

# 換気・通風・気密性(1)

## 換気のお考え方

内海 康雄 宮城工業高等専門学校 正会員

キーワード：換気 (Ventilation), 流れのモデル (Airflow Model), 性能評価 (Performance Evaluation), ハイブリッド換気 (Hybrid Ventilation)

省エネルギーの立場から、建築物の高気密化が進んでいるが、シックビルディング症候群のような室内汚染による居住者の健康への影響が指摘されている。そのため、室内の空気質を保つための換気性能の確保が求められ、住宅では24時間の機械換気が義務づけられた。また、空調設備では、自然エネルギー利用という立場から、事務所ビルなどで従来の機械換気だけではなく、自然換気を積極的に取り込むハイブリッド換気(ハイブリッド空調)の導入などの新しい動きがある。

ここでは、このような換気や空気の流れを考える際の基礎的な知識を理解するとともに、それらをどのように組み合わせて設計や評価に応用していくかを学ぶ機会としたい。

### はじめに

室内の空気環境では、居住者への安全性や快適性が求められる。自然換気や機械換気を用いて、その実現が従来から図られてきた。一方、社会的にはCOP3における京都議定書<sup>1)</sup>に定められるように、地球温暖化防止のためにCO<sub>2</sub>排出量の削減が求められている。

これらのために、建物の断熱化・気密化が進められて大きな効果を挙げているが、換気に関しては次のような影響を与えている。まず、断熱化により空調設備の消費エネルギーが減少するが、換気量は簡単には低減できないので、換気負荷の全体に対する割合が相対的に大きくなる。次に、気密化により自然換気量が減少するが、自然換気は気象条件の変化に応じて変わる“なりゆき現象”であるため、いつも一定の換気量を確保するのが難しい。そのため、換気量が不足した場合には、シックビルディング症候群(Sick Building Syndrome)のような室内空気質(Indoor Air Quality)の問題が生じることとなった。

これらに応じて、新しい換気システム、例えば機械換気と自然エネルギー利用を組み合わせたハイブリッド換気システムが開発され、また、住宅への24時間機械換気の義務づけ<sup>2)</sup>などが行われてきている。単に、手順に従って、設計図書を作成、利用するのではなく、換気にかかわる幾つかの事項をよく理解したうえで、よりよいシステム開

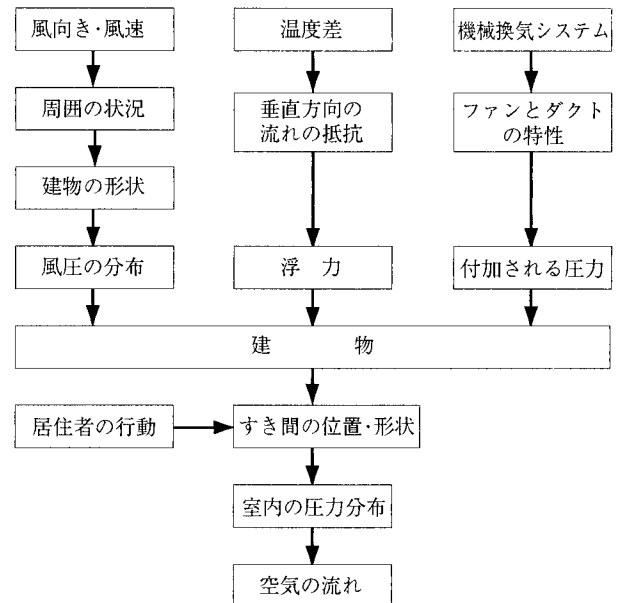


図-1 建物と換気の関係

発、施工、維持、管理を考えるべきである。

本講座では、換気や空気の流れを考える際の基礎的な知識を、以下の項目に分けて解説していく。それらをどのように組み合わせて、設計や性能評価に応用していくかを学ぶ機会となれば幸いである。

- 1 換気のお考え方：目的や現象の表現、換気性能の評価
- 2 換気の基本理論：必要換気量、汚染質、機械換気と自然換気の基本事項
- 3 住宅の換気を例とした換気設計：考慮すべき項目や一般的な手順など
- 4 換気性能・気密性能の評価法：気密や換気の評価、測定法など
- 5 換気の数値計算方法：換気・通風の計算モデルや計算法
- 6 換気の数値計算ツール：計算ツールと計算例の紹介

