

# 教室の換気効率測定

静岡県立三島北高等学校  
科学部 2年 中澤 嵩ほか2名

## 動機

2018年—2019年のシーズンでインフルエンザの感染者数は約1200万人、日本人の約10人に1人が感染した。感染者を年齢別に見ると14歳未満の感染者が四割を超え、小学校だけでも2万もの小学校が休校した。このことから近年広がる感染症は深刻な問題であることが窺える。特に小学校や中学校、高校など人が密集する施設は感染をさらに拡大させる。感染を抑えるには換気が有効的と言われているがその効果に確証を得られなかった。しかし、どのように空気が流れ換気をするのか分かれば感染拡大を防ぐことができると考えた。

また、私たちが研究の準備をしていたところ、今日も猛威を振るっている新型コロナウイルスによって約3か月の休校を余儀なくされた。この期間、社会的にも換気の重要性が重視され始めた。そこでまずは私たちの使用している教室の換気状況を調べる実験を行った。

## 研究にあたって

まず今回の研究では測定に際して、模型実験を行うことにした。本校の普通教室の1/25サイズの模型を2種類製作した。

### 初代教室模型 (図1)

・柱に磁石テープを張り付け、また各窓の大きさに合わせた磁石シートを用意することで磁力によって窓の開閉を再現した。これによって任意の窓を開閉可能である。

・また、教室天井側にアクリル板を置き、内部を観察できるようにする。

- ・木製
- ・2020年7月頃製作



図1 初代教室模型

### 2代目教室模型 (図2)

・窓のついている面を二重壁にし、間に窓の形に数か所切り抜いた紙と切り抜いていない紙を挟み、切り抜いていない紙を模型の天井側から引き抜くことで同時に開閉可能である。

- ・ポリプロピレン製
- ・2020年10月頃製作

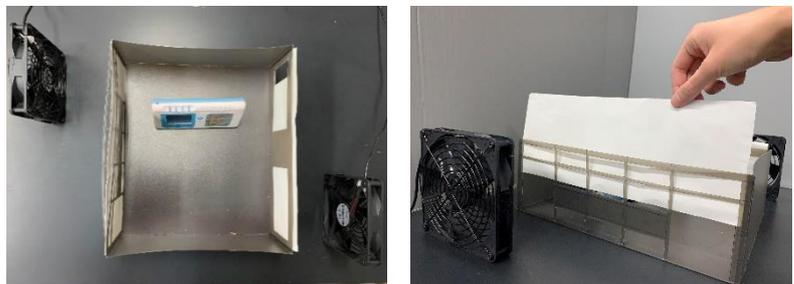


図2 2代目教室模型

## 実験1 換気シミュレーション

この実験では開閉する窓の組み合わせによって空気の動きがどのように変化するのか観察した。

### ・実験方法

初代教室模型の中心に香（コーン型）を設置し煙を溜める。煙が十分に溜まり香の火が消えたのを確認した後、模型の窓を開ける。また、実際の状況を考慮して風を再現したパターンでも検証する。風は模型の両壁に小型の扇風機（ファン）を設置して再現する。この際上側からスマートフォンで煙の動きを撮影する。

今回は

- ・風が直線に流れるように窓を開ける（以後直線型）（図3）
- ・風が対角線上に流れるように窓を開ける（以後対角型）（図4）
- ・教室の片側のみ窓を開ける（以後U字型）（図5）

の3パターンの開け方と風の有無で計6通りのシミュレーションを行う。



図3



図4



図5

### ・結果

まず、扇風機による風を発生させない場合、直線型、対角型、U字型のすべてのパターンで、窓の付近の煙から順に外に排出されるという現象が見られた。よって模型中央の煙は排出されにくい。

