型コロナウイルスにどう対応するか -ウイルス感染予防のための換気-

**Keywords:** 新型コロナウイルス感染症、飛沫感染、  
空気感染、建築物衛生法、感染クラスター

文・林 基哉 北海道大学大学院 工学研究院  
建築都市部門 空間デザイン分野  
環境空間デザイン学研究室 教授  
フォーラム正会員C

### 1. はじめに

21世紀に入り国際的な公衆衛生上の緊急事態(PHEIC)が既に5回起きていた中、2019年11月22日に中国武漢市で「原因不明のウイルス性肺炎」が確認された。世界保健機関(WHO)は6回目のPHEICを2020年1月30日に宣言し、3月11日にはパンデミック相当との認識を示した。日本では、2020年1月から感染者が確認されはじめ、2月3日に横浜港に寄港したクルーズ船で多数の感染者が確認された。その後も、屋形船、スポーツジム、病院など、様々な場所で感染クラスターが発生した。2月25日に厚生労働省に「クラスター対策班」が設置され、3月1日に厚生労働省は新型コロナウイルスの感染拡大の予防策として、「新型コロナウイルスの集団感染を防ぐために」を公表した。そして、集団感染(クラスター発生)の共通点として、換気が悪く、人が密に集まって過ごすような空間、不特定多数の人が接触する恐れが高い場所、を挙げた。その後も換気による感染対策に関する分析が続き、様々な啓発や要請が随時行われている。

### 2. 室内環境と新型コロナウイルスの感染

従来、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認められているが、世界保健機関(WHO)は新型コロナウイルスの空気感染は確認されないとしていた。しかし、2020年7月9日に、広州のレストランなどの室内での感染クラスターの事例調査や分析を踏まえ、特定の室内環境においては飛沫による空気感染が否定できないとの見解を示した。

図1に示すように、感染者から、呼吸、会話や歌唱などの発声、咳やくしゃみ等によって、ウイルスを含む飛沫が放出される。飛沫の大きさによって、放出後の挙動が異なり、その後の感染経路も異なる。空調などによる気流移動によって被感染者に到達する場合の飛沫を、図1では仮に「小飛沫」と記している。さらに微小な飛沫「微小飛沫」は空間内に浮遊し、換気量が少ないほど室内空気のウイルス濃度が高くなる。室内空気中に拡散したウイルスの感染力は、インフルエンザウイルスと同様と考えれば次第に低下すると考えられるが、その速度は現時点では不明である。もし、感染者がいる空間のウイルス濃度が非常に高くなった場合には、換気空調ダクト、ドアのアンダーカット、欄間などを通り、感染者がいない空間のウイルス濃度に影響を与える可能性は否定できない。ただし、換気空調システム

の空気循環については、フィルタ効果が期待される。感染者から放出される飛沫の大きさや量は、感染症状のほか多くの要因で異なるとともに、ほとんどの感染事例の気流性状、換気性状が不明であるため、どれが主な感染経路であるかを特定することは、現時点では非常に難しい。

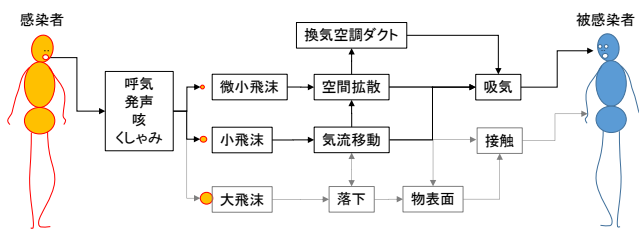


図1 飛沫による感染経路の可能性

感染クラスターが発生した屋形船、レストラン、スポーツジムの室内環境の特徴として、人の密度が高いことに加え、換気が悪く、鍋料理や運動による水蒸気発生が多いことが挙げられた。図2に示すように、人が多く運動や発声が多いと、水蒸気の発生が多くなり湿度が高くなる。また、鍋料理など行うとさらに水蒸気発生量が多くなり湿度がより高くなる。換気量が少ないと水蒸気の排出が弱いために、湿度がより高くなる。ウイルスや二酸化炭素も同様に、換気が悪いと濃度が高くなる。従って、湿度や二酸化炭素濃度が高い室内環境は、ウイルス濃度が高くなる特性を持っている。また、被感染者が運動や発声などで呼吸量が多くなると、ウイルスの吸引量が多くなり、感染リスクが高まる。湿度が感染に与える影響は複雑である<sup>1)4)</sup>。インフルエンザウイルスに関する実験によれば、湿度が低いと空気中のウイルスの生存時間が長くなる。また、湿度が高い場合にも生存時間が長くなる。気道粘膜の維持のために低湿度を避ける必要があるが、ウイルスの生存時間の点では高湿度も避けることが望ましいことを示唆している。クラスター発生空間では、ウイルス濃度が高いことに加え湿度が高いことによって感染リスクが2重に高められた可能性が否定できない。従来のインフルエンザ対策では、冬期に換気量を確保し湿度を維持することが求められるが、換気量を増やすと水蒸気排出量も増え加湿負荷が増大してしまう。このため、換気量を適正に制御して湿度を維持することが必要となる<sup>5)</sup>。しかし、新型コロナの感染予防に必要な湿度域が従来のインフルエンザの場合と異なり、換気と湿度の管理の方針を変更することが必要となる可能性がある。

