

シックハウス症候群対策のための建築物の気密性等の測定及び評価手法

安井省侍郎
厚生労働省群馬労働局

概要

本年、シックハウス症候群を防止するため、ホルムアルデヒド等の測定が義務づけられた。この症候群には、化学物質、カビの孢子や臭気等複雑な要因が絡んでおり、有効な対策を講じるためには建築物の気密性、空気の流れ、空気入れ替え率等の評価が必要である。本報告は、米国ハーバード大学公衆衛生学大学院等で行われている建築物の気密性等の測定と評価の手法を、ボストン市郊外の複数の建築物の測定結果を用いて紹介するものである。

はじめに

本研究では、①気密性(air tightness)、②気流パターン (air flow pattern)、③空気入替率 (air exchange rate) を測定・評価することで、その部屋でシックハウスが発生しやすいかどうかを判定でき、かつ、それに対して最も有効な改善方法を明らかにできることを実際の測定結果を用いて説明する。

1. 測定対象の概要

本研究では、次の建物の室内の測定を行った。測定は、2001年の1月から2月にかけて実施された。①ボストン市高齢者住宅(EH) (20階建て鉄筋コンクリート造)、②ハーバード大学公衆衛生学大学院留学生寮(SIH) (4階建て木造・煉瓦造)、③ハーバード大学学生寮(SFP) (10階建て鉄筋コンクリート造)

2. 気密性分析の方法及び結果

2.1 測定方法

全ての開口部を閉じた状態で、窓等の外気に接している開口部に気密ドアと送風機を取り付ける。この送風機によって室内の空気を排気又は吸気し、外気との気圧差を-50Paから+50Paまでの10Pa刻みで発生させ、外気と室内の気圧差と排気流量又は吸気流量(単位:立方フィート毎分:cfm)を測定する。

2.2 評価方法

気圧差と空気流量を対数分布で回帰分析(直線回帰)し、気圧差50Paの時の空気流量を推定する。その空気流量を部屋の容積で除して、一時間あたりの空気流入率(filtration rate)を計算し、気密性の指標とする。

2.3 測定結果

EHは、高層階の方が中層階よりも空気流入率が

大きい。また、SIHの方が、EHよりも空気流入率が高い。(表1参照) また、加圧と減圧では、空気流入率に大きな差がある。EHでは減圧の方で空気流入率が大きく、SIHでは加圧の方で空気流入率が高い。

表1 空気流量・空気流入率

建物	部屋	階	容積 (ft ³)	方向	予測流量 (50Pa) (cfm)	空気 流入 率(/h)
EH	1810	18	3014	加圧	767	0.94
				減圧	2085	2.46
	801	8	3277	加圧	396	0.43
				減圧	707	0.77
SIH	234	2	4107	加圧	1924	1.66
				減圧	1428	1.23

3. 気流パターン分析

3.1 測定方法

全ての開口部を閉じた状態で、複数の気圧計を設置する。参照値をリビングとし、廊下、屋外、浴室の排気口、台所の排気口等の気圧を測定する。この状態で、気密性測定と同様に、気密ドアと送風機を吸排気により外気との気圧差を発生させ、参照値と外気の気圧差を-50Paから+50Paまでの10Pa刻みで発生させ、それぞれの測定位置の気圧をリアルタイムで測定し、データ記録装置に自動記録した。それと同時に、送風機の空気流量を測定した。

3.2 評価方法

空気流量と気圧差のグラフを作成する。負の気圧差は、室内空気が外に排気されている状態。正の気圧差は、排気口や屋外からから空気が逆流している状態。従って、気圧差が負から正に転ずる空気流量が大きいと、排気システムの効率がよいといえる。また、気圧差の傾きは気密性を示し、傾きが大きい測定点は、参照点と測定点の間の気密性が高く、傾きが低いということは気密性が低く、そこから空気が流入しやすいことを示す。

3.3 測定結果

(1) SIHの結果

浴室の排気口は、比較的小さい空気流量(300cfm程度)で逆流する。廊下と屋外の気流パターンが一致する。これは廊下の窓が開いていたためである。また、屋外と廊下に対して比較的气密性が高い。(図1参照)

(2) EHの結果

台所の排気口は非常に効率がよく、2000cfmも

の空気流出がなければ逆流しない。一方、浴室の排気口は常に逆流しており、ほとんど効果がない。また、浴室の排気口と屋外や廊下の気流パターンがほとんど同じであるということは、屋外や廊下に対する気密性が低いことを示している。(図2参照)

