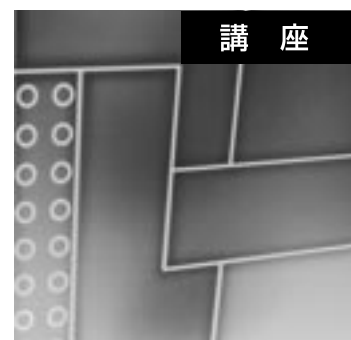


換気——通風・気密性(3)

住宅の換気を例とした換気設計

内海 康雄 宮城工業高等専門学校 正会員

キーワード：住宅 (House)，換気 (Ventilation)，設計 (Planning)，シックハウス (Sick House)



はじめに

住宅は人生の大半を過ごす空間であり、そこにある空気を呼吸して暮らす我々にとって、室内空気質は換気により安全・清浄に保たねばならない。1970年代から建物の消費エネルギーの低減が社会的な話題となり、住宅の気密化に伴い、自然換気量の減少が進んできた。その後、建物自体や居住者が持ち込んだものから発生する汚染物質に対応するために、2003年に住宅での24時間機械換気が義務づけられた。すなわち、住宅の換気は、消費エネルギーの低減と室内空気質の確保という二つの面を持つ。

今回は、住宅における換気計画の手順にそって、必要換気量、換気経路、機器の選択、ダクトの設計などについて説明し、自然換気の基本事項も合わせて述べる。

1. 住宅における換気背景

1.1 省エネルギーと換気

日本の住宅は、夏の湿度が高いということから、主に夏を対象としてつくられてきており、本来すきまが多かった。そのため、換気量は自然換気により十分に確保されており、夏に涼むための通風も考慮されていた。ところが、1974年2月のオイルショックから、日本を挙げて省エネルギーが促進され、住宅の高断熱化・高气密化が進み、冬の暖房時における消費エネルギーの削減が急速に進んだ。また、気密化に伴って自然換気量が減少してきている。

消費エネルギーと密接に関連しているCO₂排出量については、1997年12月にCOP3「第3回気候変動枠組条約締約国会議」において、日本は温室効果ガスの排出量を2008～2012年の目標期間に、1990年時点と比較して6%削減に合意した。産業と輸送用のエネルギー消費量がほぼ横ばいであるなかで、民生用のエネルギー消費量が伸び続けている。このような状況のなか、いわゆる次世代省エネルギー基準¹⁾に適合した住宅が増えているが、オフィスビルと住宅の省エネルギー化はさらに進むと考えられる。

1980年に制定された通称「旧省エネルギー基準」において、住宅の気密性能が、単位床面積あたりの相当すきま面積(単位は[cm²/m²])という“A値”として定義された。この値が小さいほどすきまが小さくなり気密性能が向上する。例えば、2cm²/m²の性能を持つ延べ床面積120m²の

表-1 次世代省エネルギー基準における相当すきま面積 [cm²/m²]¹⁾

地域区分	I	II	III	IV	V
単位床面積あたりの相当すきま面積	2.0		5.0		

注 ここで、I北海道、II青森県、岩手県、秋田県、III宮城県、山形県、福島県、栃木県、新潟県、長野県、IV茨城県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、富山県、石川県、福井県、山梨県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県、和歌山県、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、山口県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県、福岡県、佐賀県、長崎県、熊本県、大分県、V宮崎県、鹿児島県、VI沖縄県。なお、都道府県単位からさらに市町村単位の地域区分に変更されており、詳細は確認のこと。

住宅であれば相当すきま面積は240cm²となり、住宅全体に対して約15cm角の開口が一つあることになる。

その後、1992年の住宅の新省エネルギー基準と指針(通称「新省エネルギー基準」)、1999年に制定された「建築主の判断の基準(平成11年告示)、および²⁾設計及び施工の指針(最終改正平成13年告示)(通称「次世代省エネルギー基準」)により、要求される気密性能は次第に高くなり、現時点では表-1に示すようになってきている。気密性能は相当すきま面積すなわち単位床面積あたりのすきま面積[cm²/m²]で表される。地域区分IおよびIIでは2cm²/m²以下、他の地域では5cm²/m²以下である。

住宅メーカーや工務店などの努力により水準は向上しており、1cm²/m²未満の住宅もめずらしくない。これにより、自然換気量が減少するので、設計時における換気計画がより重要となっている。