## 1. 換気のお考え方

### 1.1 換気目的

建物の換気とは、室の空気が入れ替わることである。建物のすき間や窓の開閉などのほか、ファンなどにより、建物や室と外気との間での空気が出入りする。

窓や換気口などの意図されている換気のほかに、眼にみえない小さなすき間などを通して起きる“漏気”がある。漏気も換気に含まれるが、建物の気密性能が低下すると大きくなり、制御することが難しい。近来は、省エネルギーのために気密化が進んでいるが、換気を考えるうえでは、建物の気密性能がどの程度であるかを知り、換気への影響を考えておく必要がある。第4回で説明する。

換気量は、室や建物ごとに換気回数[1/h]で表されることが多い。

$$\text{換気回数 } N[1/h] = \frac{\text{換気量 } [m^3/h]}{\text{室の容積 } [m^3]} \quad \dots(1)$$

換気回数1回といえば、1時間に室の容積と同じ容積の空気が入れ替わることになる。

住宅の換気は、換気回数0.5回が目安とされているが、夏の暑い時期に、窓を開け放して風にあたって涼むときには、換気回数が数十回以上になる。このように、大量の空気が動く際には、別に分けて“通風”と呼ぶことがある。

換気には二つの目的がある。

- 1) 室内の居住者の呼吸や使用する燃焼器具のための新鮮空気を提供することであり、給気と呼ぶ。
- 2) 室内で発生する二酸化炭素、あるいは燃焼ガスなどの汚染物質を排除することであり、排気と呼ぶ。

これらを適切に行うことにより、室内の空気環境を安全かつ快適に保つことができる。なお、上記の二つの目的に加えて、室内の温熱環境の調整のために補助的に使われることがある。

ここで、新鮮空気とは、取入れ外気のことであり、一般には隣の室からくる空気を新鮮空気とは考えない。ただし、都市部では、自動車の排気ガスなどの影響により、必ずしも外気が新鮮空気とみなせない場合があるので、取入れ外気に何らかの処理が必要になるかもしれない。

建物の換気はどのようなものと関係して起きるかを、図-1に示す。換気にかかわる項目としては、建物、自然に関する条件、人為的な条件に大きく分けられ、自然条件と人為的な条件が建物に作用して換気が起こる。建物は、計画時にいろいろと工夫できるが、自然条件はいくらかは予測できても制御できない。人為的な条件については、居住者の住まい方にかかわることなので、変えることはなかなか難しい。換気設備を提供・維持する設計者・技術者の立場が重要であることがわかる。

空気を流して換気を起こす物理的な力は、次の二つである。

- 1) 自然力：空気の温度差、風
- 2) 機械力：ファンや換気扇など

空気の密度は高温になると小さくなるので、二つの空気のかたまりの間に温度差があれば密度の差により、浮力が

表-1 空気の組成(水蒸気を除く主なもの)

物質	記号	分子量	容積 [%]
窒素	N <sub>2</sub>	28.016	78.09
酸素	O <sub>2</sub>	32.0	20.95
アルゴン	Ar	39.994	0.93
二酸化炭素	CO <sub>2</sub>	44.01	0.03

生じて空気が動く。煙突などを使うと、換気が促進されるのはこのためである。また、外気では風が吹いており、その風力により空気が動く。

自然の力はコストがかからず枯渇しない。外気温や風速・風向きとして、空気調和・衛生工学会の標準気象データや、拡張 AMeDAS<sup>3)</sup>で統計的に把握できる。一方、なりゆき任せであるので、その現場やある時刻で必ず一定の換気量を確保することは難しい。

機械力は、ファンなどで強制的に圧力をつくり出して空気を動かす。設備を設置してコストをかけ、エネルギーを消費せねばならないが、いつでも一定の風量を確保できる。

自然と機械の力が、建物周囲の状況、建物の形、すき間や開口部の性質により、結果として圧力(静圧)となりさまざまに作用して、空気の流れ、すなわち換気が起こる。

## 1.2 換気という現象の表わし方

空気は気体であり、その組成は表-1に示される<sup>4)</sup>。窒素が78%含まれており、人間の呼吸に必要な酸素の21%と合わせて大部分を占めている。空気の密度  $\rho$  [kg/m<sup>3</sup>] は温度により異なるが、20℃の乾き空気では1.2 [kg/m<sup>3</sup>] である。1気圧のもとでの温度  $t$  [℃] の空気の密度は次式で示され、温度が高くなるにつれて小さくなる。暖かい空気と冷たい空気が一緒にあると、密度差のために軽い空気は上昇しようとするが、これを浮力と呼ぶ。

$$\rho = \frac{353.25}{273.15 + t} \quad \dots(2)$$

空気は液体と同様に、流れる性質を持つので流体と呼ばれる。換気やダクト内の流れなどを表すときに、その流れの性状に応じて、流体の種類が次のように幾つかに分類されている。

