

2020年6月8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

執筆担当：新潟大学 飯野由香利  
執筆協力：東京理科大学 倉渕 隆

## 学校における「換気の悪い密閉空間」を改善するための換気について

### 1. はじめに

厚生労働省の新型コロナウイルス感染症対策専門家会議が公表した「新型コロナウイルス感染症対策の見解」(2020年3月9日)<sup>1)</sup>、及び首相官邸、厚生労働省が公表した「密をさけて外出しましょう！」(2020年3月18日)<sup>2)</sup>というチラシにおいて、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。

学校の教室の場合、多数の児童生徒が居ることから、「換気の悪い密閉空間」を回避する必要があります。また、文部科学省から提示された“学校における新型コロナウイルス感染症に関する衛生管理マニュアル～「学校の新しい生活様式」～(2020年5月22日)<sup>3)</sup>”の第3章に示された集団感染リスクへの対応によると、(1)密閉の回避(換気の徹底)において、換気は、気候上可能な限り常時、困難な場合はこまめに(30分に1回以上、数分間程度、窓を全開する)、2方向の窓を同時に開けて行うようにします。また、「授業中は必ずしも窓を広く開ける必要はありませんが、気候、天候や教室の配置などにより異なることから、必要に応じて換気方法について学校薬剤師と相談します。」としています。

感染予防対策として、ウイルスが発出している状況では速やかに教室外に排出することが重要であることから、窓を閉じたままにして一定の頻度で全開にして排出するより、窓を少し開けて常時排出し続ける方が感染予防に繋がることが期待されます。

### 2. 学校の教室における換気について

学校の教室の場合、在室する児童生徒や教師の呼吸等により教室内の二酸化炭素量が増加するとともに、他の汚染物質の濃度も外気に比べて増加することが考えられます。必ずしも二酸化炭素が人体の健康において直接的な影響があるとは言い難いですが、人体に由来する室内空気を二酸化炭素濃度等により評価することが広く行われています。新型コロナウイルスが空気中に存在する場合、二酸化炭素などの汚染物質と共に速やかに外部に排出されることが感染予防に繋がると考えられます。ウイルスは咳やくしゃみ及び会話などにより体内から排出されるため呼出量と関連し、年齢により異なることが考えられます。文部科学省が示している一人当たりの二酸化炭素の呼出量は、幼稚園児と小学生(低学年)0.011m<sup>3</sup>/h、小学生(高学年)と中学生0.016m<sup>3</sup>/h、高校生と成人0.022m<sup>3</sup>/hです。従って、教室に在室する児童生徒や教師数により教室内の汚染物質量が異なることから、必要な換気量(必要換気量)は在室人数により変わります。

教室における主な換気は、窓を開ける自然換気と換気設備を活用する機械換気があります。窓を開けて室内の空気と外気を交換する自然換気において、教室の外部に面する窓と廊下側の窓や扉、及び廊下または階段室の窓を常時開けることが「換気の悪い密閉空間」の回避に繋がります。しかし、気候上などの理由により全開することができない場合がありますので、以下の3種類の基準や規格に基づいて示される自然換気時の必要換気量を参照して窓や扉を開けてください。空気中の二酸化炭素の濃度を基準濃度以下に保つための基準として、学校環境衛生基準(1,500ppm)や建築物における衛生的環境の確保に関する法律(建築物環境衛生管理基準)

(1,000ppm)があります。また、建築物環境衛生管理基準に適合させるために、空気調和・衛生工学規格 SHASE-S102-2011 換気規準・同解説<sup>4)</sup>では一人当たりの必要換気量を30m<sup>3</sup>毎時(30m<sup>3</sup>/h)としています。

一方、2003年以降に建設された教室の換気設備については、建築基準法の改正によって規制対象となるホルムアルデヒドの濃度基準値 $0.1\text{mg}/\text{m}^3$ を達成するために、換気回数が $0.3$ 回/h以上の設備容量を満たす換気扇が設置されています。これ以外の多くの学校においても、排気型の軸流式換気扇（プロペラファン）が設置されており、省エネ性能を備えた全熱交換型の換気設備が設置されている学校もあります。ウイルスの集団感染対策として機械換気設備を常時作動させることは有効であると言えます。特に悪天候等により自然換気ができない時には積極的に機械換気を行ってください。また、換気設備のフィルターが目詰まりが起きていることが多いために十分な換気性能が発揮されない可能性がありますので、こまめに掃除をする必要があります。

