

# 建築の空気

国立保健医療科学院  
生活環境研究部 特命上席主任研究官 田島昌樹

## 1. はじめに

写真-1はスウェーデンで撮影した空気調和設備の風量測定の実験風景である。この例では空気調和設備の改修計画をたてるために現状の風量確認が実施されていたものである。一般にスウェーデンにおける風量検証は、新築や空気調和設備の改修後に義務として行われており、運用時にも定期的に実施されている。風量測定の実験は住宅も対象とされており、空気調和設備の風量確保が制度として守られている。

またスウェーデンでは建物内の空気についての教育啓発についてもいくつかの事例があり、一例を示すとSvensk Ventilationから出版されている「Indoor Air - The Silent

Killer」<sup>[1]</sup>という書籍(写真-2)があげられる。この啓発書籍には図-1および2のような図が掲載されており、これら図によると大人は一日に実に90%の時間を室内で過ごし、また1kgの食事を摂り、3kgの水を飲み、30kgの空気を吸うことから、室内空気が我々の健康に及ぼす影響が大きく、いかに注意を払わないといけないかということがこのショッキングな題名に示唆されている。



写真-1 スウェーデンにおける空気調和設備の風量測定

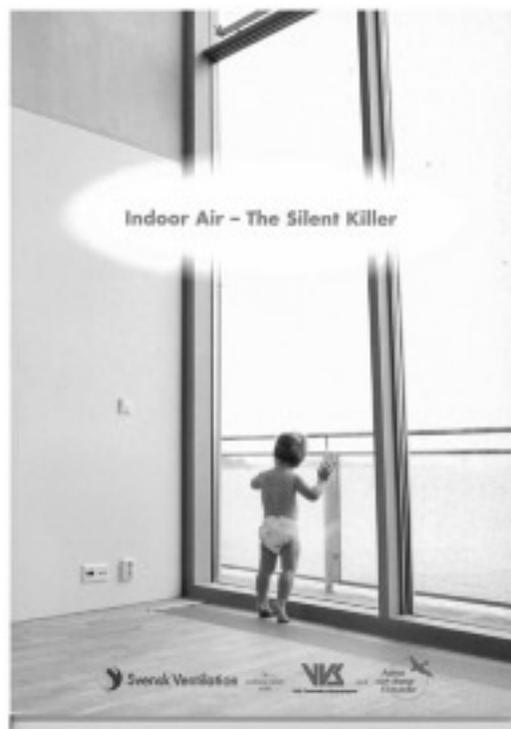


写真-2 Svensk Ventilationから頒布されている一般向けの啓発書籍<sup>[1]</sup>

一方わが国では特定建築物を対象として昭和45年に施行された建築物衛生法(ビル管法などとも呼ばれ、正式には「建築物における衛生的環境の確保に関する法律」)において表-1に記したような衛生管理基準値を設定して2ヶ月に1度以上の空気環境測定を実施し、その結果をもとに空気調和設備の維持管理が行われている。そのため諸外国で発生した深刻なシックビル症候群の問題は、わが国において回避できたとされている。しかしながら近年の研究<sup>[2]</sup>では、この空気環境測定の結果が衛生管理基準に対して不適合となるケースが増加している。

表-1 空気環境に係る衛生管理基準

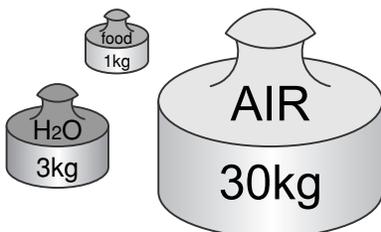
浮遊粉じん量	1m <sup>3</sup> あたり0.15mg以下
一酸化炭素	10ppm以下
二酸化炭素	1000ppm以下
温度	<ul style="list-style-type: none"> <li>・17℃以上28℃以下</li> <li>・居室における温度を外気より低くする場合は、その差を著しくしないこと</li> </ul>
相対湿度	40%RH以上70%RH以下
気流	0.5m/S以下
ホルムアルデヒド	1m <sup>3</sup> あたり0.1mg以下(0.08ppm以下)