- 1) 圧縮性流体と非圧縮性流体：空気は圧力をかければ容積が小さくなるので、縮む性質を持つ圧縮性流体として扱われる。液体は圧縮しにくいので、非圧縮性流体として扱われることが多い。また空気でも、温度変化や圧力変化が小さい場合には、非圧縮性流体とみなして扱うことがある。
- 2) 完全流体：空気や水は、粘りつく性質、すなわち粘性を持っているが、それがないと仮定した流体のこと

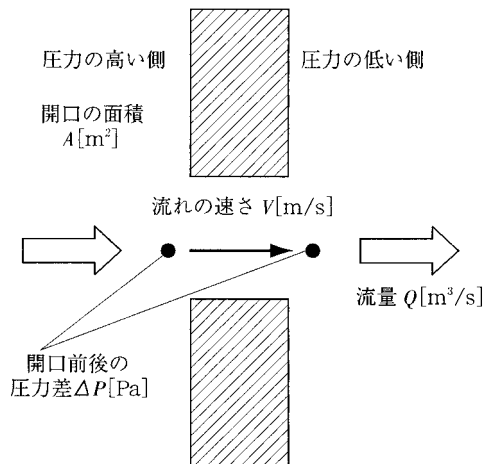


図-2 開口部前後の圧力差と流量の関係

をいう。この仮定によりベルヌーイの定理(後述)が導かれ、粘性の影響が小さい場合には、流速の計測などに役立つ。非圧縮性も仮定する際には、理想流体と呼ぶ。

実際の流体は粘性を持つので粘性流体と呼ばれ、ダクト設計において圧力損失の計算が必要になる。

- 3) 定常流と非定常流：時間変化のない流れを定常流と呼び、時間により変化する流れを非定常流という。対象としている流れが、考えているある時間内に変化が小さければ、定常流として扱ってよい。例えば、給気口からの吹出し空気の風向き・風速が動作開始後に安定すれば、定常流として扱ってよい。

さて、換気では空気のさまざまな流れが起きるが、その現象の表し方には幾つかのモデルがある。

#### (1) 圧力をもとにして開口部を通じた空気の流れを考えるモデル

換気を起こす圧力に着目して、図-2のように空気の流れが、窓やすき間などの開口部の大きさや形状と、その前後の圧力差  $\Delta P$  [Pa] に応じて起きると考える。流量と圧力との関係は次式のように扱う。ここでの圧力は静圧であり、空気の密度差による浮力や風が持つ運動エネルギー(動圧)による風圧などにより生じる。

$$Q = \alpha A \sqrt{2 \Delta P / \rho} \quad \dots\dots (3)$$

風圧は、風圧係数  $C$  を用いて静圧として扱われる。風圧係数とは、風が持つ動圧に対する実際に建物のある部分にかかる風圧力  $P_w$  の割合を表し、ある位置の高さでの風速を  $V$  [m/s] とすると次式で表される。この値は、風向きや建物の形状などにより変わる。