### 3. 自然換気時の必要換気量と開放面積

表1に、下述する3つの基準や規格(1)～(3)を満たす必要換気量と窓扉の開放面積を、教室に児童生徒が20人または40人と教師1人が居る場合と廊下タイプ（片廊下型と中廊下型）に分けて示します。教室の場合、カーテンや掲示物などで窓を覆うと通気抵抗が生じて速やかに換気（ウイルス等の排出）ができないことがあります。また、廊下に対して両側に教室や部屋がある中廊下型教室での通気抵抗は片側のみに教室がある片廊下型教室と比べて小さくなる傾向があります。従って、中廊下型教室の場合、教室の多くの窓や階段室の窓を開ける必要があります。なお、校舎の築年数にもよりますが、建物や建具（窓や扉など）に隙間があることから漏気があるために、開放しなくても済む（表中の $0\text{m}^2$ ）場合もありますが、今回算出に用いた式は築20年以上経つ学校で行った調査から導いた式であることから、比較的最近の気密性の高い学校においては、漏気はないとするか、表中の開放面積よりやや大きめに開放する必要があります。算出式は自然換気において常時開け続けるという前提条件の元に既往研究<sup>5)</sup>から得た式を採用しており、廊下の外気側窓開放条件は成り行きですが、換気の効果を高めるため廊下の外気窓はできるだけ開放することを勧めます。なお、これらの必要換気量を満たせば、感染を完全に予防できるという研究成果は未だ示されておりません。気候上の問題（例えば、外気温が低いときや外部風速が強いなど）のために快適性を損なう場合には、現場の判断で開放面積を小さくする選択肢もありますが、感染防止の観点から閉め切ってしまうことは避け、なるべく常時換気を確保することを勧めます。

下記に示します(1)～(3)の基準や規格に基づいて算出した必要換気量において、(1)で求めた該当学校における換気量は通常の状態での最低限必要な換気量に相当することから、ウイルスの感染予防対策としての換気量は(2)または(3)が望ましいと言えます。

#### (1) 1棟当たりの延べ面積が $8,000\text{m}^2$ を超えない校舎等の学校<sup>※1</sup>と幼保連携型認定こども園における教室等<sup>※2</sup>の換気の基準は、学校環境衛生基準により二酸化炭素濃度は $1,500\text{ppm}$ 以下であることが望ましい

※1 学校環境衛生基準は、学校教育法第1条に規定する「学校」（幼稚園（幼稚園型認定こども園を含む）、小学校、中学校、義務教育学校、高等学校、中等教育学校、特別支援学校、大学及び高等専門学校）のうち1棟当たりの延べ面積が $8,000\text{m}^2$ 以下の校舎等を有する学校に適用され、また、専修学校及び幼保連携型認定こども園には準用される。

※2 教室等とは、普通教室、音楽室、図工室、コンピュータ室、体育館、職員室等の児童生徒等及び職員が通常使用する部屋を指すものである。

#### (2) 1棟当たりの延べ面積が $8,000\text{m}^2$ 以上の校舎等の特定建築物に相当する学校や幼保連携型認定こども園、及び1棟当たりの延べ面積が $3,000\text{m}^2$ 以上の専修学校は、建築物衛生法に基づく「建築物環境衛生管理基準」での二酸化炭素濃度は $1,000\text{ppm}$ 以下が適用される

※3 専修学校とは、学校教育法の中で「職業もしくは実際生活に必要な能力を育成し、又は教養の向上を図る」ことを目的とする学校である。

(3) 空気調和・衛生工学規格に基づいて一人当たり 30m<sup>3</sup>/h の換気量を確保する

一人当たり 30m<sup>3</sup>/h の換気量は、人からの二酸化炭素発生量、取り入れ外気 (350ppm) の二酸化炭素濃度、及び二酸化炭素の設計基準濃度 (1,000ppm) に基づいて算出した換気量です。

