

3 . 換気設備設計時の留意点について

Q：どうして換気が必要なのですか？

近年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、隙間等からの自然換気のみでは、必要な換気量を賄うことが出来なくなっています。換気が不足すると、室内が高湿度になることによる結露、カビ、ダニの発生、建材等から発生するホルムアルデヒド等の揮発性有機化合物によるシックハウス症候群等の様々な問題が生じます。これらの問題に対応するためには、適切な機械換気計画の立案が重要となっています。

室内で人が健康で快適な生活を行うためには、清浄で新鮮な空気を供給する必要があります。大人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大体21ℓとされています。

また、室内では、人、燃焼器具、壁や床等から人間が不快と感じる物質や空気を汚染する人体に有害な物質が発生(図3-1)するため、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すが、臭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付かないことがあります。日本の伝統的家屋では、建物の隙間が多く、この隙間から自然に換気されており、特に意識して換気を行う必要がありませんでした。

建物の高断熱・高气密化は、室内に快適な温熱環境を形成する上では大変有利ですが、室内の空気環境の観点からは大変不利で、従来の隙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。

室内空気の汚れの判断方法

室内の空気が汚れているかどうかの判断基準には、二酸化炭素の濃度がよく用いられます。二酸化炭素は、最近地球温暖化の原因になるといわれていますが、一酸化炭素の様にわずかな量で人体に影響を与えるような有毒なガスではありません。しかし、二酸化炭素は室内空気の汚染の状態を代表していると考えられ、二酸化炭素の濃度の高い部屋では、その他の人体に有害な汚染質の濃度も高いと考えられ、悪い空気環境の指標となっています。



図3-1 室内で発生する有害物質の例

1)換気の原理

換気を引き起こす力となるのは、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つは自然換気と呼ばれるもので、外部の風速と室内外の温度差によって生じます。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出来ます。

空気は、圧力の高いところから低い方へ流れます。台風(図3-2)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。部屋の空気の圧力が他の部屋や外部より高くなれば隙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。

但し、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いますから、入ってきた空気は隙間から出ていくことになります。



図3-2 圧力の流れの例(台風)

2)計画換気

計画換気とは、従来の日本の伝統的家屋のように隙間からの自然換気で必要換気量を賄うのではなく、必要な場所に必要な量の新鮮外気を供給する方式です。もちろん給気するだけでなく、汚染物質の発生する場所から排気する場合があります。

計画換気が有効に機能するためには、建物の隙間を極力少なくする必要があります。隙間の多い建物で計画換気システムを採用しても、換気システム以外からの給排気量が相対的に多いため効果がありません。

計画換気が有効に機能していれば、冷たい隙間風に悩まされることもなくなるため、省エネルギーの観点からも有利です。

3)換気回数

換気回数は、部屋の換気量(新鮮外気の供給量)を部屋の容積で割った値です。

昔の学校で気密に配慮されていない場合には、2~3回/h程度の自然換気が行われていましたが、最近のアルミサッシ等による気密化が図られた教室で窓を閉め切っている場合は、0.3~0.5回/h程度の自然換気となります。

Q：換気設備にはどのような方式がありますか？

換気方式には、大きく分けると自然換気と機械換気の2種類があります。

機械換気による方式は、次の3種類に分類されます。給排気とも機械換気設備で行う第1種機械換気設備、給気を機械換気設備で行い排気は自然排気口または隙間から行う第2種換気設備、排気を機械換気設備で行い給気は自然給気口または隙間から行う第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、使う場所や目的によってそれぞれの方式を選択することになります。

1) 機械換気設備の種類

第1種機械換気設備は、給気ファン、排気ファンの両方が設置されるため、室内の圧力を自由にコントロールする事が出来る。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。

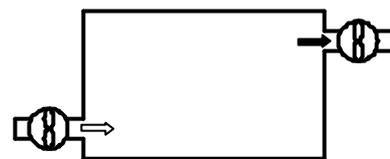


図3 - 3 第1種機械換気設備

第2種機械換気設備は、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（他の部屋より高い圧力になる）。従って、室内の空気を清浄に保ちたい部屋に用いられる。