1.2 シックハウス症候群

気密化に伴い自然換気量が減少する一方で、建物自体や居住者が持ち込むものからの汚染物質の発生が指摘されるようになってきた。1989年にASHRAEでは換気規格ASHRAE 62-1989R Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality(「室内空気質を正しく維持するための換気に関する規格」)の案がパブリック・レビューとなり、そのなかで、建物自体や居住者が持ち込む家具などから発生する

表-2 VOCに関するガイドライン(厚生労働省³⁾)

揮発性有機化合物	室内濃度指針値 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	設定年
ホルムアルデヒド	100	1997
アセトアルデヒド	48	2002
トルエン	260	2000
キシレン	870	2000
パラジクロロベンゼン	240	2000
エチルベンゼン	3 800	2000
スチレン	220	2000
クロルピリホス	1(小児0.1)	2000
フタル酸 n プチル	220	2000
テトラデカン	330	2001
フタル酸ジ 2 エチルヘキシル	120	2001
ダイアジノン	0.29	2001
フェノブカルブ	33	2002
総揮発性有機化合物(TVOC)	暫定 400	2000

揮発性有機化合物(VOC: Volatile Organic Compounds)などの汚染物質が指摘された。これまでの人間の活動に伴う汚染物質とは、別途に取り扱って換気量を求める方法が示された。同様な考え方は、ヨーロッパの規格CENでも取り入れられて今日にいたっている。

揮発性有機化合物のほか微粒子などによる室内空気質の低下による問題を持つ住宅や建物は、いわゆるシックハウスあるいはシックビルディングと呼ばれる。居住者の自律神経系へ作用して、頭痛、めまい、はきけ、微熱などさまざまな症状を引き起こすので、これらをまとめてシックビルディング症候群(SBS: Sick Building Syndrome)という。厚生労働省から提示されているVOC濃度のガイドラインを表-2に示す²⁾。

汚染源の特定、汚染物質の発生量低減や換気による対策のみならず、医療的な対応が必要な場合も多く、2004年6月からはシックハウス症候群に対する治療に対して、保険の点数が付くようになった。特に、化学物質に過敏な場合は、化学物質過敏症(MCS: Multiple Chemical Sensitivities)と呼ばれる。

日本では、2003年7月には建築基準法により、住宅での24時間換気が義務づけられた。これは、建材や家具などから発生するホルムアルデヒドなどのVOCなどに対応したものである。これとともにVOC発生量に応じた建材の規格や、発生量の測定法などが整備されている。

また、近年では、VOCのほかに欧米を中心に結露などに伴うかびの胞子などの微粒子による室内空気質の低下による問題が顕在化している。米国ではテキサス州やカリフォルニア州を筆頭に訴訟や保険請求が急増し、2003年に30億ドルが保険会社から支払われた³⁾。米国の状況は、

我が国に反映されることが多いので、今後の推移が注目される。

2. 換気設計上で考慮すべき項目

2.1 必要換気量の確保

既存の住宅の多くはすきま量が大きく、自然換気に加えて炊事のときに台所のファンを運転するなどにより、必要換気量が確保されているとみなしてよかった。しかし、近年の住宅の気密性能の向上とともに、自然換気だけでは換気量が満足されなくなってきた。

例えば、冬において室内温度差20℃、外気温0℃として無風時に、延べ床面積120 m^2 で気密性能が2 cm^2/m^2 の住宅について換気量を概算してみる。建物全体のすきま面積は240 cm^2 (=120 \times 2)となるが、その分布を簡略化して各階のほぼ中間高さに120 cm^2 ずつのすきま面積があるものとする。すなわち、すきまの高さの差は階高と等しくなる。

階高を2.6mとすると、生じる浮力による圧力差 $\Delta P = 2.2 \text{ Pa}$ (後出式(7))であり、換気量は第1回の式(3)から、 $0.0085 \times \sqrt{2 \times 2.2 / 1.293} = 0.016 \text{ m}^3/\text{s} = 56 \text{ m}^3/\text{h}$ となる。住宅の容積を313 m^3 (=120 \times 2.6)とすると換気回数で0.18回となる。なお0.0085 m^2 は二つのすきまを直列合成したもので次回以降に説明する。