表 1 在室人数と児童生徒の学年等別にみた教室での必要換気量と開放面積

		(1) 学校環境衛生基準1,500ppm以下 (1棟当たりの延べ面積が8,000m <sup>2</sup> 未満の校舎)			(2) 建築物環境衛生管理基準 1,000ppm以下(1棟当たりの延べ 面積が8,000m <sup>2</sup> 以上の校舎)			(3) 空気調 和・衛生 工学規格 1人当たり 30m <sup>3</sup> /h
		幼稚園児と小 学生(低学年)	小学生(高学 年)と中学生	高校生と成人	幼稚園児と小 学生(低学年)	小学生(高学 年)と中学生	高校生と成人	
児童生徒 20人 教師1人	必要換気量(m <sup>3</sup> /h)	220	311	420	403	570	770	630
	片廊下型教室 必要開放面積(m <sup>2</sup> )	0	0	0.7	0.6	1.5	2.7	1.9
	中廊下型教室 必要開放面積(m <sup>2</sup> )	0	0	0.7	0.4	3.1	6.3	4
児童生徒 40人 教師1人	必要換気量(m <sup>3</sup> /h)	420	602	820	770	1103	1503	1230
	片廊下型教室 必要開放面積(m <sup>2</sup> )	0.7	1.7	3.0	2.7	4.6	6.9	5.4
	中廊下型教室 必要開放面積(m <sup>2</sup> )	0.7	3.6	7.1	6.3	11.7	18.1	13.7

※児童生徒一人当たりから出る二酸化炭素呼出量は、幼稚園児と小学生(低学年)0.011m<sup>3</sup>/h、  
小学生(高学年)と中学生0.016m<sup>3</sup>/h、高校生と成人0.022m<sup>3</sup>/hと想定  
※1時間後に教室で二酸化炭素が増加する量 (1) 1,100(基準値1,500-外部400)ppm、(2) 600(基準値1,000-外部400)ppm  
※必要換気量x(m<sup>3</sup>/h)から必要開放面積y(m<sup>2</sup>)を求める式:片廊下型教室 y=(x-303)÷173、中廊下型教室 y=(x-379)÷62

参考 窓や扉を開ける幅の算出方法

表 1 から窓や扉の開け幅を求める方法を例 1 と例 2 に示します。

<p><b>例1</b> 1棟当たりの延べ面積が8,000m<sup>2</sup>を超えない学校における小学生(高学年)20人と教師1人が在室する片廊下型教室の場合⇒ウイルスの感染防止対策として、必要開放面積を(2)建築物環境衛生管理基準の1.5m<sup>2</sup>、または(3)空気調和・衛生工学規格の1.9m<sup>2</sup>として考えます。</p> <p>① 表1の(2)の場合には、必要開放面積は1.5m<sup>2</sup>です。</p> <p>② 1.5m<sup>2</sup>の面積を開けるために、扉と窓の開け幅を考えます。例えば、開ける必要のある面積1.5m<sup>2</sup>を扉で1m<sup>2</sup>を開け、外気側窓で0.5m<sup>2</sup>開けることにします。</p> <p>③ 扉の高さが2mでしたら0.5m(50cm)を開ければよく、窓の高さが1.2mでしたら0.42m(42cm)を開ければよいことになります。</p>
<p><b>例2</b> 1棟当たりの延べ面積が8,000m<sup>2</sup>以上の学校における中学生38人と教師1人が在室する中廊下型教室の場合</p> <p>① 表1から在室人数39人に近似する40人の必要開放面積は11.7m<sup>2</sup>です。</p> <p>② 11.7m<sup>2</sup>の面積を開けるために、扉と窓の開け幅を考えます。例えば、開ける必要のある面積を扉で3.2m<sup>2</sup>分を開け、外気側上窓4つと外気側下窓4つ、及び廊下側窓2つで8.5m<sup>2</sup>分を開けることにします。</p> <p>③ 扉の高さが2mでしたら約1.6m開けることになるために2つの扉を0.8mずつ開けます。</p> <p>④ 高さ1.2mの外気側上窓4つを0.8m開けると3.84m<sup>2</sup>、高さ0.4m外気側下窓4つを0.8m開けると1.28m<sup>2</sup>が開放され、高さ1.2mの廊下側窓2つを0.8m開けると1.92m<sup>2</sup>になり、窓開放の合計面積が約7m<sup>2</sup>になり必要開放面積の8.5m<sup>2</sup>に届かないことがわかります。</p> <p>⑤ 機械換気を作動したり、階段室の窓を開ける必要があります。</p>

