換気で快適な室内空気環境を

執筆／ 新潟大学大学院自然科学研究科教授 赤林 伸一

●換気計画の基礎

（１）換気の必要性

室内で人が健康で快適な生活を行うためには、室内に清浄で新鮮な空気を供給する必要があります。１人が１時間に消費する酸素の量は活動状態によっても異なりますが、だいたい21リットルといわれており、最低これだけの酸素を供給しなければ生きていくことはできません。さらに室内では人体や燃焼器具、壁や床から空気を汚染する人体に有害な物質や、人間が不快と感じる物質が大量に発生します（図１）。したがって汚染された空気を室外に排出し、新鮮な外気を供給する必要があります。

人は温度の感覚には大変敏感で、暑いときには冷房をつけたり、寒いときには暖房をつけたりしますが、においや空気の汚れに関しては比較的鈍感で、部屋の空気が相当汚れていても気がつかないことがしばしば見受けられます。とくにわが国では建物のすき間が多く、このすき間から自然に換気されていたので、とくに意識して換気を行う必要がありませんでした。

しかしながら、最近のアルミサッシの普及や省エネルギーを目的とした断熱化・気密化により、すき間からの自然換気だけでは必要換気量をまかなうことができなくなり、機械換気計画の必要性が問題となっています。換気が不足すると室内でさまざまな障害が生じます。極端な例は一酸化炭素中毒による死亡事故ですが、室内が高湿度になることによる結露、カビ・ダニの発生、新建材などから発生するホルムアルデヒドなどの揮発性有機化合物によるシックハウス症候群などが問題となっています。

建物の高断熱・高気密化は、室内に快適な温熱環境を形成するうえでは大変有利なのですが、室内の空気環境の観点からは大変不利で、従来のすき間からの自然換気に頼るのではなく、機械換気設備などを利用した計画換気が必要不可欠です。

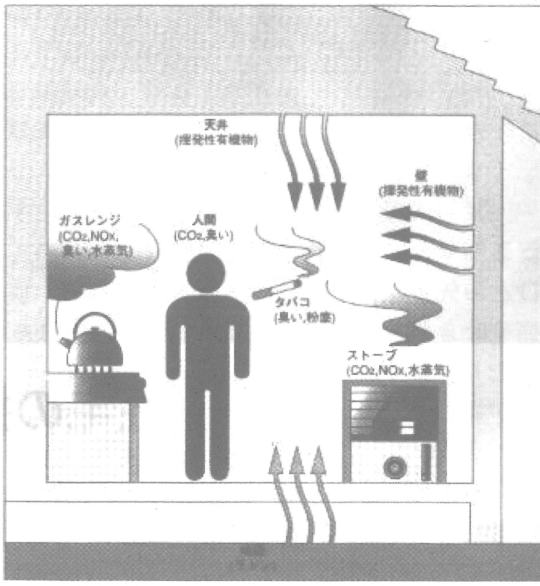


図１　室内で発生する汚染物質

（２）換気の定義

換気という言葉は大変幅広く使用されており、室内の空気と屋外の空気を入れ換えることの総称として用いられています。ただし、窓を開放して大量の空気を入れ換えるような場合には通風と称し

て、換気と区別しています。室内で発生した汚染物質の排除や人間に対する新鮮な外気の供給を換気と定義し、この場合の換気量は多くても換気回数で10回/時以下となります。一方通風の場合には室内に人が感じる気流を導入し、体感温度を下げることが目的で、換気回数で数十回から100回/時程度となります。

（3）換気の駆動力

空気は圧力の高いところから低い方へ流れます。台風は低気圧ですから台風の目に向かって周りから空気が流れ込んできます。ある部屋の空気の圧力が他の部屋や外より高くなればすき間から空気が流れ出し、逆に圧力が低ければ空気が流入します。ただし、空気が入りっぱなしでは部屋が風船のように膨らんでしまうので、入ってきた空気はやはりすき間から出ていくことになります。

換気を引き起こす原因となるのは室内外に生じる圧力差です。この圧力差を引き起こす原因となるものは２つあります。１つは自然換気とよばれるもので、外部の風速と室内外の温度差によって生じます。これは外部の風速が速く、室内外の温度差が大きければ換気量は増大します。もう１つは機械換気です。これは換気扇で室内の空気を強制的に排気したり給気したりするもので、外部の風速や室内外の温度差を受けにくく安定した換気量を確保することができます。