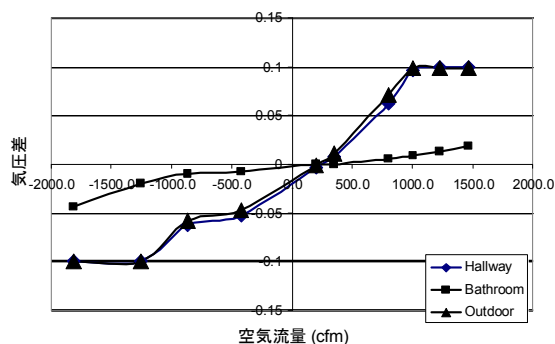


図1 気流パターン (SIH)

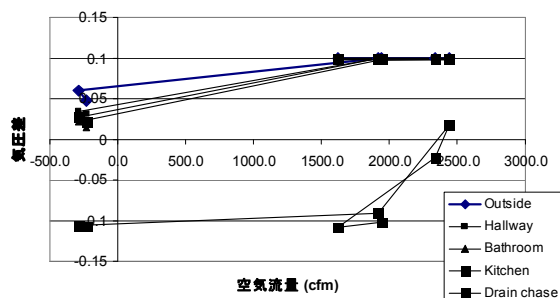


図2 気流パターン (EH801)

4. 空気入替率(air exchange rate)分析

4.1 測定方法

二酸化炭素測定器により、寝室と屋外の二酸化炭素濃度を測定する。測定は一晩通して行う。測定結果を以下の式に代入し、空気流量を推定する。そして、推定された空気流量を室の容積で除し、空気入替率を計算する。

$$Q = \frac{\text{人数} \times G_p}{C_{eq} - C_{out}}$$

ただし、Q:空気流量、G_p:一人当たりのCO₂発生率、C_{eq}:均衡状態になったときのCO₂濃度、C_{out}:屋外のCO₂濃度

4.2 評価方法

全米冷暖房空調エンジニア協会(ASHRAE)の基準である、0.35/h以上であることを確認する。

4.3 測定結果

- (1) SIH: C_{eq}=1,000ppm, C_{out}=480ppm,人数=2, Q=480cfm, 空気入替率=0.59/h
- (2) SFP: C_{eq}=740ppm, C_{out}=480ppm,人数=3, Q=121cfm, 空気入替率=1.83/h

5. 考察

シックハウスを予防するためには、単にホルムアルデヒド等の有害物質の濃度が高いかどうかだけでなく、その室の空気環境を改善するためにどのような方策をとるべきなのかを調べる必要がある。気密性分析、気流パターン分析、空気入替率分析は、対策決定に有益な情報を与えることができる。

気密性分析については、空気流入率が低ければ低いほど気密性が高く、有害物質が室内にこもりやすいといえる。気密性が高い部屋の場合は、窓を開けるか、機械換気が必要である。ただし、空気流入は必ずしも屋外からとは限らないので、空気流入率が高いからといって、安心することはできない。必ず、気流パターン分析を行い、気圧差の傾きから、空気がどこから流れ込みやすいかを判定する必要がある。

気流パターン分析は、空気がどこから流入しやすいのかを判定できる。廊下や隣室からの空気が流入しやすく、屋外からの流入しにくい判断される場合は、気密性が低い部屋であったとしても実質換気能力が低いため、屋外への強制換気が必要である。また、この分析により、排気装置の効率性の判定が可能である。機械換気か否かを問わず、逆流しやすく、効率の低い排気システムを見つけ出すことができ、空気入替率を向上させるために必要な改善箇所を特定できる。

空気入替率測定は、最も効果的な実質的な換気能力の測定であり、空気入替率が十分であれば、シックハウスはまず発生しないと考えてよく、気密性分析や気流分析を実施する必要はない。ただし、この測定は住宅のように同じ人数が同じ部屋に居続ける場合にしか実施できない弱点があるため、オフィスや学校の場合は、気密性分析と気流パターン分析の結果から対策の必要性和対策の内容を決定する必要がある。

6. 結論

シックハウス症候群の発生しやすいさの判定、及びそれに対する改善策を決定するためには、気密性分析、気流パターン分析、空気入替率測定の組み合わせによる分析手法が有効である。

安井省侍郎
厚生労働省群馬労働局安全衛生課
群馬県前橋市大渡町 1-10-7
027-210-5004