$$P_w = C \cdot \rho \cdot V^2 / 2 \quad \dots\dots (4)$$

また、開口部の大きさは、実際の開口の面積に流量係数  $\alpha$  をかけて、形状の影響を考慮している。

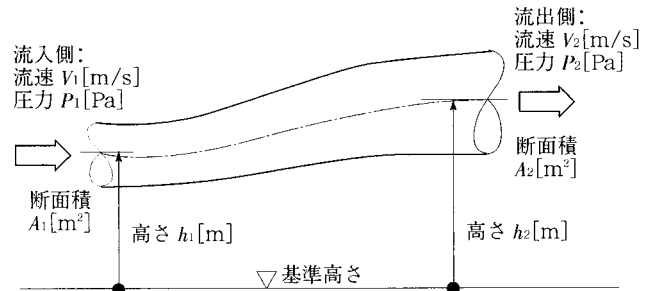


図-3 流管における流れ

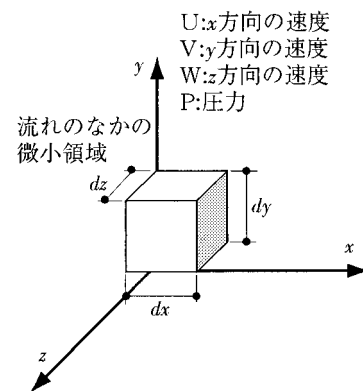


図-4 微小領域における流れの表現

#### (2) 空気を非圧縮性、完全流体、定常流とみなして、流体を扱うモデル

粘性が小さいとみなせる空気の流場で、図-3のような一本の閉じた管(流管)を考え、空気の静圧、動圧、高さを扱うモデルである。

まず、流管にはそれを横切る流れがないので、入口と出口での流量は等しくなるはずであり、これを質量保存則という。

$$V_1 \cdot A_1 = V_2 \cdot A_2 \quad \dots\dots (5)$$

次に、粘性の影響がないので、任意の断面での静圧、動圧、位置のエネルギーの総和は保存される。すなわち、あるダクトの入口と出口で流体が持つエネルギーの総和は変わらないことを表す。次のベルヌーイの定理として知られている。ここで  $g$  は重力の加速度 [m/s<sup>2</sup>] である。

$$\begin{array}{lll} \frac{\rho V_1^2}{2} & + \rho \cdot g \cdot h_1 & + P_1 \\ \text{運動エネルギー} & \text{位置エネルギー} & \text{圧力のエネルギー} \\ \text{(動圧)} & & \text{(静圧)} \\ \hline = \frac{\rho V_2^2}{2} & + \rho \cdot g \cdot h_2 & + P_2 \\ = \text{一定} & & \dots\dots (6) \end{array}$$

これを用いて、ピトー管による流速測定やベンチュリー計による流量測定などを行っている。

#### (3) 流体の持つ運動量に着目して粘性も考慮して扱うモデル

ある空間における流体が持つ圧力，流速，粘性などの性質を考慮しており，流体の運動量の保存則に基づいたモデルである。図-4に示すように，流れの性質を持つ十分に小さい微小領域を考えて，そこでの流れを記述する方程式(ナビエ・ストークス方程式)が次のように導かれる。ここで，流体は非圧縮性としている。

$$\rho \frac{U}{t} + \rho \left( U \frac{U}{x} + V \frac{U}{y} + W \frac{U}{z} \right) + \frac{P}{x} - \mu \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial z^2} \right) = 0 \quad \dots\dots(7)$$

$$\rho \frac{V}{t} + \rho \left( U \frac{V}{x} + V \frac{V}{y} + W \frac{V}{z} \right) + \frac{P}{y} - \mu \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial z^2} \right) = 0 \quad \dots\dots(8)$$

$$\rho \frac{W}{t} + \rho \left( U \frac{W}{x} + V \frac{W}{y} + W \frac{W}{z} \right) + \frac{P}{z} - \mu \left( \frac{\partial^2 W}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 W}{\partial z^2} \right) = 0 \quad \dots\dots(9)$$

ここで， $U$ [m/s]:  $x$ 方向の速度， $V$ [m/s]:  $y$ 方向の速度， $W$ [m/s]:  $z$ 方向の速度， $P$ [Pa]: 圧力， $\mu$ : 粘性係数[kg・s/m<sup>2</sup>]である。上式の各項は順に，時間微分項，移流項，圧力項，粘性項と呼ばれる。

これと次式の質量保存則を連成して解くことにより，室内の風速・風向き，圧力などの空気分布を知ることができる。

$$\frac{U}{x} + \frac{V}{y} + \frac{W}{z} = 0 \quad \dots\dots(10)$$

浮力を考慮する際には，空気の温度分布を扱わねばならないので，次のエネルギー方程式と連成される。

$$\rho \cdot c \left[ \frac{T}{t} + U \frac{T}{x} + V \frac{T}{y} + W \frac{T}{z} \right] - \lambda \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right) = 0 \quad \dots\dots(11)$$