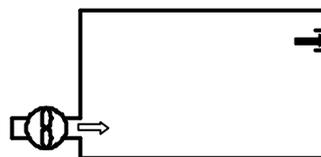


図3 - 4 第2種機械換気設備

第3種機械換気設備は、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（他の部屋より低い圧力になる）。汚染質が発生しやすい部屋で用いられることが多い。



図3 - 5 第3種機械換気設備

2) 機械換気の必要性

建築基準法の改正によるシックハウス対策のための規制の導入により、新築・改築・改修等をする際には、居室への一定の条件を満たす機械換気設備の設置が原則として義務付けられました。教室についても規定が適用されますので、原則として機械換気設備の設置が必要となります。(参考資料 改正建築基準法に基づくシックハウス対策の概要参照)

3) 機械換気設備（換気扇）の性能と種類

換気扇などのファンの性能は、P - Q特性というもので示されます。Pは換気扇の前後の圧力差、Qは風量です。これは、図3 - 6に示すように大きな部屋（チャンバー）にファンを取り付け運転した場合の風量（Q）と部屋間の圧力差（P）の関係を示したものです。

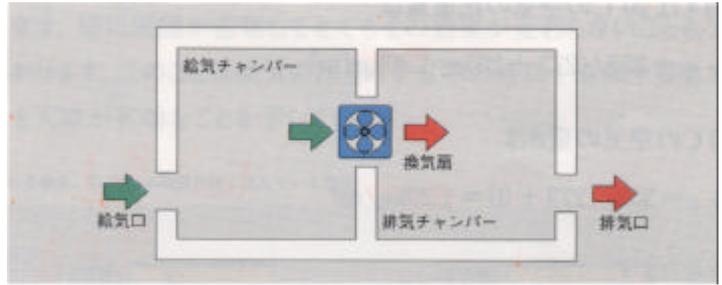


図3 - 6 チャンバーにファンを取り付けた例

図3 - 7にファンのP - Q特性の例を示します。Pが0の時の風量はファンに全く抵抗が無い場合の風量です。またQが0の時のPは締切静圧と呼ばれ、ファンが空回りしている状態を示します。従って、換気扇などのファンによる風量は、換気経路に沿った圧力損失とファンのP - Q特性が分かれば計算できることになります。ファンのP - Q特性と換気経路の圧力損失を計算して、必要換気量に見合ったファンを選定することが重要です。

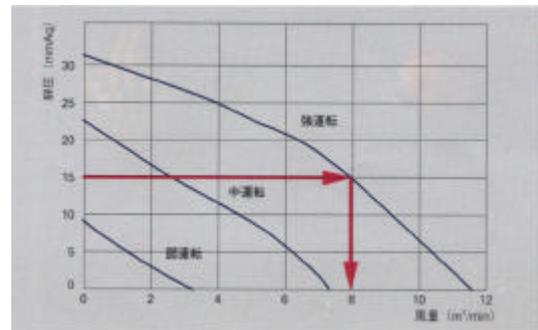


図3 - 7 ファンのP - Q特性の例

換気扇（ファン）の種類

- ・プロペラファン：壁付きの換気扇として使用されるファンで、居室に設置して排気や給気に使用される。価格は、3つのファンの中で最も安価で、比較的大風量であること（400 m³/h程度）、圧力差が取れないため外の風が強い地域や高層階では使用できないこと等の特徴がある。
- ・シロッコファン：円筒状のファンの遠心力で送風するもので、台所のレンジフードなどに使用される。大きな静圧が取れるので、ダクトに接続する場合や外部風速の影響を受ける部分でも、有効に排気や給気ができる。また、騒音が大きいこと、価格が比較的高い等の特徴がある。
- ・軸流ファン：プロペラファンとシロッコファンの中間の静圧が取れ、ダクトの途中や壁付きの換気扇に使用される。
- ・熱交換型換気扇：排気の持っている熱を給気（つまり外気）に伝えて、冬なら外気を暖めて室内に供給する。冬の冷たい外気が直接、室内に供給されないで室内を快適に保つことができるが、価格が比較的高い等の特徴がある。

Q：部屋（教室等）の種類によって換気方式は変わりますか？

空調設備の設置の有無や汚染物質の発生等、教室の種類に応じた換気方式を選択する必要があります。以下に教室等の種類による換気計画例を示します。

1)空調設備のない教室の場合

空調設備のない教室の場合は、室内の空気を清浄に保つため、第2種換気とするのが良いでしょう。給気ファンを窓より低い位置の暖房機器の背後付近に設置すると、冬季の冷たい風を防止するため、それ程寒さを感じさせません。

