

日本薬剤師会
令和2年度 学校薬剤師学術フォーラム

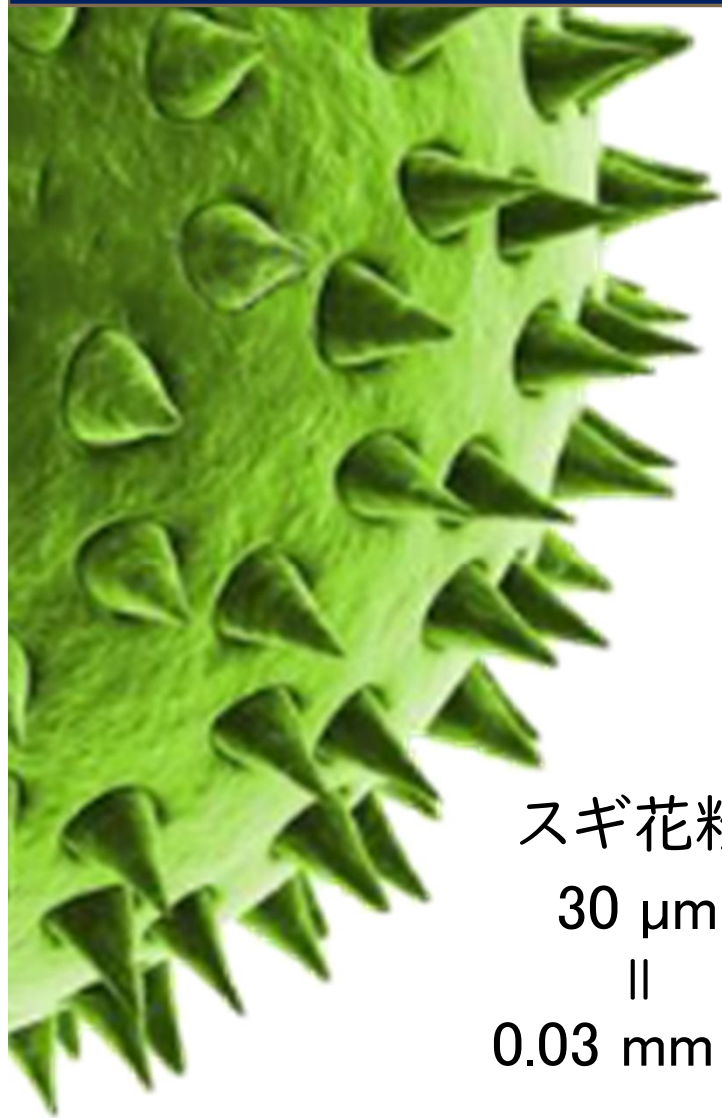
学校における新型コロナウイルス
感染症の感染予防対策
「教室における換気」

横浜薬科大学 レギュラトリーサイエンス研究室

田口 真穂

令和2年9月27日

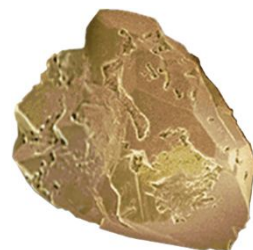
新型コロナウイルスの大きさと形態



スギ花粉

30 μm

$$0.03 \text{ mm} = \frac{30}{1000} \text{ mm}$$



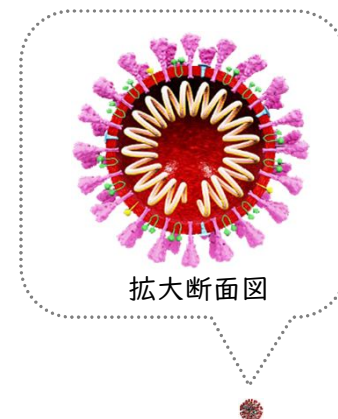
PM2.5

2.5 μm



細菌

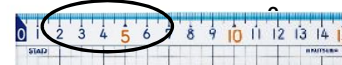
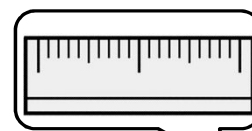
1 μm



拡大断面図

ウイルス

0.05–0.2 μm



新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)

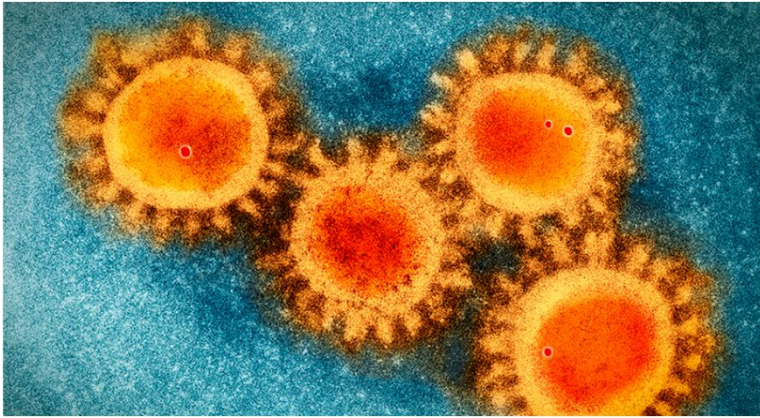
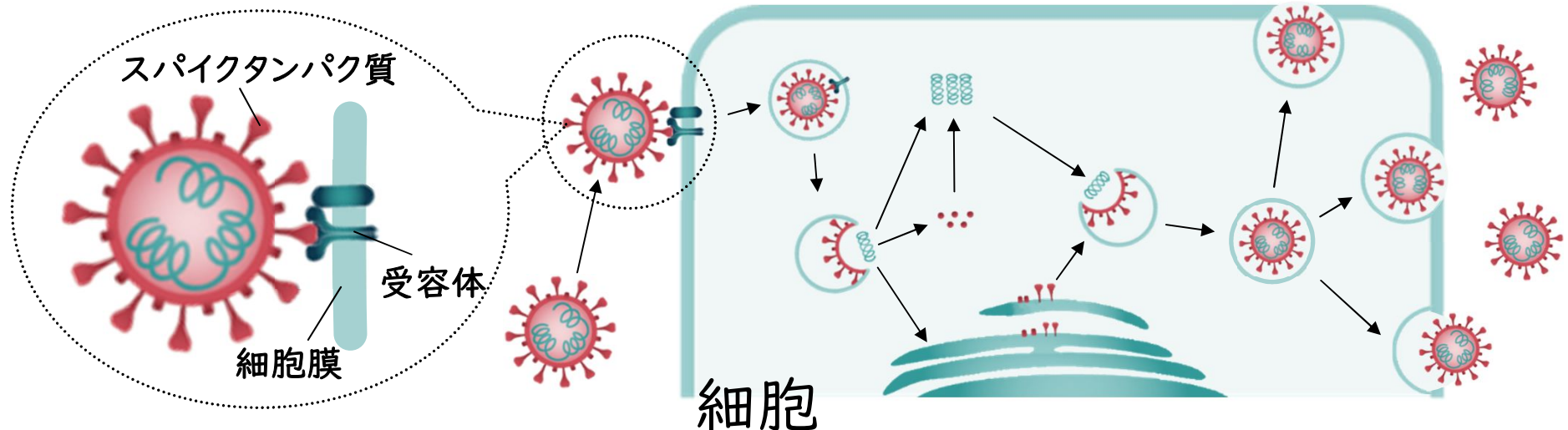