その際，式(7)の左辺に次の浮力項が加えられる。ここで， $c$ : 定圧比熱[J/(kg・K)]， $\lambda$ : 熱伝導率[J/(m・K)]， $T$ [K]: 基準温度，例えば平均室温， $\rho$ [kg/m<sup>3</sup>]: 基準温度での空気の密度， $\beta$ [1/K]: 体積膨張率である。

$$\rho_0 \cdot g \cdot \beta \cdot (T - T_0) \quad \dots\dots(12)$$

これらに関しては，CFD(Computational Fluid Dynamics, 計算流体力学)の分野でのシミュレーションがよく知られており，コンピュータによる高速計算が必須となる。

これらのモデルは挙げた順に精査(緻)なものとなっていく。仮定がより少なくなり，精度が向上し，得られる情報は多くなる。一方，必要な入力データや扱うための予備知識やコンピュータなどの資源は増えていき，検証のための計測も次第に高度になっていく。

通常は，建物全体，あるいは室ごとの換気量が問題となるので(1)のモデルが多く使われる。このモデルと，室内で空気が瞬時に拡散するという仮定，粘性によるダクト内の圧力損失の計算，経験上のノウハウなどを用いて，現場での多くの問題が解決される。ただし，室内の空気分布を知る必要がある場合には(2)あるいは(3)のモデルが使われる。

例えば，ある室の換気量  $Q$  がわかったとして，入ってきた空気は瞬時に一様に拡散すると仮定すれば，換気量  $Q$  [m<sup>3</sup>/h]，汚染質発生量  $M$  [kg/h]，室内の汚染質濃度  $C$  [ppm]の三つの関係がザイデルの式によって表せる。すなわち，ある時刻の室内の汚染質濃度を  $C_s$  とし時間  $t$  [h] 経過したときの，室内の汚染質濃度  $C$  は次式となる。

$$C = C_0 + (C_s - C_0) e^{-\frac{Q}{V} t} + \frac{M}{Q} \left( 1 - e^{-\frac{Q}{V} t} \right) \quad \dots\dots(13)$$

ここで， $C_0$ : 外気の汚染物質濃度 [ppm] である。

どれか二つを与えれば，ほかの一つが求められるので，これを用いて時刻ごとの濃度変化の予測や換気量の推定などが行われており，設計・計画や性能検証などの多くの場面で問題解決に役立っている。

換気設計や計画の際，あるいは現場で抱えている課題の性質に応じて使うべきモデルを選ぶべきであり，それに必要な資源があるかどうかを考えて，課題の解決に取り組むべきである。

なお，ザイデルの式については第2回，また計算法については第5回で，計算ツールについては第6回で，さらに扱い方などを詳しく述べる。

### 1.3 換気性能の評価

換気の実績は，新鮮空気の提供と汚染質の排除であるが，その性能評価については，室内空気中にある汚染質に着目して，その濃度が許容濃度やガイドライン値を超えているかどうかで判断するという方法が一般的である。ある基準を満たすのに必要な取入れ外気量を必要換気量といい，これが確保されていれば室内空気質が清浄であると判断できる。

建築基準法で定められているCO<sub>2</sub>濃度1000ppmという規定は，CO<sub>2</sub>を室内での汚染の総合的指標と考えている。シックビルディングの原因の一つであるVOQ(揮発性有機化合物)に関しては，厚生労働省のガイドライン値が定められている。

したがって，換気性能を確かめるには，その室の汚染質の濃度を測定すればよい。また，汚染質濃度は，汚染質の発生量と換気量で決まるので，発生量が一定ならば，あらかじめ設計された必要換気量が確保されているか，測定して確認するという方法もある。