次に、風を発生させた場合（図6）について以下の結果が得られた。

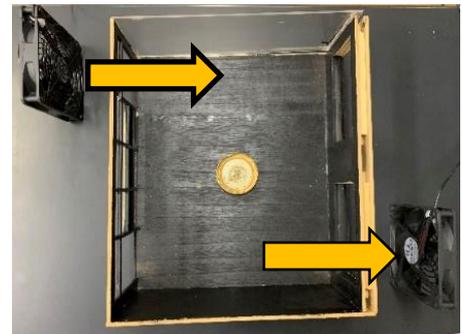


図6

図7は教室後方の廊下側と屋外側の窓を開けた直線型のシミュレーションの画像である。風は廊下側から入り屋外側に抜けるよう扇風機を設置した。

真っ直ぐ入った風は中央部で教室前方に流れ渦を巻くように吹くものとそのまま向かいの窓から排出されるものとに分離した。教室中央には煙が溜まっているのが確認された。

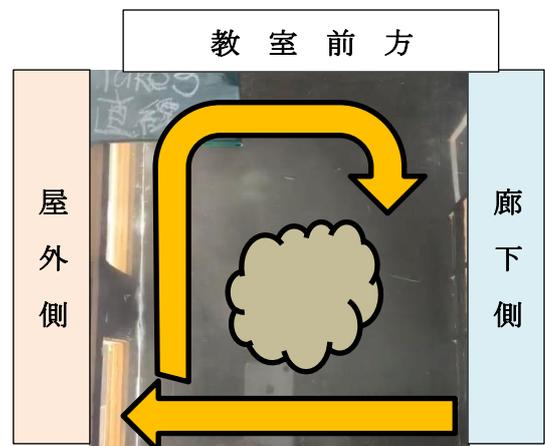


図7 直線型

図8は教室後方の廊下側と教室前方の屋外側の窓を開けた対角型のシミュレーションの画像である。風は廊下側から入り屋外側に抜けるよう扇風機を設置した。

入ってきた風は正面の壁にぶつかり、教室前方に進む。その大部分の風は前方の窓に吸い込まれる。また、このとき上手く窓に入れず前方の壁にぶつかり教室前方の廊下側に流れる風もわずかに見られた。この風は教室前方の廊下側の煙を教室後方に運んでいた。

これは反対に教室前方の廊下側と教室後方の屋外側の窓を開けた場合でも見られた。

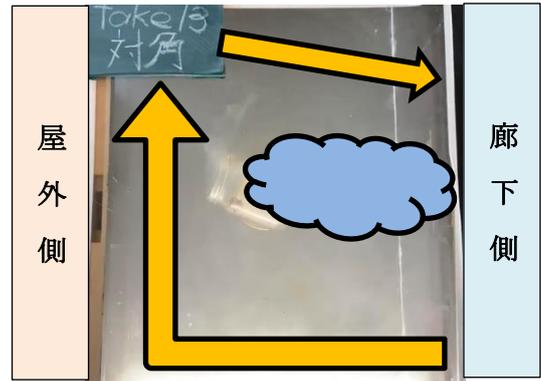


図8 対角型

図9は教室後方の廊下側と教室前方の廊下側の窓を開けたU字型のシミュレーションの画像である。風は教室後方から入れ前方から出るように扇風機を設置した。

入ってきた風は渦を巻き壁に沿って流れ、教室前方の窓から排出される。また教室中央の廊下側付近に煙が溜まっているのが確認された。

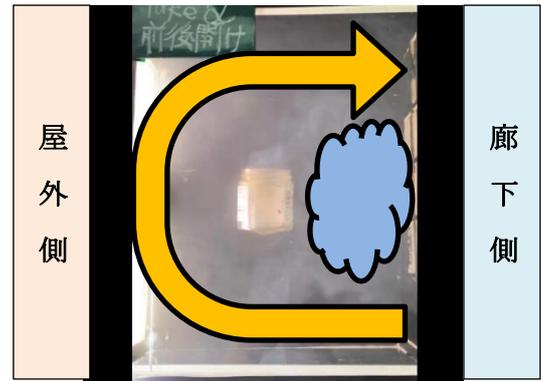


図9 U字型

#### ・考察

風がない場合、特に規則的に動くわけではなく窓の周りの空気から外部と交換されていく。

風が直線上に流れるように窓を開けた場合、入ってきた風はそのまま向かいの窓から出て行ってしまっただけでなく、一部の風は教室内で渦を巻き、汚れた空気を循環させてしまう。

風を対角線上に流れるように窓を開けた場合が、煙が排出される速度が最も早かった。また排出されない煙が渦を巻く量も少なかった。教室全体に風が行き届き短時間で換気を行えると期待できる。

教室の片側のみを開けた場合、今回の実験では比較的大部分の換気が行われ一見、換気方法として有効に思えるが、実際の教室では教室後方だけ風が流れ教室前方からは風が流れないという現象が起こることは少なく、現実的に有効ではない。

したがって風があるとき、窓は対角線上に開けるべきである。しかしこの結果は目視にすぎないため次の実験では数値を求めて検証していく。

#### 実験2 二酸化炭素濃度の測定

それぞれの窓をどれくらいの大きさに開ければよいかを調べる。



図10

## ・実験方法

2代目教室模型内に線香を焚き、二酸化炭素濃度が2000ppmに達するまで煙を溜めその後に入る風と出る風のファンを置き、必要な場所を切り抜いた壁を挟み、30秒ごとに二酸化炭素濃度の推移を測定した。窓の開け方は