（4）換気回数

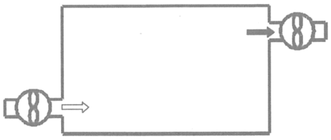
換気回数は部屋の換気量を部屋の容積で割った値です。昔の小中学校で気密に配慮されていない場合には、２から３回/時程度、最近のアルミサッシが設置された教室で窓を閉め切っていれば0.3～0.5回/時程度の換気回数です。

●換気設備の方式

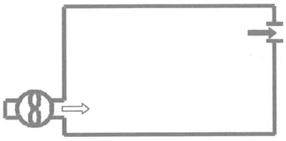
換気設備には大きく分けて自然換気設備と機械換気設備の２種類があります。機械換気設備はさらに次の３種類に分類されます。①給排気とも機械換気設備で行う第１種機械換気設備、②給気を機械換気設備で行い排気は自然排気口またはすき間から行う第２種機械換気設備、③排気を機械換気設備で行い給気は自然給気口またはすき間から行う第３種機械換気設備です。これらの３種類にはそれぞれ特徴があります。

●校舎全体の換気システムの設計

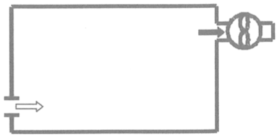
校舎にはさまざまな目的の教室や共用部分があり、それぞれ使用目的や発生する汚染質の量と質が異なります。従来の換気設計ではすき間からの換気や窓を開放することによる換気が主でしたが、室内で発生する化学物質の濃度を確実に低下させるためには校舎全体に対して機械換気システムを設置し、確実に換気を行う必要があります。



第１種機械換気システムは、給気ファン、排気ファンの両方が設置され、室内の圧力を自由にコントロールすることができるため、部屋単体で換気システムを完結したい場合に用いられる。



第２種機械換気システムは、給気ファンが設置されるため、室内の圧力が正圧に保たれる（ほかの部屋より高い圧力になる）。したがって、室内の空気を清浄に保ちたい部屋に用いられる。



第３種機械換気システムは、排気ファンを設置するため、室内の圧力が負圧に保たれる（ほかの部屋より低い圧力になる）。したがって、汚染質が発生しやすい部屋で用いられることが多い。

換気の効率を高めるには床面付近から給気し、天井付近から排気することが重要です。

校舎の中で最も室内の空気質を清浄に保つ必要があるのは、児童生徒が最も長時間滞在する一般教室です。したがって、一般教室は第２種機械換気システムとし、外気を直接教室内に取り入れる必要があります。取り入れた外気は廊下などを通じて外に排出する必要があるので、廊下側のドアなどにアンダーカットあるいはガラリが必要となります。

一方、特別教室の中で、理科室、図工室、工作室、家庭科室などは接着剤、化学実験材料、ガスコンロなどが設置されており、汚染質の発生源となる可能性が高いです。これらの教室は室内で発生した汚染質が他の教室や廊下に漏出しないように第３種機械換気あるいは第１種機械換気とすべきです。音楽室、コンピュータルームなどは比較的気密性能が高く、窓を開けることが難しいので第1種機械換気システムとすることが望ましいでしょう。

共用部分のトイレは大量の臭気や消臭材から発生する化学物質で汚染されているので第３種機械換気システムとします。

校舎全体の換気システムとしては、一般教室から給気された外気が、廊下などを経由して理科室、図工室、家庭科室などの特別教室およびトイレから排気されるようなシステムとすることが重要です。

●一般教室（冷房設備のない教室）

一般教室は第２種換気システムとします。給気ファンは窓より低い位置に設置し、冬季のドラフトを防止するため、暖房機器の背後に設置することが望ましいでしょう。換気風量は生徒１人当たり小学校では10m^3/時、中学校では15m^3/時、高校では20m^3/時とします。風量の大きい換気扇は騒音も大きいので１台当たり100m^3/時以下の換気扇を複数台設置することが望ましいでしょう。排気口は廊下側のドアのガラリまたは欄間とし、すき間相当面積で0.5m^3程度とします。換気設備の運転はタイマー運転とし、授業開始の約１時間前から授業終了時までとします。ただし、夏季や中間期などのように窓を開放しているときには運転を停止してもよいでしょう。暖房設備はできれば温風ヒータのように空気を暖める形式ではなく、温水パネルや輻（ふく）射型ストーブのように輻射で人体に熱を供給するタイプが有効です。