本学会により規定されたSHASE S102<sup>5)</sup>もその考え方に

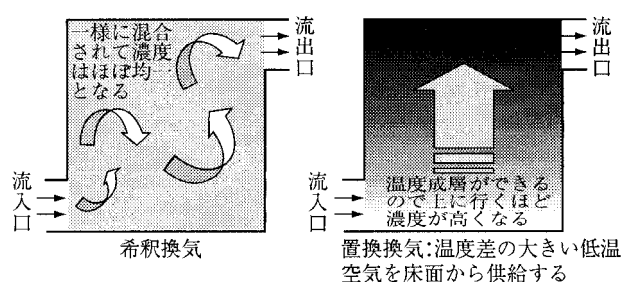


図-5 希釈換気と置換換気

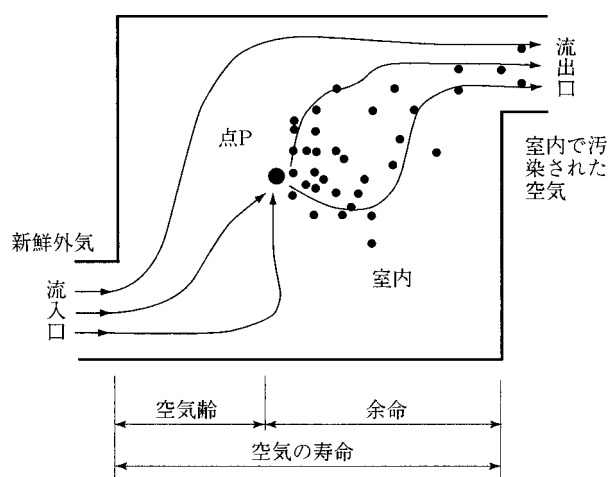


図-6 空気寿命

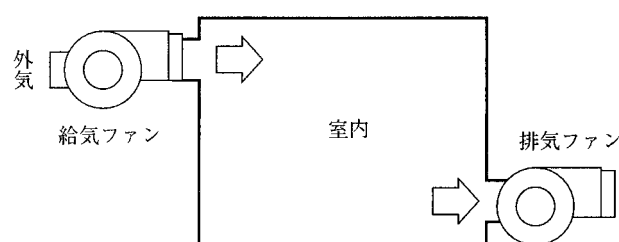
そっており、幾つかの汚染質の許容濃度が示されている。ASHRAE や EU など各国の基準も同様の考え方となっている。

さて、このような性能評価の考え方では、汚染質の希釈が基本であるため、給気は一様に室内に拡散すると考えており、給気温度と室内の温度の差が小さい中間期で、換気量が十分な場合には適切な考え方である。一方、給気温度と室温の差が大きく風量が少なく、かくはんによる汚染質の希釈が行われない場合、さらには、低温の空気を床面付近から供給する置換換気では、温度成層をつくって一様に拡散しないように意図されるなど、換気において室内の空気分布を考えねばならない場合が多くなっている(図-5)。

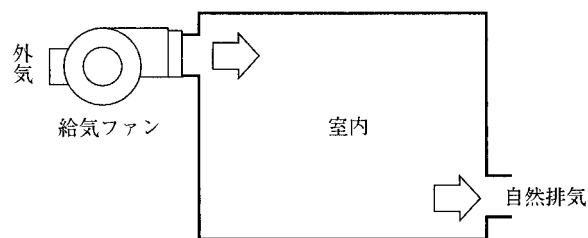
近來の換気理論、測定技術、情報技術の進展に伴って、以下に示すような換気効率という考え方をを用いて、これらの課題も扱えるようになってきている。

さて、実際の室内では、室内の給気口に近い空気は室内の汚染質と出会っていないので、排気口に近い空気より汚れていない。そこで、給気が室内に入ってからでて行くまでの経過時間を、人の一生に合わせて“空気寿命”とする考え方ができた。

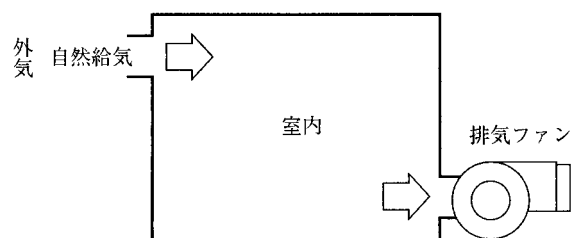
図-6に示すように、ある室の流入口から出発して室内のある点までくるのにかかる時間を“空気齢”という。実際



(1) 第1種換気方式 機械給気, 機械排気



(2) 第2種換気方式 機械給気, 自然排気



(3) 第3種換気方式 自然給気, 機械排気

図-7 機械換気的方式

表-2 機械換気的方式

方式	給気	排気	室内圧力
第1種	機械	機械	正または負
第2種	機械	自然	正
第3種	自然	機械	負

にはさまざまな経路をたどってある点に到達するが、それらを平均した時間である。例えば、ある位置で空気齢が  $0.5 \text{ h}$  であれば、流入口から入って30分後の空気を吸っていることになる。空気齢が小さければ、より新鮮な空気となる。また、ある位置から出発して流出口まで行くのにかかる時間を“余命”という。