図 SARS-CoV-2の電子顕微鏡像
(観察される像を後に着色)
写真: Scripps research

- 1) 遺伝情報は、**RNA** (リボ核酸)としてウイルス粒子内にらせん状に存在
- 2) RNAは、**エンベロープ**と呼ばれる膜構造物で覆われて保護されている
- 3) 突起状の**スパイクタンパク質**とヒト細胞膜上のACE₂受容体とが結合して、細胞内へ侵入し、増殖



主感染ルートは、接触感染と飛沫感染 「3密」+「大声」の条件でマイクロ飛沫感染も！

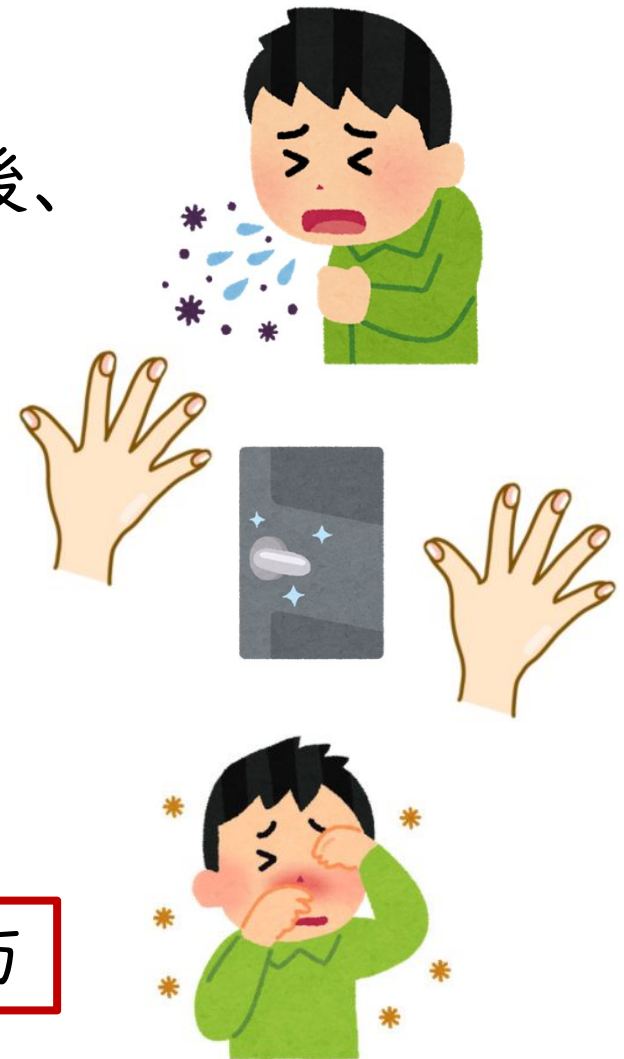
接触感染

感染者がくしゃみや咳を手で押さえた後、その手で周りのモノに触れるとウイルスが付着。他の方がそれを触るとウイルスが手に付着し、その手で口や鼻を触ると粘膜から感染。

ボール紙は24時間、プラスチックやステンレスの表面は72時間生存

※The New England Journal of Medicine 382;16, 2020

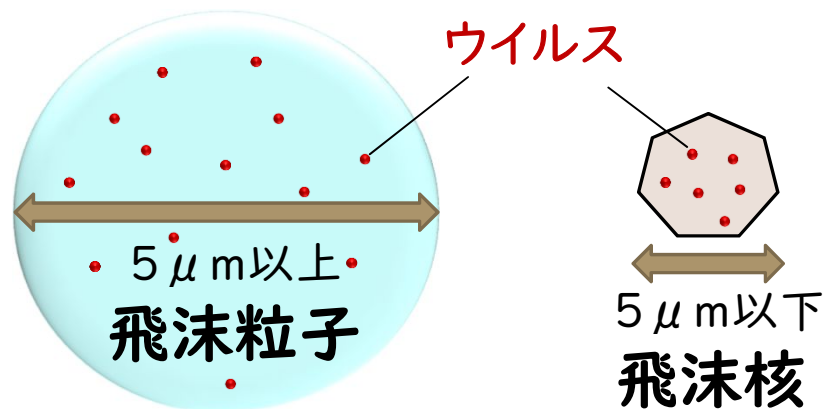
手洗い、消毒、マスクの使用で感染予防



主感染ルートは、接触感染と飛沫感染 「3密」+「大声」の条件でマイクロ飛沫感染も!