このように換気回数は0.2回未満となり、建築基準法の常時0.5回という規定を満足できない。

また、夏期の無風の状態を考えるならば、室内外温度差がより小さくなるので、さらに、換気量が小さくなる。

また、自然換気は温度差と風力により起こるが、換気の駆動力が常時一定とならないので機械換気が必要となる。

2.2 建物の性能の確保

換気の実質は新鮮空気の提供と汚染物質の排除であるが、快適性の確保や省エネルギーとCO₂排出量の削減も同時に求められている。もともと換気は熱と深くかかわっており、換気設備を考えるうえでの建物性能としての次のような項目が重要となる。

- 1) 熱的性能: 省エネルギーのうえで必要であるが、換気に関しては建物外周の熱橋をつくらないことにより結露を防止し、かびの発生を低減するなどがある。
- 2) 気密性能: 建物の気密性能がある程度高くしないと、自然換気量が大きくなるため換気システムが期待どおりに働かない。
- 3) 建材: 建材を汚染源として考えて、それらからの汚染物質発生量の低減を図る。なお、VOCを考える際には、居住者が持ち込むスプレーなどにも注意する。

上記の性能を実現あるいは検証するためには、次世代省エネルギー基準、建築基準法、換気規格SHASE S 116⁴⁾ト

表-3 居室などの必要換気量の目安(文献1)をもとに作成)

	室の種類	使用時
室別の導入外気量	居間・食事室	50 m ³ /h 20 m ³ /(h・人)として2.5人分
	寝室・地下室(納戸)	20 m ³ /(h・人) 日常の最大在室人数が目安
	客間・書斎などその他の居室	20 m ³ /h
室別の排気量	台所・ガス熱源(フード付き)	30 kW または 300 m ³ /h の大となる方 ¹¹
	台所・電気熱源	300 m ³ /h
	浴室	100 m ³ /h
	トイレ	40 m ³ /h
	洗面所	60 m ³ /h
	洗濯所	60 m ³ /h

¹¹ k は理論廃ガス量であり、熱発生量 4.18605 kJ のガスが完全燃焼した場合に発生する廃ガス量を表わし、都市ガスでは約 1.1 m³/4.18605 MJ である。Q はガス消費量 [kJ/h] である。

レーサガスを用いた単一空間の換気量測定法”などが大きなよりどころとなる。

これらを踏まえて、外界の影響や居住者の住まい方を考えて換気量を確保する必要がある。また、室内の居住域へ確実に分配されるかどうかを配慮する必要がある。居住域とは、人間が主に活動する室の空間領域をいい、床面から高さ 1.8 m までの範囲とされることが多い。

3. 換気設計の手順と考え方

3.1 換気計画の手順

換気計画は図-1 に示す手順で行われる。まず、各室ごとの必要換気量を算定したうえで換気経路を決定し、最後に換気システムや換気機器の選定を行う。もしすでに同様の建物での経験や実績があれば、過去の手順にそって幾つかの変更だけで済むかもしれない。次節以下に各手順について説明する。

3.2 必要換気量の算出

各室について汚染物質などの発生量と、その許容濃度に基づいて必要な取入れ外気量を計算する。それらを合計すれば、建物全体の必要換気量が求められる。必要換気量の算出は CO₂ を一般的な指標として求めるか、あるいは汚染物質が既知であればそれぞれについて求めて、それらの最大値を求める。詳しい手順は第 2 回「必要換気量の算定方法」を参照されたい。

住宅であれば換気回数 0.5 回が目安となっているが、

表-3¹⁾のような各室の換気量の目安もある。

3.3 換気経路の決定

住宅内における必要換気量がわかれば、外気をどこから取り入れて建物各室を経た後、どこから排気されるかという経路を決める。

まず、各室を用途に応じて空気質の観点から次のように分類する。

- 1) 寝室・居間など居住者や燃焼機器にとっての外気が必要な室(クリーン・ゾーン)
- 2) 廊下・ホールなど、必ずしも常時新鮮外気を必要としない、居住者が通過する室
- 3) 台所・浴室・トイレなどにおい・熱・湿気などが発生するので、汚染物質の排除が必要となる室(ダーティ・ゾーン)

以上の 3 種類の空間に対して、外気を供給するクリーン・ゾーンから排気が必要となるダーティ・ゾーンへ、順に空気が流れるように計画するのが原則である。

住宅における第 1 種、第 3 種換気方式の際の換気経路の例を図-2 に示す。外壁・内壁、床下、小屋裏そのものを換気経路にする場合もあるが、基本的な考え方は同じである。