図-3および4は厚生労働省に集約された特定建築物における立入検査の結果(平成8~20年度)を集計処理したものであり、図-3は建築物衛生法による定期的な空気環境の測定において「不適合」となった項目の割合の年度推移を、図-4は建築用途別の相対湿度の不適合割合の推移を示している。図-3からは全体的に相対湿度、温度、二酸化炭素濃度の不適合割合が高くなる傾向にあり、中でも相対湿度についてこの傾向が著しく、ここ数年の不適合割合の上昇により40%を超える結果である。また図-4から相対湿度の不適合割合はすべての用途で増加傾向にあることがわかっている。この原因は平成15年度の建築物衛生法および施行令改正に伴う調査対象の拡大(床面積・空調方式・複合用途等)にかかわる拡張)や個別空調の増加が一因と考えられており、とくに個別空調方式を採用した建物は中央式空調方式の建物に比べて相対湿度の不適合割合が高い。



In Northern Europe, people Spend 90 percent of their time indoors.

図-1 人が一日に屋内にいる時間<sup>[1]</sup>



Adults consume this much air, water and food per day

図-2 人が一日に摂取する空気、水、食事の量<sup>[1]</sup>

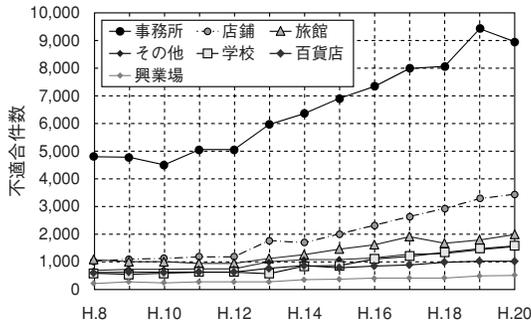


図-3 全国特定建築物立入検査等状況調査による特定建築物届出数推移

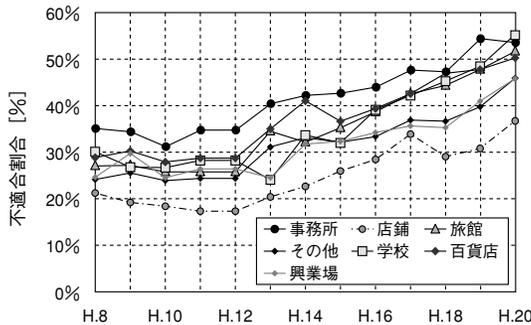


図-4 全国特定建築物立入検査等状況調査による相対湿度の用途別不適合割合

本稿では、このように我々の健康に影響を与えると考えられ、その維持管理が一層重要となっている建築における室内空気環境について、建築物衛生の観点から現状や課題について紹介する。

## 2. 建築物におけるシックビルの課題

上述のように、わが国では建築物衛生法による定期測定により特定建築物を中心とした深刻なシックビルの問題は回避されたと言われている。しかしながら住宅においては問題が発生した経緯があり、2003年に施行された建築基準法はシックハウス法とも呼ばれている。なおシックハウスとはわが国独特の表現である。このように住宅においても室内環境の衛生管理が重要であることは明確であり、建築物衛生法の成立と同時期に住宅を対象とした同様の法律が検討されていたが、今も法制化は実現していない。

シックビル症候群については、米国環境保護庁が提唱した定義と発生要因(表-2)が存在する。その定義によると原因は不明(必ずしも化学物質が原因とは限らない)であっても20%以上の在室者が不快感に基づく症状を訴え、当該ビルを離れることで症状が解消するものである。表には様々な発生要因があげられているが、主には建材由来で何らかの汚染物質が発生していることと計画換気が実現されていないことに集約されている。なお発生要因の「室内の空気を循環させている」については、多くの空気調和設備には「空気を循環」することが含まれているので、仕組みそのものではなく運用方法やその維持管理の課題がある可能性が高い。建築物衛生法のような定期的な空気環境の測定により原因が明らかとなれ

