

教室機械換気の実際

－教室の換気はどうなっているの？－

伊藤 和貴¹⁾, 庭崎 隆²⁾, 田中 寿郎³⁾

- 1) 愛媛大学大学院連合農学研究科
- 2) 愛媛大学教育・学生支援機構共通教育センター
- 3) 愛媛大学農学部

Mechanical Ventilation in Practical Classroom

－ How Classroom Ventilation Works? －

Kazutaka ITO¹⁾, Takashi NIWASAKI²⁾, Toshiro TANAKA³⁾

- 1) The United Graduate School of Agricultural Sciences, Ehime University
- 2) Center for General Education, Institute for Education and Student Support, Ehime University
- 3) Faculty of Agriculture, Ehime University

1. はじめに

新型コロナウイルス感染防止の立場から、大学講義室で対面授業を行うためには、十分な換気が要求されている¹⁾。十分な換気について、具体的な数量目標が提示されていないなかで、「日本産業衛生学会」が炭酸ガス濃度を目安にする換気量を提案している²⁾。炭酸ガス濃度での換気基準は、建築基準法で決められている事務所における機械換気設備を設置する基準である炭酸ガス濃度 1,000ppm を担保するために、一人当たり毎時 30m³ の換気量を目安としている。一方感染症治療に当たる医療機関における換気については、新型コロナウイルス感染症が広まった最近の厚生労働省からの通達³⁾においても、明確に風速や風量を規定しているわけではない。また、多くの文献や指針では、診療室外や病室外へのウイルスの拡散を防止するための方策を決めているものであり、診療室内や病室内での感染予防を目的として適切な気流の方向や流速、換気量については、明確に示されていない⁴⁾。

換気考え方には全体換気と局所排気の二つの考え方がある。全体換気の考え方は、次のとおりである。まず、室内の汚染物質が、発生源から室内に拡散し室内の空気が均一に汚染される。この汚染された空気を部屋の一部から外部に排出し、同時に排出量と同量の新鮮な外気が室内に導

入される。この新鮮外気により、汚染された室内の空気が希釈され、汚染物質の濃度を低下させる。すなわち、全体換気は汚染物質の濃度を基準値以下に希釈する排気法である。一方、局所排気は、汚染物質の発生源から室内への拡散を防ぎながら、外部へ排気する換気法である。汚染物質が有毒物質の場合のように、少量でも発生源から室内に拡散してはならない場合に使用される排気法である。局所排気を用いることで、室内に有毒物質を拡散させず、室内を清浄に保つ換気法である。これらの2つの換気法は、根本的に考え方が異なっている。

通常、建築基準法や関連する法令に準じて設計されている講義室の機械換気は、全体換気である。今回のコロナウイルス感染症が蔓延し、換気が声高に言われるまでは、教室を日常的に使用している教員や学生にとって、教室内の換気については、教員はほとんど注意をしていなかった。感染防止上、対面講義を実施する場合、「換気に十分配慮する」ことが要求されたが、現在使用している教室の換気特性については、ほとんど知られていない。教室内での感染予防のためには、室内での風速や風向など、明確にする必要があると考える。これは、感染を予防しながら、対面講義を計画するうえで、最低限知っておくべき事項である。

そこで、教室の換気特性を知るために、実際の教室を利用して教室換気の実態調査を行ったので、その結果を報告

する。

2. 教室の換気現状

2-1 実験に用いた教室および測定法について

大学の講義室は、2003年までは、機械換気設備を必要としていなかったため、機械換気設備が設置されていない教室が多く存在している。2003年に、主にシックハウス症候群対策として建築基準法が改正され、教室に機械換気設備の設置が義務化された⁵⁾。愛媛大学でも2003年以降に改修された教室には機械換気設備が設置されている。換気能力については、室内の炭酸ガス濃度を基準としており、2018年以前に改修された教室では炭酸ガス濃度は、その当時の基準である1,500ppmで設計され、一人当たりの換気量も20m³で設計されている。

今回、2020年時点で愛媛大学の共通教育で主に使用されている教室の中から、最近改修を行い、機械換気設備を設置した教室を選び、機械換気の方法の違いや床面積の異なる4部屋について、換気性能の測定を行った。教室A、Bは天井カセット形ロスナイが設置され、教室C、Dは有圧換気扇が設置されている。測定に用いた教室の状況を表1にまとめて示す。換気装置と室内の風速の測定には風速素子が白金巻線の携帯型風速計（アネモスターライトMODEL6006）を用いた。また、換気の状態を視覚的に観察するために、教室Bで大規模ステージに適した高出力1,500Wのスモークマシンを利用して講義室内の排気状況を観察した。