台所の必要換気量は、調理用の器具があるために 300 ~ 450 m³/h となり、ほかの部屋の換気量に比べてはるかに大きい。そのために運転時にはトイレなどの台所以外から空気を引き込むおそれがあるので、専用の外気取入れ口を設ける、あるいは同時給排気型の機器をつけることによって、ほかの換気経路から独立させることが望ましい。

気密な住宅では自然換気量は小さくなるので、燃焼廃ガスが室内に放出される開放型燃焼器具の使用を避けるべきである。また、間仕切り・扉の空気流通を確保するために、ドアにガラリやアンダカット(高さ 1 cm 以上)を設けることが有効である。

3.4 換気方式と機器の選択

換気方式の選定にあたっては、平面計画、各方式の特徴、設備・給排気口の設置位置、施工の手間、消費電力量、予算などを考慮する。住宅の換気方式の選択については、以下の項目に注意するが、各方式の特徴は第 1 回表-2 を参照されたい。

- 1) 第 1 種換気: コントロールが容易で優れた性能が期待できるが、比較的高価である。熱交換器が使えるので、エネルギーの回収が見込める。
- 2) 第 2 種換気: 室内圧が正となるので、冬期に暖かく湿気を含んだ空気が、建物の外壁を通じて入る際の結露に注意する必要がある。建材から発生する VOC 対策には効果が期待できる。
- 3) 第 3 種換気: 給気用ファンが不要なため、設置機器

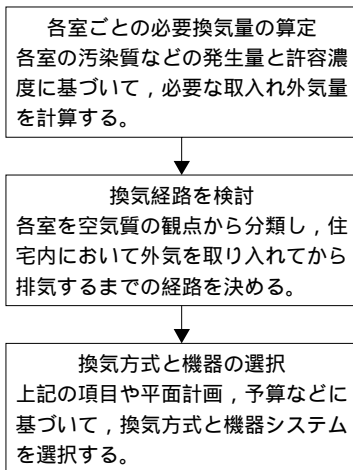


図-1 換気計画の手順

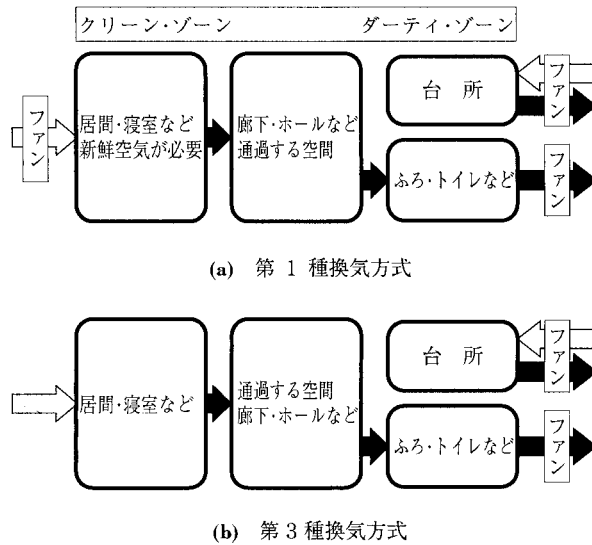


図-2 住宅における換気経路の例

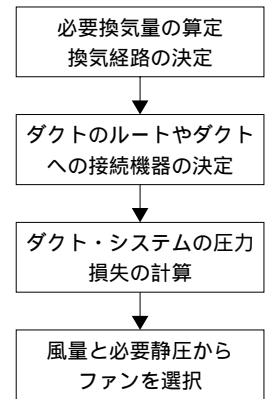


図-3 ダクトとファンの選定手順

が少なく簡便・安価なため最も多く利用されている。2階建てで、1階に換気用ファンを設置した場合、特に暖房時の2階において外壁から外にでて行こうとする浮力と、ファンが外気を引く力がつりあって換気が行われにくい状況が生じることがあるので、2階から直接排気するなどの工夫が必要である。