飛沫感染

感染者の飛沫(くしゃみ、咳、つば等)と一緒にウイルスが放出され、他の方がウイルスを口や鼻などから吸い込んで感染します。ほとんどの飛沫粒子は約2mで落下します。



“水滴”で、重力によってゆっくり落下

飛沫核は、水分を持たず
空気中を飛散します。

新型コロナウイルスの場合、
マイクロ飛沫(エアロゾル)とも
呼ばれ、数10m程度飛散し、
約3時間生存といわれている

※空気感染は、飛沫核が長時間、長距離に
飛散して感染力を持つ(結核や麻疹等)

飛沫感染への対策

フィジカル ディスタンス確保とマスク使用

飛沫粒子は約2mで落下

飛沫の拡散予防



マスクの飛沫抑制効果※（不織布と手作り布の比較）

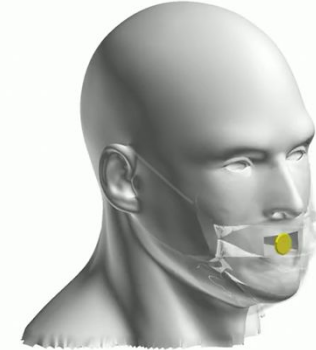
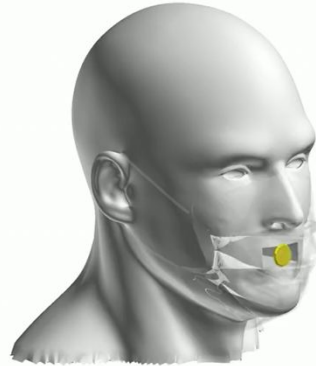
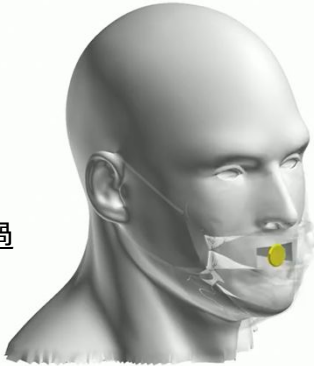
（鼻まで覆われています）

不織布マスク

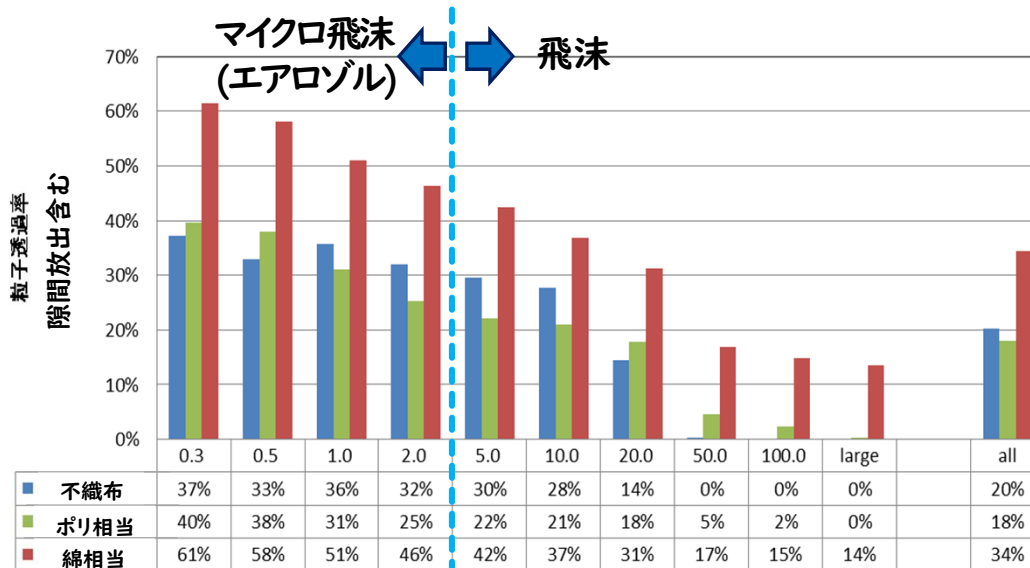
手作り布マスク
（ポリエステル相当）

手作り布マスク（綿相当）

赤：マスク・顔付着
黄：隙間放出
青：マスク透過



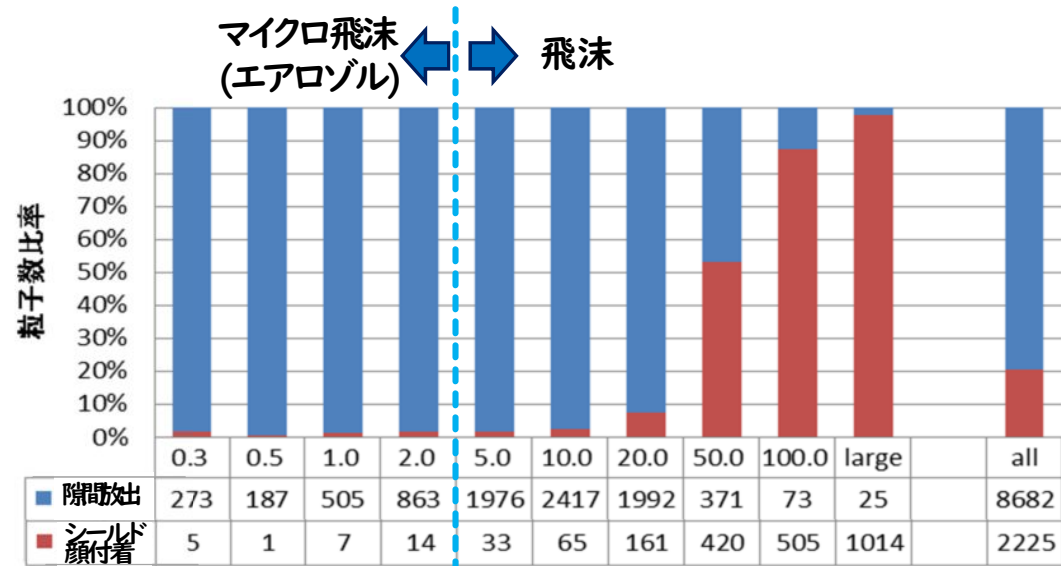
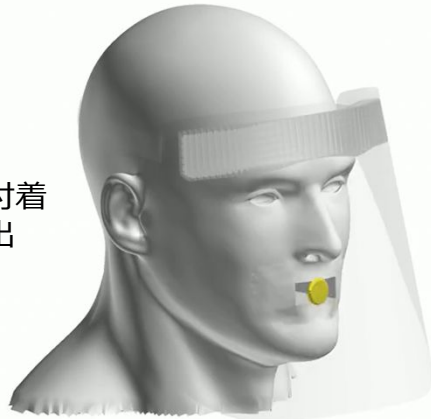
不織布は隙間から漏れが多い、布は通過粒子有