2-2 測定結果

2-2-1 機械換気による教室内の気流分布

教室A、C、Dについて、ロスナイおよび換気扇の吹き出し口および排気口で測定した流速を表2に示す。表で示すように、測定した教室のうちロスナイを設置している教室Aについては、測定風速は、設計風速とほぼ同じであった。一方、換気扇を設置している教室C及びDでは、設計値を下回っていた。したがって、ロスナイを使用した教室は、おおむね設計値と同じ風量の換気ができていると思われるが、換気扇を設置した教室では、換気量は設計値を下回っていることが推察される。

表2 測定結果

教室名	吸排気風速 (平均値)	
	設計値 (m/s)	測定値 (m/s)
A	2.7	2.6
C	4.6	1.8
D	5.1	2.4

換気扇による換気を行っている教室D室内の空気の流れを図1に模式図的に示す。新鮮外気は、教壇側の窓に設置された換気扇から外気を取り入れ、汚染された室内空気は教室後部の窓に設置された換気扇から排気する構造になっている。2.4mの流速で取り入れた外気は教壇側の黒板や側壁に沿って流れながら、室内に流れ拡散してゆく。教壇の中央部では、流速が0.36m/sまで急速に減少している。さらに教室の側壁では0.16m/sであり、教室後部の壁面では、0.05m/sの流速になっていた。流速0.05m/sでは、流れが遅すぎ、気流の向きを調べることはできなかった。また、教室の中心位置に置かれた学生机の上面では、気流は0.05m/sにまで弱まっている。室内の空気と外部から取り入れた空気の混合空気は、排気口へ向かって移動するが、気流として計測できるのは、排気口の近傍だけである。建築基準法などでは、室内の気流は0.5m/sを超えないことになっているので気流については、建築基準法に適合していることがわかる。

2-2-2 スモークによる可視化

教室Bを用いて、舞台用の大型スモークマシンにより、スモークを充満させ、機械換気のみで排気した場合、どのように排気されるか、実際に可視化した。教室Bでは、天井に2か所吸排気口が設置されている。換気設備は、1,000m³/hの換気能力を持っている。これは、教室の容積から単純に見積ると、1時間に教室の容積の4.7倍の空気を取り入れて、排気できる能力である。

実際にスモークマシンで室内にスモークを充満させ、換気を行った様子を図2に示す。スモークで満たした室内は、初め何も見えないが、換気を行っていくと次第にスモークの濃度が薄くなり、室内が見えるようになる。しかし30分経過してもスモークは室内に残っており、完全に排出されていないことが明確にわかる。

この教室の換気能力は、1時間に教室の4.7倍の換気

表1 計測に用いた教室の諸元

教室名	床面積 (m ²)	天井高 (m)	部屋容積 (m ³)	機械換気量		
				設 備	定格風量 (m ³ /h)	換気回数 (回/h)
A	256	2.7	691	天井カセット形ロスナイ	3,250	4.7
B	70	3.0	211	天井カセット形ロスナイ	1,000	4.7
C	128	3.0	384	有圧換気扇	1,210	3.2
D	100	3.0	300	有圧換気扇	1,210	4.0

量がある。これを単純に、「約13分に1回室内の空気が入れ替わる」あるいは、「1時間に4.7回入れ替わる」と勘違いすることが多い。しかし、図2を見るとよくわかるように、スモークで満たした教室の空気は13分できれいになることなく、30分換気してもスモークを完全に排気することはできなかった。すなわち、機械換気で室内に取り入れた新鮮空気は、室内の汚染された空気と混合し、汚染物質の濃度を下げ、排気口から排気されるので、13分で完全に排気することはできないことがわかる。室内の汚染された空気を完全に排出するためには柳らの計算によると⁴⁾、換気回数が15分に1回の換気（毎時4回の換気）の場合、99%除去に69分、99.9%除去に104分必要である。たとえ換気回数を10分に1回（毎時12回の換気）としても、99%除去に23分、99.9%除去に35分もの時間がかかることがわかる。すなわち、全体換気法で換気を行う場合、室内の汚染された空気を短時間で排出することは困難であることがわかる。