換気風量は、生徒1人当たり小学校では10m³/h、中学校では15m³/h、高校では20m³/hです。風量の大きい換気扇は、騒音も大きいので1台当たり100～200m³/h以下の換気扇を複数台設置することが望ましいと考えられます。このことは、給気された外気が室内に均等に行き渡る効果もあります。

排気口は、廊下側のドアのガラリまたは欄間とし、隙間相当面積で0.5m²程度は必要です。

換気設備は、常時運転できるものとしなければなりません。教室については、夜間等の人の不在時に限って換気設備の運転を停止させる運用も考えられます。その際の換気設備の運転は、タイマー運転等により、授業開始の約1時間前から授業終了時までには運転させることが必要です。換気設備の停止時には、相対的にホルムアルデヒド等が高濃度化する場合がありますので、教室の使用時には所要のレベルまで速やかに換気できるための措置（使用前の換気や高容量の換気等）が必要となります。

暖房設備は、出来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と考えられます。

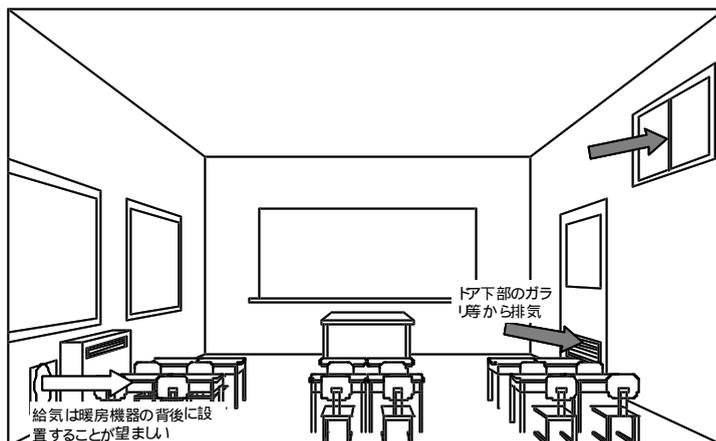


図3-8 空調設備のない教室の換気計画例

2)特別教室（理科室、家庭科室、図工室など）の場合

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、ガスコンロ等が設置されており、汚染物質の発生源となる可能性が高いといえます。

これらの教室は、室内で発生した汚染物質が他の教室や廊下等に漏出しないように第3種機械換気或いは、第1種機械換気が

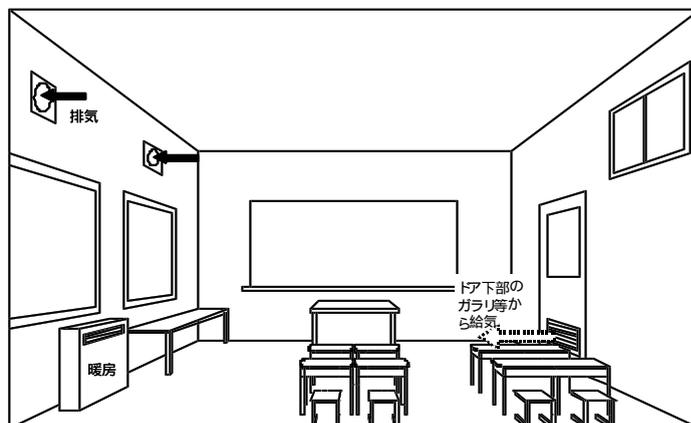


図3-9 特別教室の換気計画例

望ましいと考えられます。

音楽室、コンピュータールーム等は、他の部屋に比べて気密性能が高く、給気量の確保が難しいので第1種機械換気システムとする事が望ましいと考えられます。換気風量及び1台当たりの風量は、空調設備のない教室の場合と同様です。

排気ファンは、窓より高い位置に設ける事が重要です。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、相当隙間面積は空調設備のない教室の場合と同様です。

換気設備は、常時運転できるものとしなければなりません。夜間等の人の不在時に限って換気設備の運転を停止させる運用も考えられます。ただし、換気設備の停止時には、相対的にホルムアルデヒド等が高濃度化する場合がありますので、教室の使用時には所要のレベルまで速やかに換気できるための措置(使用前の換気や高容量の換気等)が必要となります。