飛沫体積で約8割の飛沫が捕集される。布マスクでもリスク低減効果は期待できる。両者ともエアロゾル粒子は全体の約40~50%程度が漏れる。
マスク装着時も換気は必要。

フェイスシールドの飛沫抑制効果※

赤：壁・顔付着
黄：隙間放出



提供：理研・豊橋技科大・神戸大，協力：京工織大・阪大・大王製紙

- 50 μm以上の大きな飛沫粒子では捕集効果は見込めるが効果は限定的
- エアロゾルについてはほぼ漏れてしまう

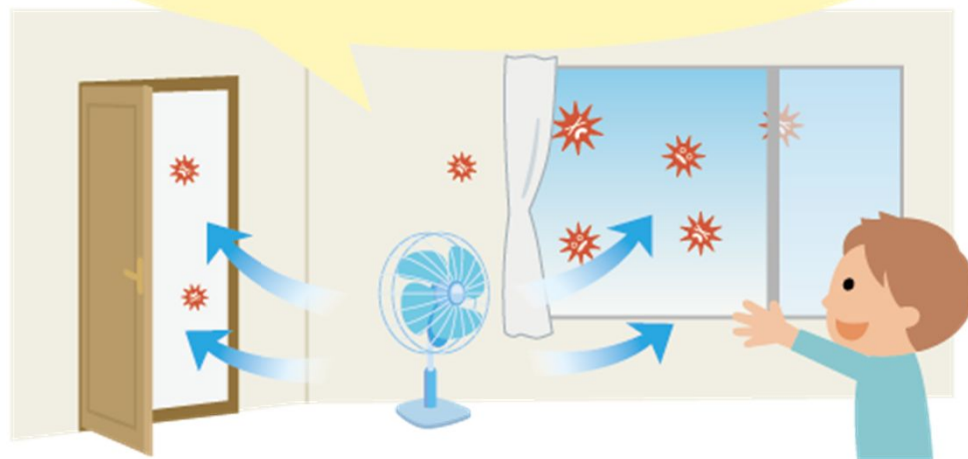
※提供：理研計算科学研究センター
「室内環境におけるウイルス飛沫感染の予測とその対策」課題責任者：理研/神戸大 坪倉 誠

英会話等で口元を見せたり、表情を示す必要がある授業、暑さや呼吸困難やアレルギー等で、マスクができない場合もあります。一概に、「意味がない」ではなく、効果とリスクを認識して、一層の換気強化、身体的距離をとる等の指導・助言が大切です。

マイクロ飛沫感染への対策

3つの密（密閉、密集、密接）を避ける

窓やドアを開け
こまめに換気を!

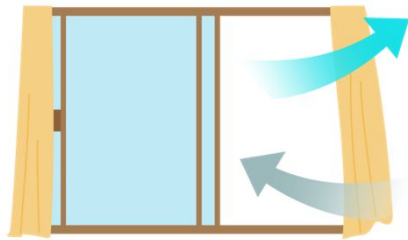


引用：首相官邸、厚生労働省 啓発ポスター



換気の種類と方法

①自然換気

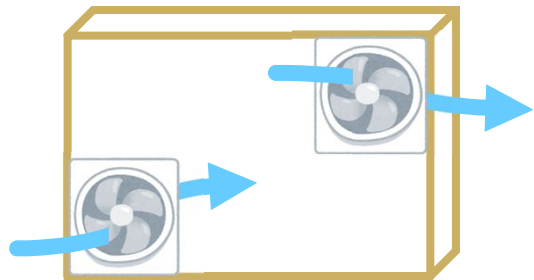


窓を開放して換気

平成15年の改正建築基準法以降に建てられた学校、住宅、オフィス、病院等、全ての建物の居室には換気設備の設置が義務付けられています。教室の換気設備の種類と換気能力を確認しましょう