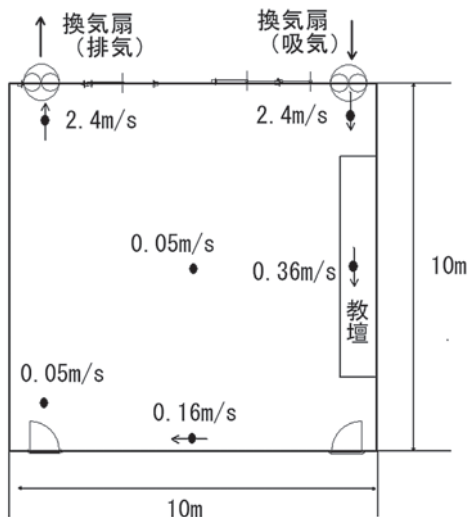
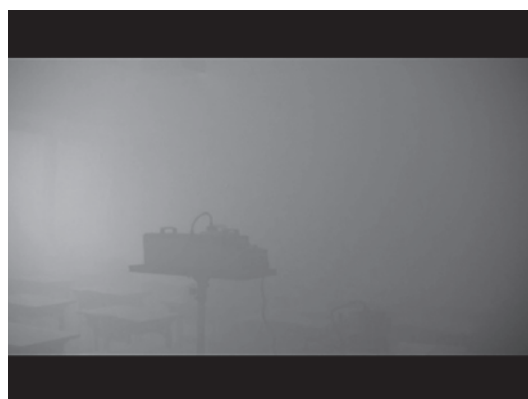


図1 教室Dにおける室内気流の流速分布

黒丸の位置で流速を測定。矢印で気流の向きを示す。矢印の無い点では流速が小さく、気流の方向が定まらない。



換気開始 (0分)



7分経過



15分経過



スモーク開始時 (参考)



30分経過

図2 教室Bにおけるスモークの排気状況

3. おわりに

教室の機械換気特性を明らかにするために、2020年時点で改修を行っている教室を例として換気特性を実測した。その結果、次の結論を得た。

1. ロスナイを設置している教室では、風速の実測値は、設計風速とほぼ同じであった。
2. 教室内の空気の流れを明確にした。
3. 全体換気の換気特性をスモークの排気状況を撮影して可視化し、その特性を明確に示した。

今回の換気特性の計測から、全体換気法では、有害物質や病原菌を一度室内全体に拡散させ、濃度を下げていく換気の特徴が、改めて明確になった。本来、有害物質や病原菌は室内に拡散させず、発生源から排出すべきものである。病原菌に汚染された空気を換気のために室内に拡散させてしまうと、同じ室内にいる人を感染させてしまうことになる。実際に中国ではレストランの空調が原因で感染が拡大したことが報告されている⁶⁾。したがって、有害物質や病原菌の排気では、全体換気を用いるのは不適切であり、室内に拡散しない局所排気法を応用するべきものと考ええる。

謝 辞

教室の換気測定は2021年1月に実施した。測定の遂行に当たり、当時の愛媛大学教育学生支援部教育センター事務課の谷岡美知代課長、柳井佑介チームリーダー、城戸透氏、愛媛大学施設基盤部施設企画課の皆様にご多大なるご協力を賜りましたのでお礼申し上げます。

参考文献

- 厚生労働省 Q & A. 自治体・医療機関・福祉施設向け情報、新型コロナウイルス感染症に関する Q & A.
<https://www.mhlw.go.jp/stf/covid-19/qa-jichitai-iryoukikan-fukushishisetsu.html>
- 日本産業衛生学会産業衛生技術部会. 新型コロナウイルス感染症対策用換気シミュレーター 2020
http://jsoh-ohe.umin.jp/covid_simulator/covid_simulator.html
- 厚生労働省. 新型コロナウイルス感染症の治療を行う場合の換気設備について、厚生労働省事務連絡 2021年4月7日
<https://www.mhlw.go.jp/content/000766517.pdf>
- 柳 宇. 院内感染予防における空調・換気的设计法
臨床環境医学 Vol.27 No.2, 67-76 2018
- 国土交通省. 改正建築基準法に基づくシックハウス対策の概要 2003
<https://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/build/kensetu.files/030609gaiyouflownew.pdf>
- Jianyun Lu, Jieni Gu, Kuibiao Li, Conghui Xu, Wenzhe Su, Zhisheng Lai, Deqian Zhou, Chao Yu, Bin Xu and Zhicong Yang. COVID-19 Outbreak Associated with Air Conditioning

in Restaurant, Guangzhou, China, 2020, Emerging Infectious Diseases Vol.26, No.7 1628-1631, July 2020