- ① 入口面積を一か所、出口面積を一か所のもの
- ② 入口面積を一か所、出口面積を二か所のもの
- ③ 入口面積を二か所、出口面積を二か所のもの（図10）

のパターンで測定する。

なお窓の開け方は実験1に基づき両方対角で開け測定器の設置場所は教室内の一か所で固定した。

## ・結果

図11はパターン①、②の結果を表したものである。

図12はパターン①、③の結果を表したものである。

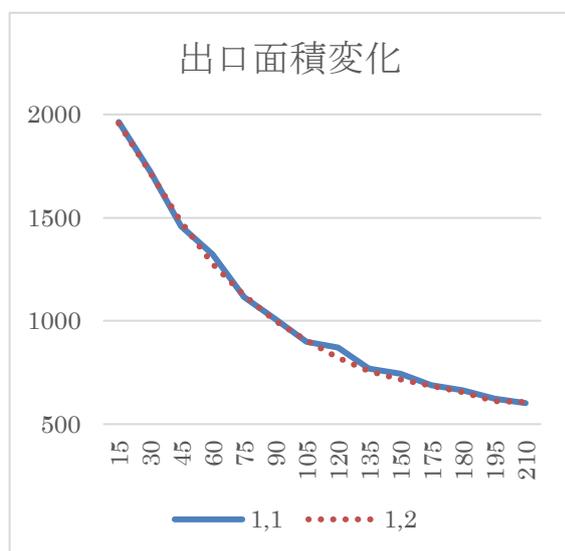


図 11

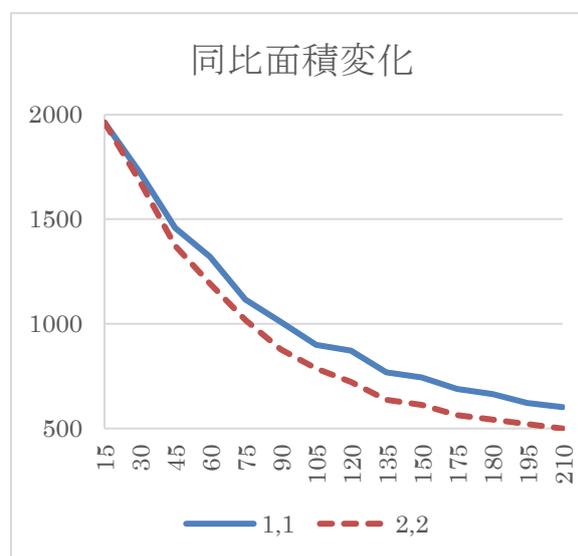


図 12

図11から、風の入る側の窓を一か所、風の出る側の窓も一か所で開けて換気をした場合、換気後の二酸化炭素濃度は602ppmとなった。それに対して風の入る側の窓一か所、出る側の窓を二か所開けた場合、換気後は607ppmとなった。この結果から出口面積を変化させても、入り口面積が変わらなければ、教室内の二酸化炭素濃度の減少量に差は見られないことが分かった。

図12から風の入る側の窓を一か所、出る側の窓も一か所開けて換気をした場合換気後の二酸化炭素濃度は602ppmとなるのに対して、風の入る側の窓を二か所、出る側も二か所開けて換気をした場合、換気後の二酸化炭素濃度は499ppmとなった。両者には約103ppmの差が見られ、入り口と出口の面積を同時に大きくすると二酸化炭素濃度の減少量は大きくなった。

## ・考察

効率よく換気を行うためには、風の出口だけを大きくするのではなく入り口面積も大きくすることが必要である。これは風の入る側の窓を大きくしたことにより教室内により多くの風が吹き込み、教室を十分に循環した後その風が循環し続けることなく排出されたためである。そのため実際の教室で換気をする場合は対角を同じ面積で開けるのが好ましい。しかし、教室の体積に合わせて適切な面積

の窓を開け、換気をする必要がある。今回模型として使った教室は実際に換気を行う場合、対角の窓を2ヵ所ずつ開ければ十分な換気が可能なためそれ以上開ける必要はないとわかる。

### まとめ

- ・教室内の換気では風がない日は十分な換気が行われず、教室中央に汚れた空気がたまるため扇風機やエアコンなどを用いて空気を循環させる必要がある。
- ・風が吹いている日は対角線上に窓を開けるのが最も効率の良い換気方法である。
- ・換気をする時は教室内に入る風が少ないと十分に換気できないため、風の入る側の窓をある程度開けておく必要がある。
- ・教室の換気を充分に行うためには窓を大きく開けることが重要だが、窓2枚程度の面積窓を開けると十分な換気が行われる。
- ・開ける窓を3枚、4枚と増やしていった時の二酸化炭素濃度の減少率等、今後も実験を行い、空気の交換について最適な面積を調べていきたい。

### 参考文献

<https://inful.help/infographics/>