換気は飛沫による空気感染対策の基本であるが、感染抑制に必要な換気量は明らかとなっていない。空気中のウイルス濃度を下げるためには換気量が多いほどよいが、熱中症や冬期ヒートショック等の健康リスクの対策のための室内温湿度維持、暖冷房や機械換気のためのエネルギー消費を考慮すると、換気量には一定の上限が必要である。

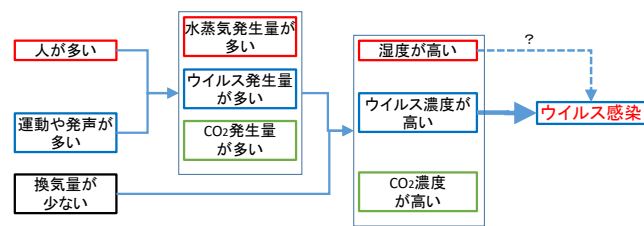


図2 室内環境とウイルス感染の可能性

### 3. 室内環境の基準と実態

室内環境に起因する健康リスクは早くから指摘されており、ドイツの衛生学者ペッテンコーファー(1818 - 1901)は、換気の必要性を説いている。密閉空間では空気汚染、高温高湿等の健康リスク要因が発生する。特に人が密集すると感染症リスクが高くなるため、人の数に応じた空間容積の確保と換気は感染症対策の基本とされてきた。日本では、1960年代の建築物の大型化や高層化に伴って、建築物の衛生環境の悪化に伴う健康影響が指摘され<sup>6)</sup>、1970年に「建築物における衛生環境の確保に関する法律(建築物衛生法)」が制定され、空調、給水等について建築物環境衛生管理基準が定められた<sup>7)</sup>。建築物衛生法の建築物衛生管理基準では、室内の浮遊粉じん、一酸化炭素、二酸化炭素、温度、相対湿度、気流、ホルムアルデヒドに関する基準値を設けている。二酸化炭素は、それ自体が人体に与える影響によって基準値が定められていない。二酸化炭素とともに発生する人体からの臭気、燃焼ガス中の汚染物質の影響を想定した総合指標として、二酸化炭素濃度を国際基準に準じて1000ppmとした。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量に基づき、1人あたりの必要換気量を毎時約30 m<sup>3</sup>とし、居室の在室密度に応じた必要換気量を示している。相対湿度の基準は、インフルエンザ等の感染症の対策、カビ、ダニの繁殖によるアレルギー疾患の予防等を踏まえ、40~70%RHである。相対湿度の下限値は、気道粘膜の維持、空気中のインフルエンザウイルスの生存時間等のエビデンスに基づいて40%RHとなつたとされている。

図3に建築物衛生法の空気環境基準に対する不適率R<sub>nc</sub>を示す。湿度、温度、二酸化炭素濃度は不適率が高く1999年度以降に継続的な上昇が見られる。また、温度は2011~2014年に一時的な上昇が見られる。空気環境の不適率の上昇要因として、1999年の省エネルギー法改正にともなう換気量、設定温湿度の調整、個別空調の普及、2011年の東日本大震災後の節電に伴う設定温度の調整の影響が伺える。このような変化が特定建築物だけではなく建築物一般で起きている可能性は否定できない。二酸化炭素の不適率の上昇は、換気が不足している建築物の増加を意味している。また、相対湿度の不適率の増加は、主に冬期の低湿度の増加によるもので、加湿能力の不足していることを示している。二酸化炭素の不適率増加は、ウイルス感染のリスクが上昇していることを示している。また、相対湿度の不適率の増加は、インフルエンザの感染リスクが高まっていることを示している。しかし、新型コロナウイルスの場合は、前述のように相対湿度の感染力への影響は現時点では不明である。