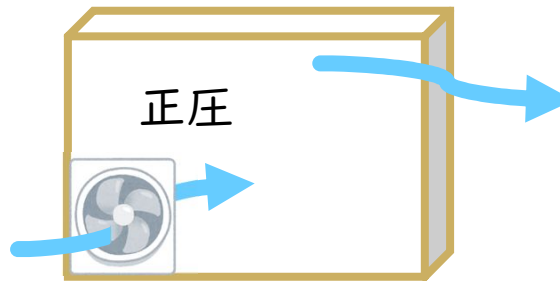


②第1種換気設備



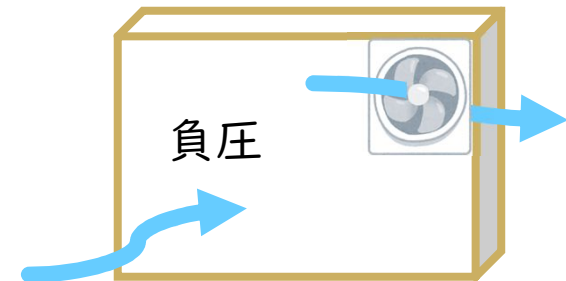
給気と排気両方をファンで機械換気

③第2種換気設備



給気ファンで機械給気
換気口から自然排気

④第3種換気設備



排気ファンで機械排気
換気口から自然給気

自然換気のタイミング

気候上可能な限り、常時、換気を実施します。天候等によって、窓の常時開放などが困難な場合があります。困難な場合には、30分に1回以上、数分程度窓を開けます。

※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」～(2020.9.3 Ver.4)

エアコン使用時について

一般的なエアコンは、室内の空気を循環させるだけで、換気機能は備わっていません。

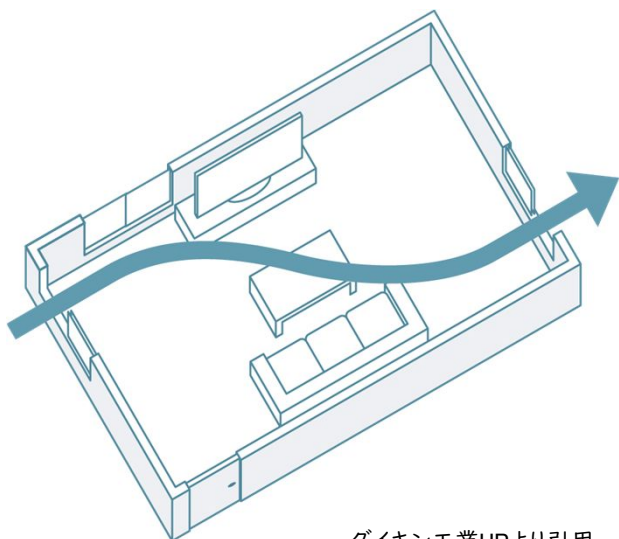
エアコン使用時も、必ず、換気扇や窓の開放で換気を行ってください。



換気時の窓の開け方

短時間で換気を行うために窓を全開する場合は、窓や扉の上の欄間、廊下側の扉や上下の開口部も開放します。

授業中は必ずしも窓を広く開ける必要はありません。教室の外気側と廊下側の対角線上の窓を同時に開けて空気の通り道を作ります。



ダイキン工業HPより引用

排気口を大きくすることで効率よく換気することができます。

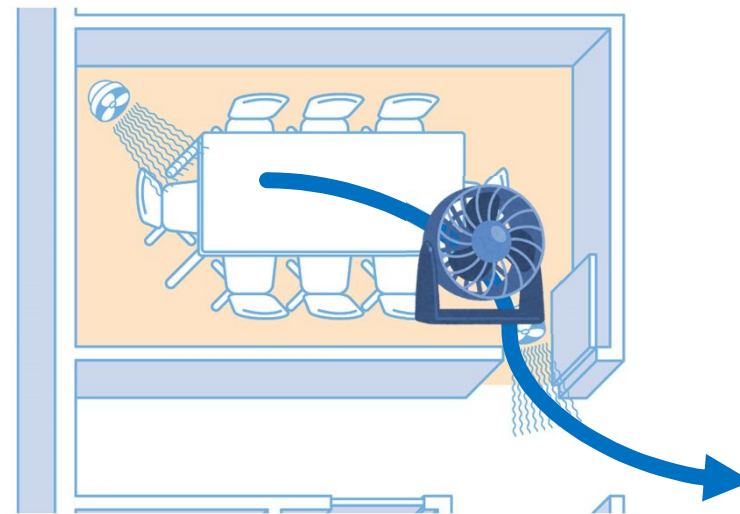


窓がない部屋・体育館等での換気

窓のない部屋では、常時入り口を開けておき、換気扇を使用して換気を行います。

窓や換気扇がない部屋では、扇風機やサーキュレーター等を入り口へ向けて稼働させ、室内の空気を室外へ排気します。また、室内の人の密度が高くない様に配慮します。

感染防止の観点から、広く天井の高い体育館のような場所でも、換気は必要です。



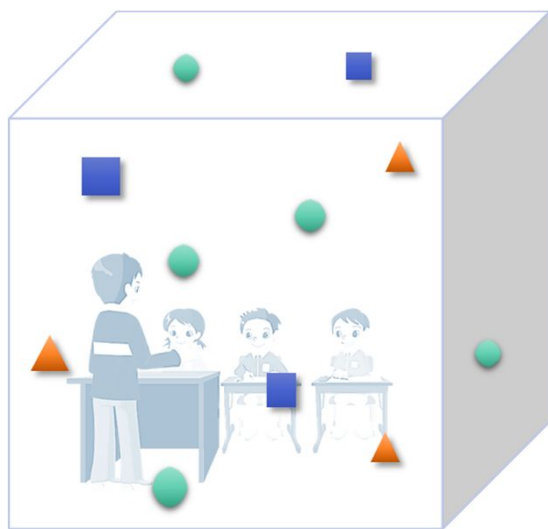
ダイキン工業HPより引用

換気が悪い空間とは・・・
建築物における衛生的環境の確保に関する法律では、空気環境調整に関する基準として必要換気量 $30\text{m}^3/\text{人}/\text{時}$ が定められています。

換気の指標「二酸化炭素濃度」

学校環境衛生基準では、換気の指標が定められています。室内の二酸化炭素濃度が1,500 ppm以下に保たれるように換気を行います。(特定建築物に適合する学校では、1,000 ppm以下)