ば対策が可能である事例も多いのではないかと考えられる。

表-2 シックビル症候群の定義と発生要因

<p><b>定 義</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. そのビルの居住者の20%以上が不快感に基づく症状の訴えを申し出る</li> <li>2. それらの症状の原因（因果関係）は必ずしも明確ではない</li> <li>3. それらの症状のほとんどは該当ビルを離れると解消する</li> </ol>
<p><b>発生要因</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 室内の空気を循環させている</li> <li>2. 屋外空気の換気量の低減</li> <li>3. 気密性が高すぎる</li> <li>4. 室内がテクスタイルやカーペット仕上げになっている</li> </ol>

1993年米国環境保護庁 (Environmental Protection Agency, EPA) の提唱による

### 3. 建築物衛生法による空気環境測定<sup>[3][4]</sup>

ここでは、建築物衛生法による空気環境の測定について測定項目の概要やその意味などを示す。測定項目ごとに測定器に求められる性能が決められており、最近の写真-3に示すような総合測定器も販売されている。測定は室内環境が定常的と考えられるような条件で、建物内の代表箇所でも複数回実施されており、執務空間で写真のような測定器を見たことのある読者も多いと思われる。

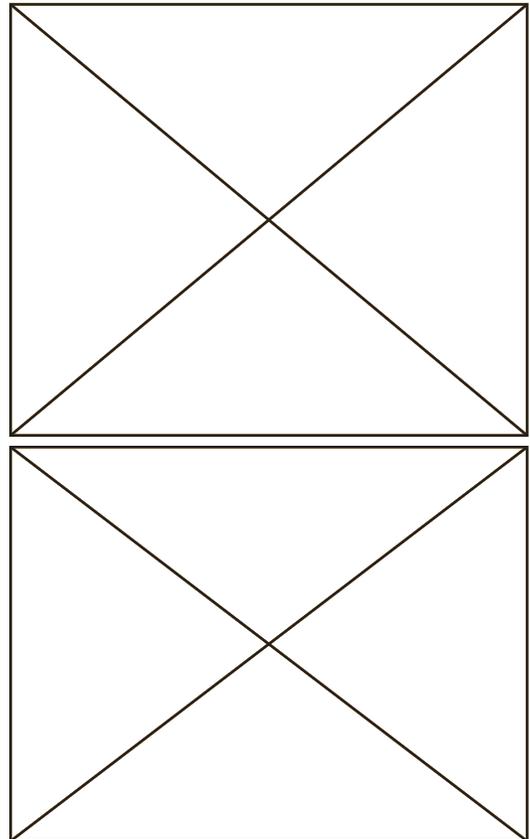


写真-3 総合測定器の例とその測定画面の例

以下に建築物衛生法に規定された空気環境測定項目ごとに測定の意味や概要を記す。

#### (1) 浮遊粉じん

測定は粒径が $10\mu\text{m}$ 以下を対象としており、この粒径より大きな粒子は鼻孔や咽喉頭でほとんど捕捉されるが、これよりも小さい粒子は気道や肺胞に達するといわれており健康への影響が懸念されるためである。

#### (2) 一酸化炭素

一酸化炭素は有毒性を示す物質として測定対象となっている。たばこや燃料等の不

完全燃焼が主な発生源である。

### (3) 二酸化炭素

室内空気全体の汚染状況を示す指標として測定されており、総合的な空気環境指標としても利用される。

### (4) 温度

温度の人体への影響は大きく、例えば文献<sup>[9]</sup>では温度が高くても低くても知的生産性が下がるとされているが、建築物衛生法の衛生管理基準値の範囲であれば著しい知的生産性の低下はないと言える。基準値は、冷房時には外気との温度差が著しく大きくならないように定められており冷房病（神経痛、腰痛および記憶力や判断力の減退、感冒などの呼吸器の障害、下痢や腹痛などの消化器系の障害や内分泌系の障害など）や過度の暖房による呼吸系疾患が起きないように配慮がされている。