また、上述の台所ファンのように、全般換気と局所換気の組合せにも留意する必要がある。

換気機器の主な種類は以下のようになる。より詳細は文献4)を参照されたい。

- 1) レンジフードファン：最も一般的な深型、レンジフード本体が深型より高さが小さい浅型、新技術などを用いた特殊型があり、機能上からは強制同時給排気型、同時給排気型、一般型(排気型)がある。
- 2) 換気ファン：天井埋込み型、天井隠れ(遮蔽)型、壁などに直接取り付けるパイプ型がある。
- 3) 浴室換気乾燥機：ユニットバスに取り付けられ、バス内の空気を高温にして水蒸気量を多くして、その空気を排出して乾燥する。
- 4) 全熱交換型換気ファン：同時給排気と熱交換を行うので、省エネルギー効果がある。運転経費を考慮して選択する。

このほかにも、ハイブリッド換気システムや制御システムなど各種機器があるので、カタログや技術資料を参考にして設計を行う必要がある。

また、機械換気では、換気機器が騒音源となる可能性があるため、騒音を防ぐために消音型の機器を使用すること、または、ダクトの流速が小さくなるように、ダクト断面積をなるべく大きくするなどの対策が必要である。

給気口については、暖房時におけるドラフトについて注

意する必要がある。吹出し方向を上向き、または壁にそうようにして直接室内に導入しないものや、予熱や流量制御ができるものもある。また、選択した機器システムにおいて、給気と排気の位置関係によってはショートサーキット(短絡経路)が生じて、給気された空気が室に行き渡らないうちに排気されてしまうことがあるので考慮する必要がある。

ここまでは機械換気について述べたが、気候の温暖な地域や中間期などでは自然換気は選択肢の一つであり、夏期には通風として積極的に用いられる。また、ハイブリッド換気についても、第1回で述べたようにその活用が期待されている。機械換気されていても、建物のすきま量に応じて無視できない自然換気が常時起きているので、自然換気の原理について後述する。

3.5 ダクトの静圧計算とファンの選定

換気経路が与えられれば、ダクトのルート、口径、給気口、排気口、継ぎ手、防火ダンパなどが決まる。次にそれらからなるダクト・システムの圧力損失を求めて、それに見合う静圧と必要な風量を出せるファンを選定する(図-3)。

静圧計算の方法には、等速法、等摩擦法(定圧法)、全圧法などがあるが、ここでは広く使われていると思われる等摩擦法について説明する⁵⁾。第2回「4.2 送風機とダクト」に用語や係数ののっている文献が示されているので参照されたい。

- 1) ある基準経路を決めて、その直管部のダクト長さを求める。
- 2) その経路上の曲がりや分岐部分など局部圧力損失が起きる箇所を把握する。
- 3) 直管部のダクト長さに、ダクト摩擦損失線図で読み

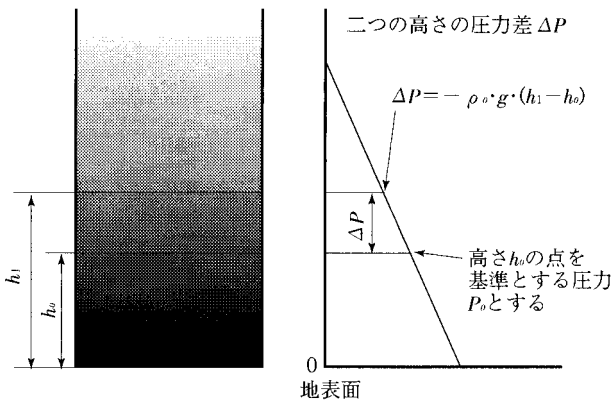


図-4 相対圧力による表し方

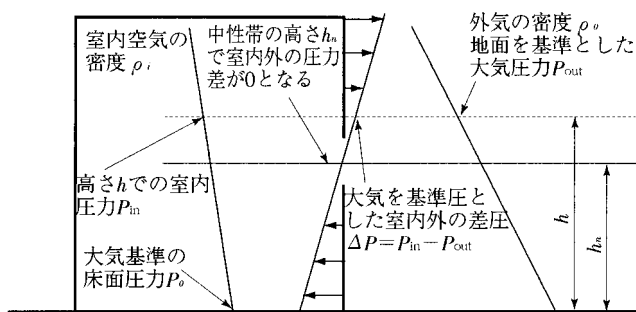


図-5 室内外での温度差による圧力分布

取った単位長さあたりの直管部の圧力損失をかけて、直管部の圧力損失を求める。この際、必要風量と単位長さあたりの直管部の圧力損失(例えば、1 Pa/m)を決めればダクトの断面寸法と風速が決まる。また、許容風速⁶⁾を越えないようにする。