空気齢と余命を足したものを空気寿命といい、流入口から流出口まで流れるのにかかる時間である。これは、換気回数の逆数と考えてよい。例えば、換気回数が  $0.5 \text{ 1/h}$  であれば、空気寿命は2時間である。

空気齢は、ある位置へ新鮮空気を提供するのにかかる時間を示し、空気余命はある点から汚染物質を排除するのにかかる時間を示す。これらはほかの指標も合わせて“換気効率”としてまとめられており、室内の空気分布に基づ

く換気性能を評価できる。より詳しく第4回で述べる。

なお、現場で換気性能を評価するための換気量と換気効率の測定方法については、SHASE S 116 2003 トレーサガスをを用いた単一空間の換気量測定法<sup>6)</sup>と、SHASE S 115 2002 室内換気効率の現場測定法・同解説<sup>7)</sup>で示されている。

#### 1.4 機械による換気の方

機械換気では、ファンなどの機械力により圧力をかけて空気の流れを起こす。ファンなどの機械を設置してエネルギーを投入すれば、必要な圧力と風量を得ることができる。

給気と排気における圧力のかけ方からみた三つの機械換気方式がある(図-7、表-2)。

第1種換気では、室内の圧力を正負いずれにも調節できるが、ほかの方式では正負のいずれかのみとなる。第1種換気では、給気と排気の双方に設備設置が必要となるが、給気と排気のファンを組み合わせることで排気の持つ熱を回収して給気側に与える熱交換器を組み込むことができる。一般には、第2種換気は新鮮空気の提供の役割が大きく、第3種換気は汚染質の排除という役割が大きい。

設置形態からみた場合には、セントラル方式(中央式)と局所式に大別される。セントラル方式は、建物の全部あるいはゾーニングされた範囲内の換気を、設置された換気システムで行い、大規模なビルの換気などに用いられる。局所式は、建物のある範囲や室の一部のみを対象として換気を行う。住宅のちゅう房、トイレなどでは局所式と第3種換気の組合せが用いられる。

建物と室ごとの用途、使用スケジュール、また、一つの室において居住者がいて同時に汚染質が発生する場合があるなど、方式の選択と組合せは慎重に決めねばならない。住宅についての考え方は、第3回で説明する。

#### 1.5 自然換気とハイブリッド換気の方

換気を起こす力は、温度差と風という受動的(passive)な自然力と、ファンなどの能動的(active)な機械力である。自然エネルギーはその地域の地勢に応じて異なり、季節や時刻で変動するが、経費がかからず環境への負荷が少ない。また、機械力はいつでも一定の力を得られる。

この二つを組み合わせる換気を行うシステムを、ハイブリッド換気システムという。両者の長所を生かすように、自然エネルギーを利用して空調や換気用の負荷を削減して機械力の低減を図り、エネルギー消費量やCO<sub>2</sub>排出量を抑えながら、快適な空気環境の実現を目指そうというものである。

自然エネルギーは温度差や風速が小さく、換気の駆動力となる静圧が小さい。このため、換気システムの圧力損失を小さくしなければならず、ダクト断面積の増大などス

ペースを大きくとってしまうので、コンパクトなシステムをつくりにくいなどの課題があるが、地球環境への負荷削減のために世界的に注目されている。

国際エネルギー機関IEAのECBCSプロジェクトのAnnex 35 Hyb Vent(Hybrid Ventilation in New and Retrofitted Office Buildings, 第35小委員会(新規もしくは改修オフィスビルにおける自然通風と機械換気を併用した換気))として取り組まれた。

日本でも、この小委員会への参加を含めて、風力と浮力による自然通風をはじめ、外気との温度差を利用したナイトパーージや機械冷房システムとの組み合わせられた例などがある<sup>8)</sup>。

ハイブリッド換気システムが新築のみならず改修へも対応可能となること、換気性能の予測手法、プロモートと普及、適切な測定技術などの必要性が指摘されており、実測や実験による性能検証、CFDなどによる数値計算による予測、自然換気時の温熱快適性の評価、新しい換気方式の開発と検討などが進められている。オフィスビル、学校などでの事例紹介、ならびに詳細な解説が文献8)に示されている。