### (5) 湿度

湿度が高いと結露の発生や真菌(カビ)の発生が、低い場合にはインフルエンザウイルス等の生存期間が延長する。空気中に含まれる水蒸気量に変化がなくても温度との関係で相対湿度が決まる(温度が高くなると同じ水蒸気量でも相対湿度が低くなる)ため、過度に高湿度や低湿度とならないよう温度と湿度を同時に管理する必要がある。

### (6) 気流

冷風の人体への影響より $0.5\text{m/s}$ と定められている。

### (7) ホルムアルデヒド

建築基準法と同じく夏期を対象としていて基準値も同じである。測定時期については「新築・増築、大規模の修繕、大規模の模様替えを完了し、当該建築物の使用を開始した時点から直近の6月1日から9月30日までの間」と規定されている。

## 4. 室内空気汚染物質について

室内空気汚染物質のひとつとして化学物質が考えられ、厚生労働省が13物質の濃度指針値を定めるなど義務化はされていないものの室内空気汚染への対応が進んでいる。これら化学物質については本シリーズで別に報告される予定であり、ここでは特に化学物質以外の室内空気汚染物質とその発生原因や健康影響等の概要を記したい。

### (1) 二酸化炭素<sup>[3][4][8]</sup>

二酸化炭素はおもに燃焼器具や在室者の呼吸などにより発生する。人の呼気中には約4% (40,000ppm)の二酸化炭素が含まれており、一般的な室において換気が十分でない条件ではすぐに1,000ppmを超えることとなる。また二酸化炭素は、室内空気汚染に対する総合的な指標として用いられることが多い。二酸化炭素濃度の基準値や人体への影響を表-3に示す。二酸化炭素そのものは10,000ppmを超えてはじめて人体に何らかの影響(表では不快感)がでるが、二酸化炭素濃度が高いと(たとえば1,000ppmを著しく超えると)換気不足が考えられ、そ

他の汚染物質などの濃度も高くなっている可能性が高い。二酸化炭素濃度の低減には、換気量の増加が必要であり、文献<sup>[8]</sup>では換気量が多い建物では病欠率が低くなることが報告されている。

表-3 二酸化炭素濃度の基準や人体への影響

濃 度	基準や影響等
1,000ppm	衛生管理基準*
3,500ppm	単独指標としての設計基準濃度**
5,000ppm	6時間暴露で症状なし
5,500ppm	事務所衛生基準規則***
10,000-20,000ppm	不快感が起こる

\*建築物衛生法、また\*\*の総合的指標の濃度  
 \*\*SHASE-S 102 2003 換気基準・同解説<sup>[5]</sup>  
 \*\*\*労働安全衛生法

## (2) 浮遊粉じん<sup>[3][4]</sup>

空気中に浮遊している粒子状の物質を総称してエアロゾルと呼び、粒径がおおむね0.1~10 $\mu$ mで空気中に長時間浮遊し続ける状態で存在するときに、広義の「浮遊粉じん」と呼ばれる。10 $\mu$ m以下の粒子は沈降速度が遅く、1 $\mu$ mほどの大きさではほとんど沈降しない。表-4に室内に存在するエアロゾルの発生源や健康影響について示す。先にも記したように10 $\mu$ m以下の粒子は健康影響が大きく注意が必要である。また一般的に建築物内の浮遊粉じんの大部分は「たばこ煙」の粒子で、建築物では禁煙や分煙が進んでいるため、浮遊粉じん量は減少している。

## (3) 微生物、アレルギー<sup>[1][3][4][6]</sup>

空気中の浮遊微生物としては、細菌、真菌(かび)、ウイルス等がある。これらの多

表-4 室内に存在するエアロゾル<sup>[3]</sup>(抜粋)