- 4) 局部圧力損失が起きる分岐部分などの局部抵抗係数を調べて、局部摩擦損失を求める。
- 5) 上記の3)と4)を基準経路全体について足し合わせれば、その経路の圧力損失が求められる。
- 6) 他の換気経路については、設定風量を確保しながら、各換気経路の摩擦損失が上で求めた値と等しくなるように調整する。これにより、任意の風量を分配することが可能となる。
- 7) 選択候補となるファンの性能曲線図の上に、必要な風量と静圧に相当する点を置く。曲線の左下側にあり、かつ曲線に近い位置にある場合にそのファンを選択する。実際にはぎりぎりの性能ではなく、いくらか余裕のあるファンを選ぶのが一般的である。

4. 自然換気

4.1 温度差による圧力の表し方

自然換気は室内外の温度差による浮力と、外部風による圧力が駆動力になって生じるので、その換気量は風向き・風速、外気温の影響を受けて変わり、周辺の地形や隣接建

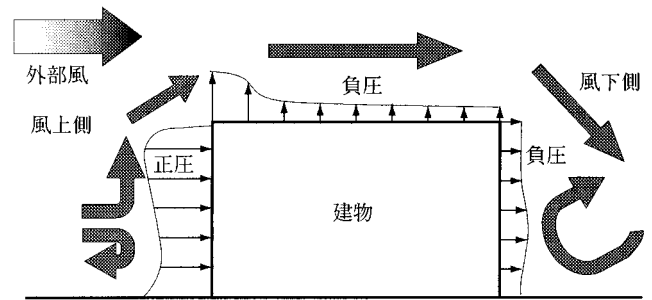


図-6 建物周りの風圧分布

物の形状により影響される。また、風速 4 m/s のときにたかだか 10 Pa 程度の圧力なので機械換気に比べると一般に駆動力が小さい。したがって、いつでも必要なときに確実に換気量を確保できるとは限らない。

大気圧は、大気の圧力すべてを受ける地表面での圧力 D_0 が最も高く、この圧力を基準にして自然換気の際の圧力が扱われる。

$$D_0 = \rho_0 \cdot g \cdot H \quad (1)$$

ここで、 ρ_0 : 大気の密度 [kg/m³]、 g : 重力加速度 [m/s²]、 H : 大気層の厚さ [m] であり、 $D_0 = 1.01 \times 10^5$ [Pa] である。

上に行くほど大気層が薄くなるので、高さ h [m] だけ上がると $-\rho_0 \cdot g \cdot h$ だけ圧力が低くなる。建物の高さ程度では空気密度を一定とみなせるので ρ_0 を一定とすると、高さ h での絶対圧力 D_h は次式となる。

$$D_h = \rho_0 \cdot g \cdot (H - h) \quad (2)$$

実際には、あるすきまや開口前後の圧力差が換気の駆動力となるが、たかだか 1000 Pa 程度の大きさであり、大気圧と比べて小さいので、図-4 に示すような建物の敷地の地面や、各室の床面高さの圧力を基準とした相対圧力が用いられる。ある高さ h_0 での圧力 ρ_0 を基準圧力とすると、ここから高さ h_1 だけ離れた高さの圧力差 ΔP は、

$$\Delta P = -\rho_0 \cdot g \cdot (h_1 - h_0) \quad (3)$$

となる。

風がないときの温度差だけによる開口前後の圧力差を、ある室について図-5 をもとに考える。室内の床面からの圧力 P_{in} 、外気の地表面からの圧力 P_{out} は、床面圧力を P_0 として、次式で表される。

$$P_{in} = P_0 - \rho_i \cdot g \cdot h \quad (4)$$

$$P_{out} = P_0 \quad (5)$$

ある高さ h における室内外交差圧 ΔP は、

$$\begin{aligned} \Delta P &= P_{in} - P_{out} \\ &= P_0 + (\rho_0 - \rho_i) \cdot g \cdot h \end{aligned} \quad (6)$$