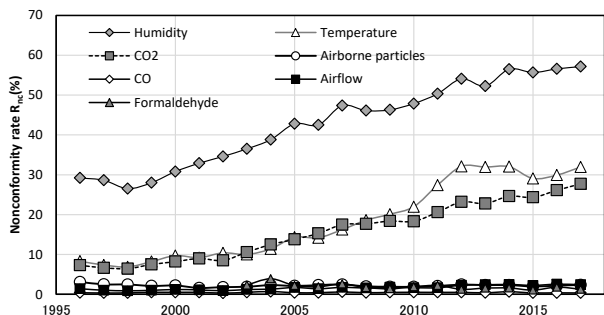


図3 特定建築物における空気環境の不適率

### 4. 新型コロナウイルス感染に対する換気対策

日本の建築物における換気の全体像はいまだに不明であり、換気に関する基準を満たさない建築物が存在する可能性は否定できない。このような状況で、夏期冷房時の換気不足による新型コロナウイルスの感染が懸念され、4月中旬から建築物衛生分野の研究者ら<sup>8)</sup>によって夏期に向けた換気対策の提言がまとめられた。この提言の結語では、以下のように示された。

【すべての室内空間について】新型コロナウイルスの感染防止のためには、換気の確保が必要である。窓等の開放は換気に有効であり、より大きくより長く開放することが望まれる。夏期には、熱中症対策など健康維持のために冷房が必要である。(冬期には、ヒートショック対策など健康維持のために暖房が必要である。)一般のエアコンでは換気が行えないため、機械換気及び窓等の開放が必要である。窓等の開放時には、虫や鼠などの衛生動物に対する対策が必要である。

【空調・換気設備を有する場合】設備の維持点検によって、設計換気量が得られることを確認する。1人当たりの換気量を確保するために、在室人数を制御する。また、在室時間を短くする。空調・換気設備の調整による換気効果の向上、空気清浄器の利用、冬期の加湿器の利用などの対策については、建物用途、空調・換気設備、使用状況に応じた検討が必要である。

### 5. おわりに

新型コロナウイルスによる肺炎が確認されて半年以上経過したが、感染メカニズムはまだ明らかとなっていない。クラスター発生空間の調査、温湿度などの環境要素の影響など様々な研究とそれに基づく対策立案が必要である。新型コロナウイルスの建築設計、維持管理への影響は、まだ見えない状況であるが、新たなウイルス感染症の感染力と被害のレベルを多段階で想定して必要な投資を行う時代となったと考える。

### 参考文献

- G.J.Harper, Airborne micro-organism : Survival tests with four virus J.Hyg ; pp.479-486, 1961.
- Thomas P. Weber, Nikolaos I. Stilianakis, : Inactivation of influenza A viruses in the environment and modes of transmission: A critical review, Journal of infection 57. pp.261-373, 2008
- Jeffrey Sharman, Melvin Kohn : Absolute humidity modulates influenza survival, transmission, and seasonality PNAS vol.106 no9: pp.3243-3248, March 3 2009.
- F.L.Shaffer, M.E.Soergel, and D.C.Straube, Survival of airborne influenza virus: Effects of propagating host, relative humidity, and composition of spray fluids, Arch Virol. 1976;51(4):263-73. doi: 10.1007/BF01317930.
- 林基哉,本間義規,巖爽,菊田弘輝,羽山広文,加用現空,鈴木信恵,開原典子,金勲,阪東美智子,小林健一,大澤元毅. 寒冷地の高齢者施設における室内生活環境の年間特性 フィンランド・エスポー及び北海道・札幌における室内温熱空気環境の実態. 日本建築学会環境系論文集. 2019 ; 84 (761) : 699-708.
- 古谷章介:ビル管理法,帝国地方行政学会,pp.15-19,1971
- 厚生労働省“建築物における衛生的環境の確保に関する法律(昭和45年法律第20号)”,2015.3.20
- 林基哉,柳宇,東賢一,鍵直樹,尾方壮行,森本正一,羽山広文,森太郎,菊田弘輝,田辺新一,倉淵隆,山田裕己,小林健一,金勲,開原典子,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,2020.5.20, [https://www.niph.go.jp/soshiki/09seikatsu/arch/COVID19\\_summer.pdf](https://www.niph.go.jp/soshiki/09seikatsu/arch/COVID19_summer.pdf)