4. 換気設備が設置されている場合の窓の開放面積

学校の教室に換気設備が設置されている場合でも、換気量が十分でない場合もありますので、以下に示す手順に基づいてご確認いただき、十分でない場合には窓扉を開放してください。ご使用の換気設備に表示されている、またはマニュアルに表示されている定格換気量(指定された条件における仕様や性能を満たした換気量)をご確認ください。次に、定格換気量が表1に示されている必要換気量以上になっていることを確認してください。

排気用の軸流式換気扇の能力が必要換気量を満たしている場合でも、窓の開放は外気を取り入れるために必要ですが、開放面積の細かい調整は不要です。満たしていない場合の換気量は、窓から給気される外気量と換気扇を通して排出される室内空気量の合計量と考えられませんので、換気扇の換気量はないと仮定して、窓と扉を開けて必要換気量を確保するように計画してください。また、全熱交換型による換気設備の換気量と窓開けによる換気量は加算することができます。従って（必要換気量－定格換気量）から不足換気量を求め、表2より必要開放面積を求めてください。

表2 必要換気量に対して換気設備の定格換気量との不足換気量を補うための必要開放面積

不足換気量 (m <sup>3</sup> /h) 廊下タイプ	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400
片廊下型教室	0	0.6	1.1	1.7	2.3	2.9	3.5	4.0	4.6	5.2	5.8	6.3
中廊下型教室	0	0.3	2.0	3.6	5.2	6.8	8.4	10.0	11.6	13.2	14.9	16.5

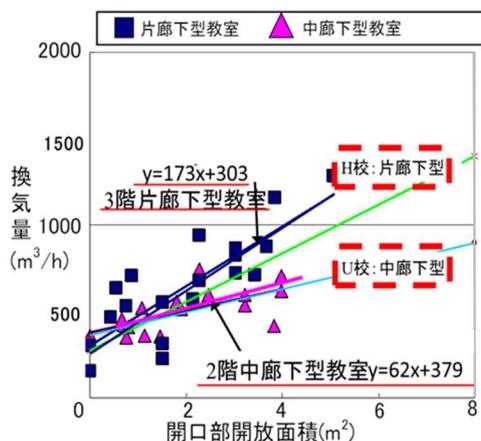
※必要換気量x(m<sup>3</sup>/h)から必要開放面積y(m<sup>2</sup>)を求める式：片廊下型教室  $y=(x-303) \div 173$ 、  
中廊下型教室  $y=(x-379) \div 62$

### 謝辞

本資料の構成や表現について、多くの指摘やアドバイスをいただきました東北大学の吉野博名誉教授には、深謝の意を表します。

### 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) 文部科学省、学校における新型コロナウイルス感染症に関する衛生管理マニュアル ～「学校の新しい生活様式」～、[https://www.mext.go.jp/a\\_menu/coronavirus/mext\\_00029.html](https://www.mext.go.jp/a_menu/coronavirus/mext_00029.html)
- 4) 公益社団法人 空気調和・衛生工学会：空気調和・衛生工学会規格 SHASE-S102-2011 換気規格・同解説
- 5) 飯野由香利、倉渕 隆、川瀬智文：ヒートポンプ冷暖房設備が設置された小学校教室における温熱・空気環境、日本建築学会北陸支部研究報告集、52巻、pp.323～326、2009年7月



参考図 片廊下型教室と中廊下型教室の開口部開放面積と換気量との関係