となる。つまり、室内外に温度差があれば、それに比例した圧力差が生じることになる。

例として、室内温度が 20℃、外気温が 0℃ のとき、高

低差が 2.6 m ある二つの開口に働く差圧を求めてみる。式(6)において床の高さは低いので P_0 を 0 とし、第 1 回式(2)から空気密度を求める。

$$\Delta P = \left(\frac{353.25}{273.15+0} - \frac{353.25}{273.15+20} \right) \times 9.8 \times 2.6$$

$$= 2.2 \text{ Pa} \quad \dots\dots(7)$$

図-5のように壁に一つの開口があると、壁の両側で圧力差が生じる。風がなければ壁の半分の高さでは室内外の圧力がつりあう。これを中性帯といい高さを h_n で表す。

4.2 風による圧力

ある一定の風向きで建物に風があたると、図-6のように、風上側では風が室内に入るようにぶつかり、屋根面と風下側では逆に室外へと空気が引かれるようになる。この風圧力 P_w は、風向き、風速、建物の形、周囲の建物や地形などに影響されるが、これらの影響を風圧係数 C とし、まとめて、ある位置の風速 V (例えば風上の屋根面の高さでの風速)を用いて次式で表す。

$$P_w = C \cdot \frac{\rho \cdot V^2}{2} \quad (8)$$

すなわち、風圧力は風速の 2 乗に比例して大きくなる。一般に C の値は図-6のように風上側で正となり、屋根、風下側で負となる。また、建物が建て込んでいる住宅地などでは小さくなるのが知られている。

自然換気においては温度差と風圧が組み合わされて、建物の外周や室間のすきまに圧力が生じて換気が起こる。換気量の計算方法については第 5 回で述べる。

4.3 通風の考え方

従来から、夏期に住まいに積極的に居住域へ自然風を取り入れて涼感を得る通風が行われている。自然条件は刻々と変わるので一定の換気量は得られないが、変化に応じたダイナミックな涼感が得られる。人が風を感じるの是一般に風速 0.5 m/s 以上であるが、紙などが飛ぶためあまり大きくはできない。

通風を計画するうえでは、次の項目に留意する必要がある。

- 1) 建物の周囲の条件：敷地の周囲の夏期の風速や最多風向きを知り、自然風が利用できる場所かどうか調べる。AMeDAS のデータとともに周囲の地形、例えば、高台にあるなどの影響が大きい。また山風、谷風、海風、陸風なども考える。

- 2) 建物の周囲の空気質：取り入れる自然風は清浄でなければならない。周囲や特に風上に汚染源となるようなもの、例えば、交通量の多い道路などがあるかどうか確認する。

- 3) 建物の形状：通風しようとする室において、自然風の風上側から風下側に吹き抜けるように、開口部を少なくとも二つ設けることが望ましい。開口部間の空気の流れの経路を通風輪道と呼ぶが、位置関係により変化する。そのため、開口部となる窓や建物内部の扉などの位置や高さが重要であり、また軒、ひさし、欄間を利用するなどの工夫ができる。

これらを考慮したうえで通風が計画される。大まかな通風量の予測は上述の計算でもできるが、建物が立ち並ぶなど周辺が込み入っているような複雑な場合には、計算流体力学を援用すれば風速分布などの詳細な予測が行える。

おわりに

ここでは住宅を例として換気設計について説明した。高断熱化・高気密化という背景とシックハウスについて述べ、設計時の必要換気量の算出、換気経路決定、機器の選択、静圧の算出、ファンの決定という手順を示した。また、自然換気の原理についても説明した。ビルの換気は空調と密接に関係しているので、学会で出されている文献(6)などを参考にされたい。

参考文献

- 1) “建築主の判断の基準(平成 11 年告示)および設計及び施工の指針(最終改正平成 13 年告示)”であるが、次の文献に詳しく解説されている。建築環境・省エネルギー機構：住宅の省エネルギー基準の解説(2004), pp.1~400
- 2) シックハウス(室内空気汚染)問題に関する検討会中間報告書——第 6 回~第 7 回のまとめについて、厚生労働省医薬局審査管理課化学物質安全対策室 2001 など
- 3) ASHRAE: Mold Lawsuits Increasing, IAQ Applications, 51(2004), p.5
- 4) 空気調和・衛生工学会編：分かりやすい住宅の設備 換気(1999), pp.26~40
- 5) 空気調和設備設計編：空気調和・衛生工学便覧第 13 版 3(2001), p.312
- 6) 空気調和・衛生工学会：空気調和設備計画設計の実務の知識(1998), pp.1~353

(2004/12/27 原稿受理)