室内空気は、在室者の呼吸等によってCO₂濃度が増加すると同時に、ウイルスや化学物質等の他の汚染物質も増加します。CO₂濃度は、換気が適切に行われているかの指標であり、二酸化炭素の直接的な健康影響から定めたものではありません。



空気清浄度判定は、他項目の結果も踏まえて、総合的に評価します

必要な換気回数とは？

換気の指標のCO₂濃度1,500ppmを維持するための「換気回数」を算出することができます。

換気回数とは、1時間あたりに部屋に入る外気量（体積）を居室の容積で割ったものです。

換気回数 $N = \text{換気量 } Q / \text{室内容積 } V$

換気量 $Q = \text{CO}_2\text{発生量 } K / (\text{室内濃度 } P_i - \text{外気濃度 } P_o)$

CO₂発生量 $K = 1\text{人あたりの時間あたりの排出量} \times \text{人数}$

(教師1人及び幼稚園児35人又は
児童・生徒40名在室、容積180m³の教室の場合)

幼稚園2.1 回/時、
小学校低学年2.4 回/時、
小学校高学年・中学校3.4 回/時、
高等学校4.6 回/時です※。

換気回数は、
空気が入れ替わる
回数であり、窓を
開ける回数では
ありません。



※学校環境衛生管理マニュアル「学校環境衛生基準」の理論と実践(平成30年度改訂版)文部科学省

対象 : 公立学校モデル (生徒40人, $8\text{m} \times 8\text{m} \times 3\text{m} = 192\text{m}^3$)

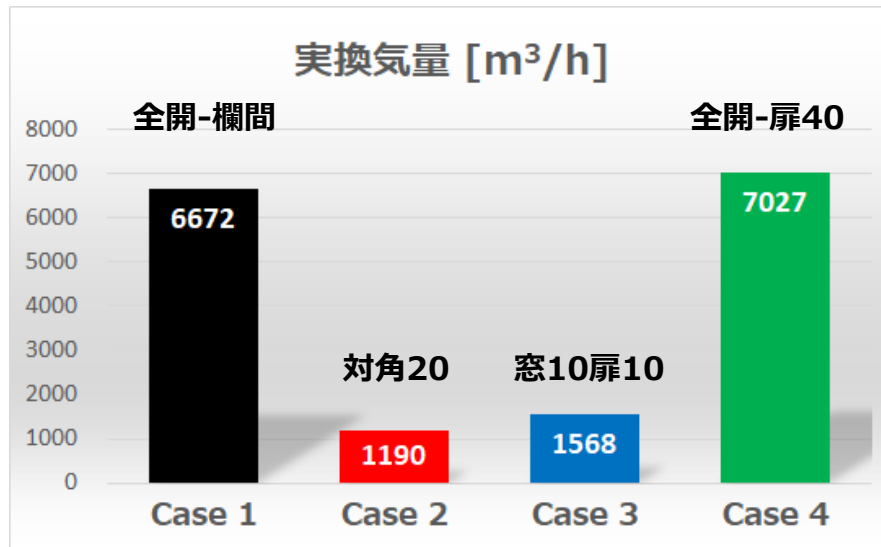
想定条件: 機械式換気は不十分, エアコンの併用や窓開けによる換気
窓から流速 1m/s で一様に外気が流入, 外付けエアコン2機稼働

Case 1 窓側全窓を左右20cm開放 (3.28 m^2)、廊下側は欄間のみ全開 (扉閉)

Case 2 窓側後方窓20cm開放 (0.41 m^2)、廊下側は前扉を20cm開放

Case 3 窓側全窓を左右10cm開放 (1.64 m^2)、廊下側は前後扉を10cm開放

Case 4 窓側全窓を左右20cm開放 (3.28 m^2)、廊下側は前後扉を40cm開放



Case2はCase3に対して、廊下側の開放面積が同じ、窓開放面積が1/4であるにも関わらず、同程度の実換気。対角換気の有効性が示唆。

冷暖房効率を考えるとCase2を推奨。室内空気の入替えが可能な時間は、Case1とCase4は100秒程度、Case2とCase3は500秒程度。(休み時間の換気は広く開ける)

提供: 京工繊大, 協力: 神戸大, 鹿島建設, 理研

室内環境の測定(目的・方法)

【目的】

新型コロナウイルス感染症の予防には、マイクロ飛沫感染等のリスクを減少するため、教室の換気が推奨されています。一般の公立学校の機械換気の設置状況は、性能等を考慮すると十分であるとは言えず、多くの学校で自然換気を併用している現状です。一方で、夏期や冬期においては、室温を学校環境衛生基準の範囲(17~28℃)に維持するためには、窓側の窓を連続して全開することは困難であり、窓の開放は限定せざるを得ないと考えられます。そこで、基準の換気条件(1,500ppm)を維持しながら、室温を保持する換気方法を検討する目的で、富岳の評価で推奨されている効果的な換気条件を参考に、教室の換気状況及び室温等を実測します。

【測定条件】

日時：令和2年9月4日(金)AM2~4校時

場所：横浜市立S小学校 6年生教室

教室容積： $8 \times 8 \times 2.7 = 172.8 \text{ m}^3$

教室設備：エアコン1台(設定25℃)

壁付き換気扇方式(第3種換気設備)、片廊下(廊下の外窓は1/2開放)