暖房設備は、空調設備のない教室の場合と同様です。

3)空調設備が設置された教室等の場合

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種換気システムとすることが望ましいと考えられます。

教室全体の空気の流れを考慮して、たとえば、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すること等が考えられます。

換気扇は、ダクトタイプの熱交換型換気システムとして、風量は、空調設備のない教室の場合と同様です。消音ダクト、静音タイプの給排気口を使用すること等により、騒音に配慮する必要があります。

運転時間は、空調設備のない教室の場合と同様にタイマー等で制御し、使用開始時の1時間前から使用終了までは運転させることが必要です。ただし、換気設備の停止時には、相対的にホルムアルデヒド等が高濃度化する場合がありますので、教室の使用時には所要のレベルまで速やかに換気できるための措置(使用前の換気や高容量の換気等)が必要となります。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する必要があります。

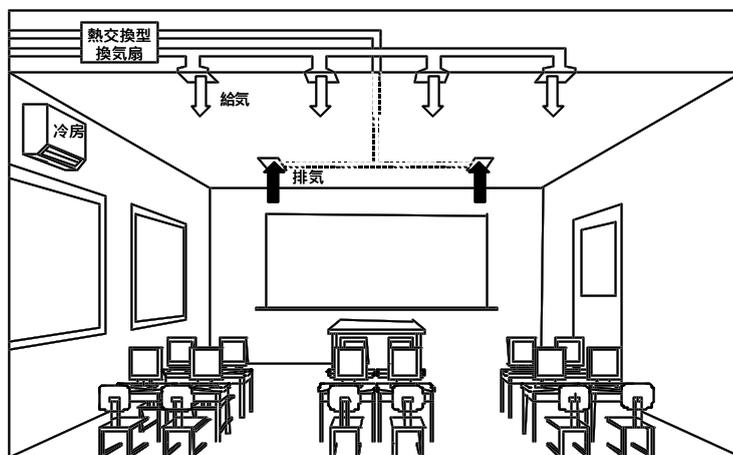


図3 - 10 空調が設置された教室の換気計画例

4)トイレの場合

トイレの場合は、第3種換気システムとすることが望ましいと考えられます。換気風量は、200m³/h程度とし、タイマー運転等を行い、授業開始の1時間前から下校時までは換気設備を運転させることが望ましいと考えられます。

Q：換気計画の立て方は？

校舎には、様々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物質の量と質が異なります。従来の換気設計では、隙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て確実に換気を行う必要があります。

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、廊下等を経由して理科室、図工室、家庭科室などの特別教室及びトイレから排気されるようなシステムとすれば校舎全体が効率よく換気されることになります。