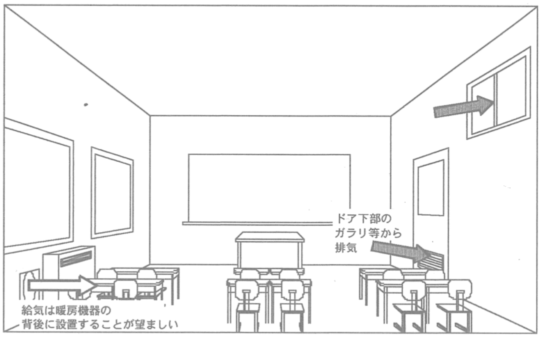


図２　給気で機械換気を行う方式（一般教室の例）

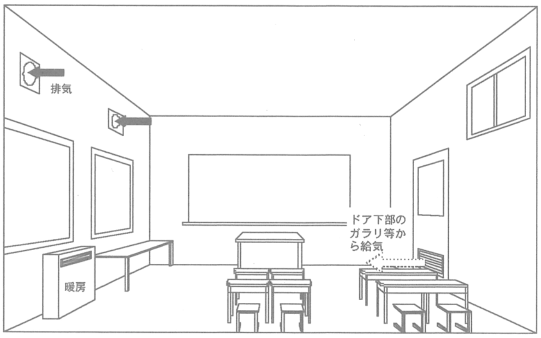


図３　排気で機械換気を行う方式（図工室の例）

●理科室、家庭科室、図工室など

理科室、家庭科室、図工室などの汚染質が発生しやすい教室は第3種換気システムとします。換気風量および１台当たりの風量は一般教室と同様です。排気ファンは窓よ

り高い位置に設けることが望ましいでしょう。給気はドア下部のガラリまたは廊下側の掃き出し窓とし、相当すき間面積は一般教室と同様です。換気設備の運転は常時運転とするのが望ましいですが、長期（３日程度）にわたり使用しない場合には運転を停止してもよいでしょう。暖房設備は一般教室と同様です。

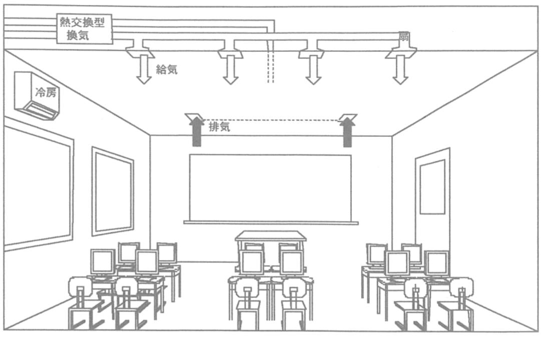


図４　給気・排気とも機械換気で行う方式
（コンピュータ室の例）

●多目的教室（冷房が設置されている教室）

コンピュータ室、多目的教室などで冷房が設置されている場合には第1種換気システムとします。給排気口は天井に設置し、教室の後方に給気口を4カ所程度、前方に２カ所程度の排気口を設置します。換気扇はダクトタイプの熱交換型換気システムとし、風量は一般教室と同様です。消音ダクト、静穏タイプの給排気口を使用し騒音に配慮します。運転時間は一般教室と同様にタイマーで制御し、使用開始時の１時間前から使用終了までとします。ドア、欄間などは開放せず、廊下からの汚染空気が侵入するのを防止します。

●トイレ

トイレは第３種換気システムとします。換気風量は200m³/時程度とし、タイマー運転を行い、授業開始の１時間前から下校時までとします。

●おわりに

換気の話は重要です。先日行われたシックハウスに関するシンポジウムでも、今後の問題点は住宅に設置した換気扇をいかに24時間運転してもらうかだ､という結論になりました。

小学生に対して､「手を洗いましょう」とか「うがいをしましょう」という環境衛生教育はよく行われていますが、室内の空気の質に関する教育は行われていません。環境衛生教育はいきなり地球環境問題や廃棄物のリサイクルなどの教育になってしまいます。中間が抜けていて、この部分を補完することが重要であると考えます。

私たちは濁った水を飲むことには強い拒絶反応を示しますが、汚れた空気を吸うことにはそれほど強い拒絶反応を示しません。空気の性状やその動きは一般に目に見えないので、私たちは空気環境の悪化に、ついつい不注意になりがちです。人の体内に入ってくる物質は重量比で約９割が呼吸による空気です。食料、飲料は重量比で言えば大した量ではありません。価格の高い水を買って飲んだり、有機栽培の食料を買ったり、食べ物には関心が高いのに、常に呼吸している空気の質に関心が薄いのは問題です。屋内空気、屋外空気を問わず、清浄な空気を確保することは基本的人権の１つであると考え、空気環境改善のための活動を推進すべきです。

＜参考文献＞

１）赤林伸一『住宅の換気計画』熱と環境　Vol.48　'96-12　ダウ化工
２）石原正雄『建築換気計画』朝倉書店　昭和44年3月