種類	主な発生源	健康影響
ハウスダスト	外気、衣服、じゅうたん、ベット、食品くず、ダニ	アレルギー反応
たばこ煙	喫 煙	肺がん他
細菌	人、外気、その他	病原性のあるものはまれ。室内空気汚染の指標となる
真菌(かび)	建築材料、外気	アレルギー反応
花粉	外 気	アレルギー反応

文献<sup>[3]</sup>では、紀谷・入江ほか：「空気調和・衛生工学」、Vol.72, No.5 (社) 空気調和・衛生工学会p27-35, 1998から引用している

くは人体に対して有害な影響を及ぼすことはないといわれている。しかしながら中には感染症の原因となる病原性細菌や病原性ウイルス、あるいはアレルギーの原因となる真菌が存在している。

わが国では国民の3割程度が何らかのアレルギー疾患に罹患しているといわれており、住宅以外でもダニや真菌が増殖しないように換気や床材料の選定、掃除等の対策を講じる必要がある。

海外においてもホコリの蓄積している室内ではぜんそく患者の症状が悪くなることが報告されている。また空気中にホコリ等があると乾燥感を感じやすいことから、スウェーデンでは住宅においては加湿器を多用しないよう室内の清掃を行うとともに、相対湿度を40%RH程度にすることが推奨<sup>[1]</sup>されている。

温度や湿度が高いと真菌の生育に適した環境であることが多く、抗原曝露リスクを上昇させていると言われており、清掃、換

気、温度や湿度の管理が重要となる。

#### (4) 湿度<sup>[6][7]</sup>

空気中の湿度は直接の健康影響を及ぼすものではないが、上述のように高すぎても低すぎても、間接的に何らかの弊害を及ぼす可能性がある。ここでは健康影響の観点から湿度について記す。

1～6歳の子どもを対象としたスウェーデンの調査(Varmland Study)では、高湿度で換気不足の住宅では推奨換気量が得られている住宅と比べ、ぜんそく、皮膚炎、花粉症のリスクが高い結果<sup>[7]</sup>が得られており、相対湿度40%RH程度が推奨されている。

また感冒との関係として、インフルエンザのように飛沫核感染するものは、相対湿度の影響が考えられる。飛沫核は空気中に飛散し、吸入したものが感染するため、相対湿度が40%RH以下ではインフルエンザウイルスの生存期間が延長し、罹患しやすい

状態になると言われており<sup>[6]</sup>、やはり湿度の管理が重要となっている。

#### おわりに

本稿では、建築物における室内空気環境について、建築物衛生の観点からその現状や課題等について述べた。近年は省エネルギーが社会的な要求事項となっており、様々な技術や対策が進んでいる。しかしながら、エネルギー消費量の削減に対する要求は在室者の「がまん」になることも懸念されている。室内環境に配慮することにより在室者の健康性や知的生産性の向上との両立を図ることが、真にエネルギーを有効に利用していることであると考える。

次号では、空気に関する話題を掘り下げて、建築における化学物質について話を進めることとする。

#### 参考文献

- [1] Indoor Air - The Silent Killer, Svensk Ventilation, 2004
- [2] 大澤元毅(研究代表者)：厚生労働省科学研究費補助金報告書「建築物の特性を考慮した環境衛生管理に関する研究」(総括・分担総合研究報告書), 2011.3
- [3] 新版 建築物の環境衛生管理, 財団法人ビル管理教育センター
- [4] 空気環境測定実施者講習会テキスト, 財団法人ビル管理教育センター
- [5] SHASE-S 102 2003換気基準・同解説
- [6] 筏義人 吉田修 編著：住居医学(Ⅱ), 産業図書株式会社, 2008
- [7] Shortness of breath - A handbook about the air in our homes, Svensk Ventilation
- [8] Indoor climate and productivity in offices, rehva GUIDEBOOK NO.6

#### 【筆者紹介】田島 昌樹 氏

ゼネコン勤務等を経て、国土交通省国土技術政策総合研究所で住宅換気や省エネルギーにかかる研究に従事し、平成21年9月より厚生労働省保健医療科学院で建築物衛生などの研究に携わっている。博士(工学)。