### おわりに

換気の一つの目的とそれにかかわる社会背景を述べたうえで、換気という現象の考え方とモデル、換気性能の評価の方法、自然換気と機械換気の種類と特徴を概説した。また、室内の空気分布を考慮した換気効率の考え方、ならびに近年注目されている地球環境への負荷が小さい、自然換気と機械換気を組み合わせたハイブリッド換気システムについて言及した。

今回は、必要換気量と汚染質、機械換気と自然換気などについての基礎的な事項について説明する。

### 参考文献

- 1) 環境庁地球環境部：COP3京都議定書と私たちの挑戦——“気候変動に関する国際連合枠組条約”に基づく第2回日本報告書(1998), pp.221~243, 環境庁
- 2) 国土交通省の建築基準法第28条の2の改正, 2004年7月, 関連する法律などは, <http://www.mlit.go.jp/ju-takukentiku/build/sick.html> を参照されたい。
- 3) 赤坂 裕・二宮秀與・松本真一・曾我和弘・永村一雄・三木信博・永村悦子・武政孝治：拡張アメダス気象データ(英語版)(2003.2), pp.1~200, 日本建築学会
- 4) 空気調和・衛生工学会編：図解 空調・給排水の大百科(1999.11), pp.1~798, オーム社
- 5) 空気調和・衛生工学会：SHASE S 102 2003 換気規準・同解説 Ventilation Requirements for Acceptable Indoor Air Quality(2003), pp.1~32
- 6) 空気調和・衛生工学会：SHASE S 116 2003 トレーサガス

を用いた単一空間の換気量測定法 Ventilation Rate Measurement of a Single Zone Using Tracer Gas Technique (2003), pp.1~33

7) 空気調和・衛生工学会: SHASE S 115 2002 室内換気効率の現場測定法・同解説 Field Measurement Methods for Ventilation Effectiveness in Rooms(2002), pp.1~20

8) 加藤信介・吉野 博・澤地孝男・高橋泰雄・佐藤健一・近本智行・野村吉和・大森敏明・水野高信・横井睦己・成田樹昭・細井昭憲: 特集ハイブリッド換気システムの概要と課題, 空気調和衛生工学(2002 7), pp.643~700, 空気調和・衛生工学会

(2004/8/23 原稿受理)



内海康雄 うつみやすお  
 生年月日 昭和30年1月16日/出身地 宮城県/最終学歴 東北大学工学研究科後期課程修了/専門 建築環境工学/学位 工学博士/主な業績 7th International Symposium on Ventilation for Contaminant Control, Ventilation 2003, Best Paper Award Technical Session B

## SHASE-S (スタンダード) 空気調和・衛生工学会規格

# SHASE-S 010-2000 空気調和・衛生設備工事標準仕様書

### 主要目次

- |   |
|---|
| <p>1. 一般事項・共通工事</p> <p>2. 空気調和設備工事<br/>熱源機器設備工事 / 空気調和機器設備工事 / ダクト設備工事 / 配管設備工事 / 自動制御設備工事 / 中央監視設備工事</p> <p>3. 給排水設備工事<br/>給水設備工事 / 給湯設備工事 / 排水通気設備工事 / 衛生器具設備工事</p> <p>4. 消火設備工事<br/>共通工事 / 屋内消火栓設備工事 / 屋外消火栓設備工事 / 連結送水管設備工事 / スプリンクラ設備工事 / 連結散水設備工事 / 水噴霧消火設備工事 / 泡消火設備工事 / 二酸化炭素消火設備工事 / ハロゲン化物消火設備工事 / その他ガス設備工事 / パッケージ型消火設備工事 / パッケージ型自動消火設備工事 / 粉末消火設備工事 / フードなど用簡易自動消火装置工事</p> <p>5. ガス設備工事<br/>共通工事 / 都市ガス設備工事 / 液化石油ガス設備工事</p> <p>6. 浄化槽設備工事<br/>共通工事 / 現場施工浄化槽設備工事 / ユニット型浄化槽設備工事</p> <p>7. さく井設備工事</p> <p>8. ちゅう房機器設備工事</p> |
|---|

A4判242頁 定価3,497円 会員価格3,147円 送料520円(消費税込)

ご注文は、下記にご記入のうえ、FAX 03-3363-8266(空気調和・衛生工学会)にてお申し込みください。

配 送 先	会社名	部署名	担当者名	注 文 部 数	冊
	住所 〒	TEL	FAX		