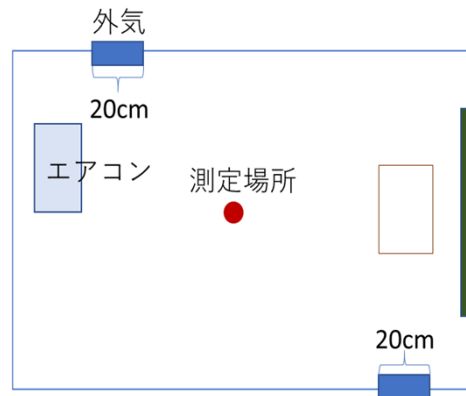
測定機器：日本カノマックス IAQモニター MODEL 2211

当日の外気条件：風速 3.0 m/s 南南西 気温 31.0度



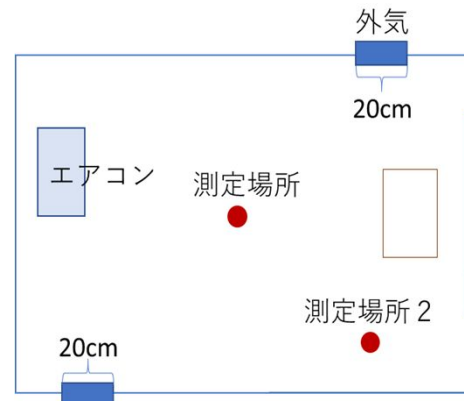
室内環境の測定(開放条件)