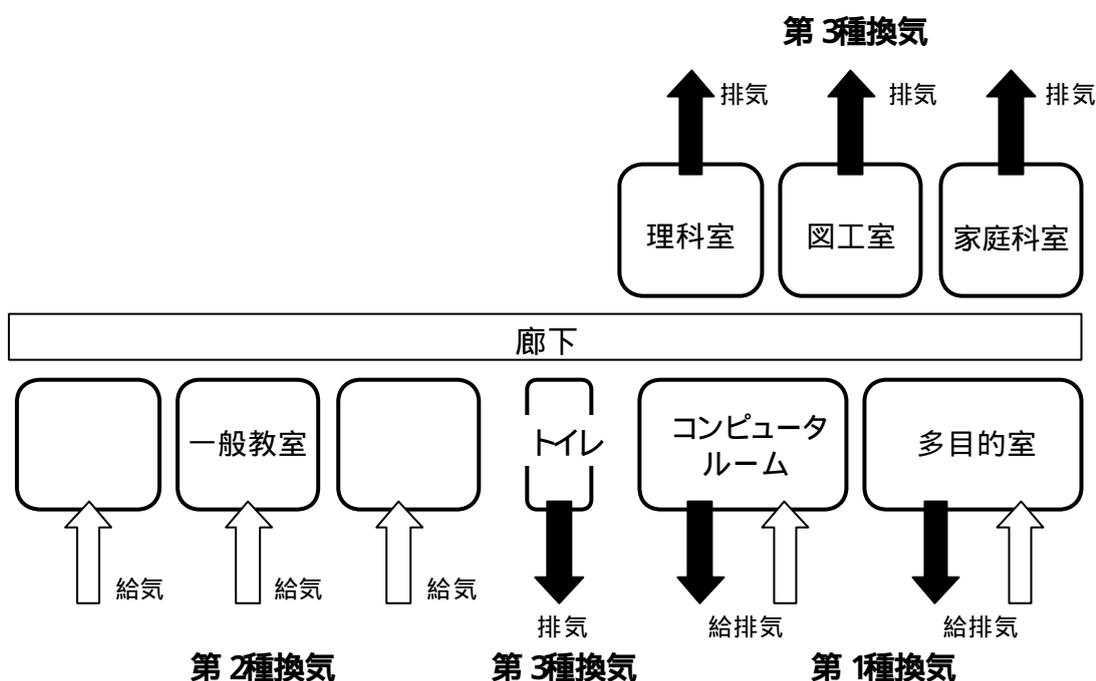


図3 - 1 1 校舎全体の換気計画の例

1) 必要換気量

建物の中では、人の活動に伴って様々な汚染物質（人体に有害な物質や不快感を起こさせる物質）が発生します。これらの汚染物質の濃度を許容濃度以下にするための換気量を必要換気量と呼びます。建物の中でも部屋の用途によって必要換気量は異なります。例えば、調理室の様に燃焼器具を使用する部屋では、大量の換気が必要ですし、工作室のような部屋では、どの様な接着剤や溶剤が使用されるかによって必要換気量は異なります。また、同じ目的の部屋でも、在室人数により必要換気量は異なります。

必要換気量は、汚染質の発生量が明らかで、その汚染質の許容濃度が分かっているれば次式で算出することができます。

$$Q = K / (P_a - P_o)$$

Q：必要換気量 (m³ / h)

K：汚染質の発生量(cc / h)

P_a：汚染質の許容濃度(ppm)

P_o：外気の汚染質濃度(ppm)

2)換気経路の圧力損失

空気は、気圧の高い方から低い方に流れることを既に示しましたが、流れの途中にダクトや屋外フードなどがあると、これらが障害になって空気が流れにくくなります。この流れにくさを表しているのが換気経路の圧力損失です。

窓や壁に換気扇を設置した場合には、部屋の隙間の特性がそのまま換気経路の圧力損失になります。隙間が小さければ圧力損失が大きく、風量は減少し、隙間が多ければ圧力損失は小さく風量は増加することになります。隙間の少ない部屋では、換気扇と連動して開閉する給気口を設置するか、教室であれば廊下側に給気口或いは排気口を設置する必要があります。

ダクトを使用した換気システムでは、ダクトの種類によって圧力損失が異なります。図3 - 1 2 に風量とダクトの圧力損失の例を示します。例えばフレキシブルダクトは、鉄板引きダクトやグラスウールダクト等に比べて圧力損失が相当大きく、使用するには注意が必要です。また、ダクトの断面積を半分になると、圧力損失は4倍になりますから、出来るだけダクトの直径を大きくすることが重要となります。最低でも直径が150mm程度のダクトが必要となります。

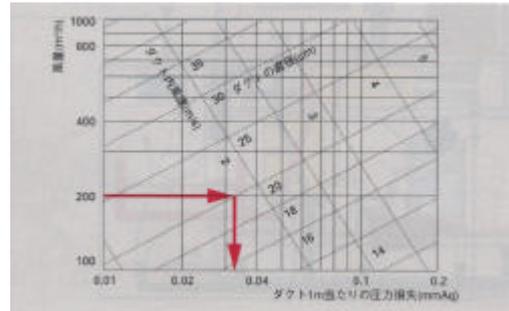


図3 - 1 2 風量とダクトの圧力損失の例

3)効率の良い換気

必要換気量の算出は、室内で発生する汚染物質が室内で一様に拡散することを前提に算出されてきました。しかし、給気口の位置や排気口の位置、汚染物質の発生する位置によっては、室内各所における汚染物質の濃度に濃淡が生じることになり、効率のよい換気もあれば効率の悪い換気となる場合もあります。

一般の居室では、人がいることによる上昇気流が室内に生じているので、部屋の床付近から給気し、天井付近から排気する方法が効率的であると考えられています。