①対角開け0.4後-前



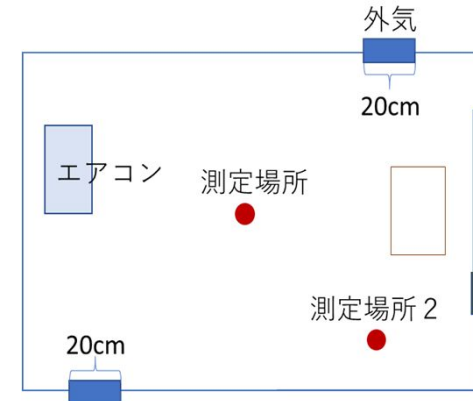
後窓(大) 20cm: 0.376m^2
前扉 20cm: 0.4m^2

②対角開け0.2前-後



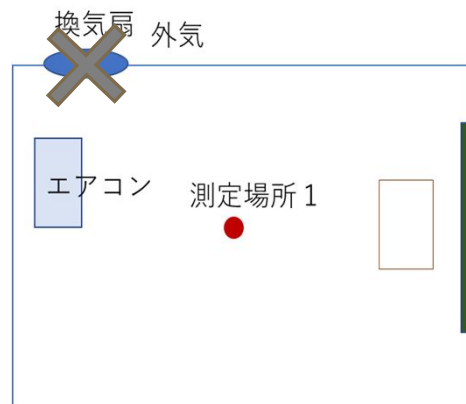
前窓(中) 20cm: 0.208m^2
後扉 20cm: 0.4m^2

③対角開け0.1前-後

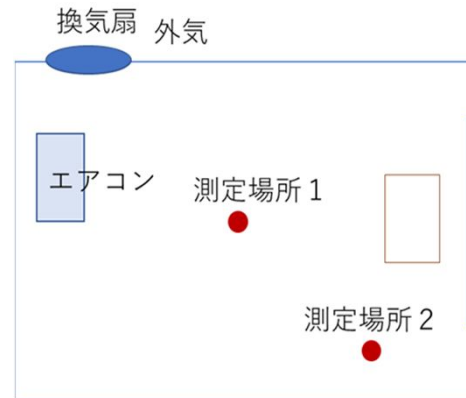


上部前窓(小) 20cm: 0.108m^2
後扉 20cm: 0.4m^2

④窓閉・換気扇無

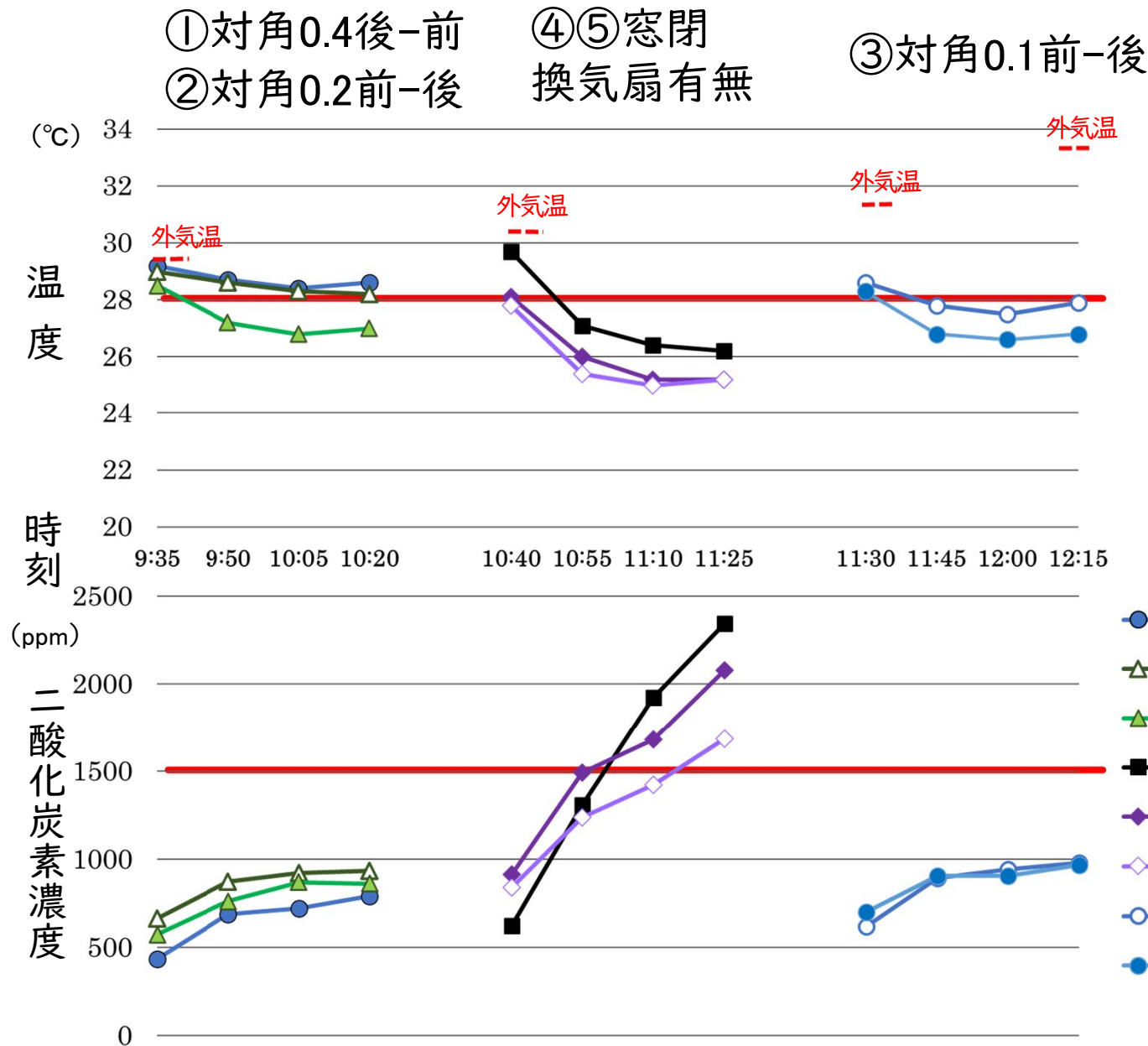


⑤窓閉・換気扇有



休み時間に5分間全窓開放し換気を実施。授業開始0分、15分、30分、45分の温度CO₂濃度を測定した。開放条件は、対角開け3条件窓閉め換気扇有無の2条件計5つの条件で行った。

室内環境の測定(結果)



換気後、授業中に窓を閉めると室温は低下したが、換気は不十分であった。窓を対角上に開けて連続換気すると1,000ppm以下が保たれた。開放面積が小さいほど、室温は低下傾向がみられた。

温度は、教室内の位置で差があり、外窓から離れた方が温度の低下が早い傾向にあった。

室内環境の測定(考察)

【考察】

現在、担当校における換気は、熱中症対策を優先するため、休憩時間に窓を開放し、授業中はすべての窓等を閉めてエアコンを効かせる方法をとっている。測定の結果、窓を閉めた状態では、授業開始後30分以内に教室中央での二酸化炭素濃度測定値が

1,500ppmを超えており、換気が不十分であることが示唆された。

対角線上に外気側の窓と廊下側の扉を開放し、連続換気したところ、今回のいずれの条件においても二酸化炭素濃度は1,000ppm以下に保たれた。外気側の開放面積が大きいほど、室温は低下しにくい傾向があり、室内温度を基準の17~28℃に努めること及び冷暖房効率を考慮すると、開放面積は小さく、効率が良い換気条件が望まれる。

換気量は風力、温度差等で変動し、児童生徒の在室人数や授業形態(講義型や発話の多いグループ学習等)で必要換気量が変化することを踏まえ、学校薬剤師として適切な換気方法の指導助言を行うことが必要であると考えられた。

機械換気を使用している場合

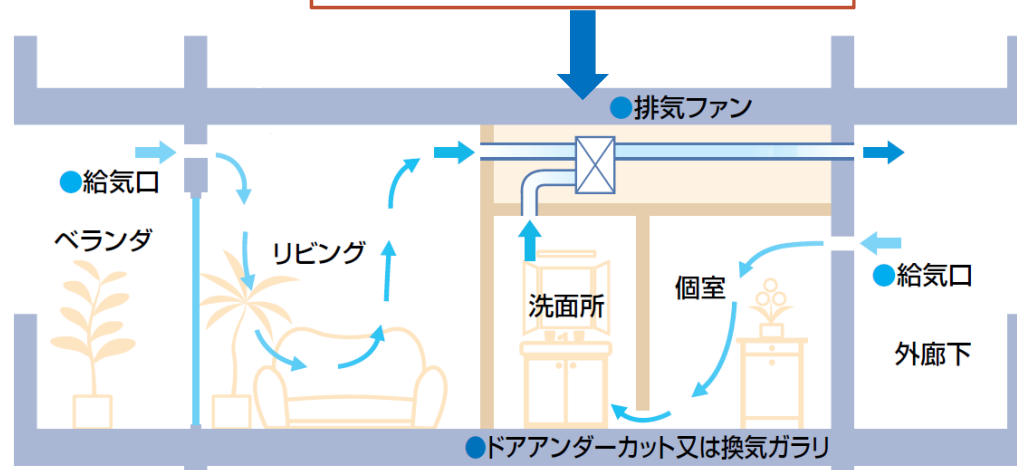
第1種換気設備が設置されている場合には、常に稼働させてください。第1種換気では、熱交換型換気システム（温度を保ちながら給気と排気を機械換気する設備）が備わっているものがあります。必要換気量（ $30\text{m}^3/\text{人}/\text{時}$ ）を満たしている場合は、原則として稼働中は自然換気との併用は必要ありません。

第2種換気設備、第3種換気設備の場合は、窓等を開けて換気口を確保します。また、それぞれの換気能力を確認し、必要に応じて自然換気と併用します。

建築基準法では換気設備を規制しています

共同住宅の第3種換気設備の例

換気回数0.5回/hの24時間換気システムを設置



換気において気を付けること

換気扇（ファン）等に汚れが溜まっていると効率的な換気ができません。

表示されている換気能力を発揮するためには、メンテナンスが大切です。

機械給気や機械排気を使用する場合は、使用状況に応じて、ファンの清掃やフィルターの交換頻度などを考慮してください。



機械換気を効果的に使用するために、定期的に清掃を行いましょう



児童生徒らの安心・安全な学校生活のために、
正しい知識と実践をもって
感染症予防につとめましょう



ご清聴ありがとうございました

横浜薬科大学 田口 真穂
m.taguchi@yok.hamayaku.ac.jp

