

2階建て住宅における温度差換気の換気性能評価
トレーサーガスを用いた換気性能測定

正会員 田島昌樹*¹ 同 澤地孝男*¹
同 岡部 実*² 同 瀬戸裕直*³

換気性能 気密性能 温度差換気
トレーサーガス ホルムアルデヒド

1. はじめに

2階建ての住宅では特に冬期の暖房時において室内外に生じる温度差によって換気駆動力が生じ、送風機を有する換気システムの換気性状にも影響を与える。またこの駆動力は室内外温度差と住宅の気密性によっては0.5ACH(0.5回/時)以上の換気量を得られることから、パッシブ換気として次世代省エネルギー基準などで認められていた。しかし温度差換気では1階から流入した外気が階段室等を通じて2階に供給されるため2階居室では直接の外気導入は少なく他室を通過した空気の流入が大きいと考えられ、この空気の換気量としての評価が重要である。本報告では、このような多数室条件での温度差換気についてトレーサーガスによる実験結果と理論計算結果をSRF指標により評価した事例を示す。

2. 換気量およびSRF値の測定

2.1 実験概要

実験を行った住宅の平面図を図1に、測定概要を表1に、実験CASEを表2に示す。測定はそれぞれのCASEで安定した48時間以上のデータを取得した。測定時の気密性は外壁に設置された開口部材を開閉し調整した。2種類のトレーサーガスを用いた測定は同時に行い一定発生法の必要新鮮空気量 P_i を次世代省エネルギー基準(以下、次世代基準)準拠およびHCHO濃度基準の2種類設定した。(測定法、 P_i 値の設定法などは既報^[1]に準ずる。)

2.2 一定発生法の設定値

各室へのトレーサーガス注入量 q_i と許容濃度 σ_c を表3に示す。HCHO濃度基準の設定値は、許容濃度として基準法に示された28°C50%RH、部位面積は床面積の5倍(家具等を含む)条件で0.5ACHの外気導入があった場合の濃度とした。この濃度に対して式(1)から算定される20°C50%RH(冬期室内条件想定)のHCHO発生強度を仮定し必要新鮮空気量を算定した。この条件でHCHO発生強度は28°C50%RH条件と比較し約50%となり必要新鮮空気量も約50%(つまり各室で0.25ACH相当)となる。なおこの設定値には後述する吸着現象は考慮されていない。

$$m_i = m_{28} \times 1.09^{t-28} \times \frac{50 + RH}{100} \quad (1)$$

m_i : t°CのHCHO発生強度 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ t: 温度 °C
 m_{28} : 28°CのHCHO発生強度 $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{h}$ RH: 相対湿度 %RH

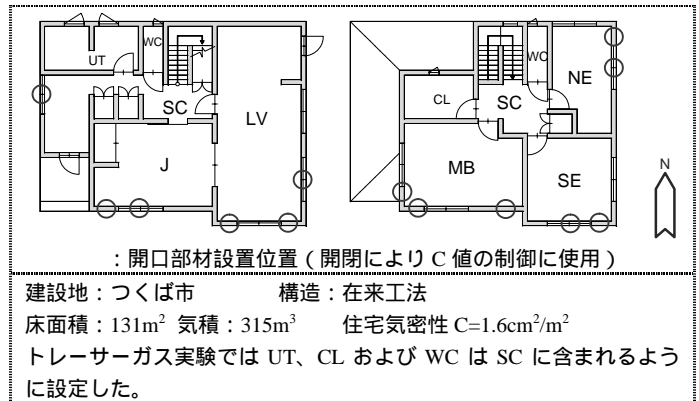


図1 実験住宅平面図

表1 測定概要

測定時期	2004年2月
室内外温度	T型熱電対により測定
外部風向・風速	実験住宅と同一敷地内で3次元風速計にて測定
一定濃度法	SF ₆ を用い5ppm設定とした
一定発生法	N ₂ Oをマスフローコントローラにより注入
居室の温度設定	20°C(エアコンにより制御)
SC室の温度設定	なりゆき

表2 実験CASE

CASE	C値 cm²/m²	P _i 値の設定
EX-08-E	8	次世代省エネルギー基準準拠
EX-08-H	8	HCHO濃度基準(20°C50%RH)
EX-05-E	5	次世代省エネルギー基準準拠
EX-05-H	5	HCHO濃度基準(20°C50%RH)

表3 トレーサーガス一定発生法の設定値

	次世代省エネルギー基準準拠			HCHO濃度基準(20°C50%RH)		
	P _i m³/h	q _i sccm	σ_c ppm	P _i m³/h	q _i sccm	σ_c ppm
J	20	20	60	19.1	12	76
LV	50	50		35.8	23	
MB	40	40		18.8	12	
SE	20	20		15.8	10	
NE	20	20		13.9	9	
SC	0	0		54.0	34	

P_i: i室の必要新鮮空気量設定値 q_i: i室のトレーサーガス注入量
 σ_c : トレーサーガスの許容濃度

3. 理論計算値との比較

測定結果をVENTSIMの回路網計算による理論値と比較した。理論計算では、図1の実験住宅の外壁に隙間が均等に存在するモデルとし、気密性C=2~15、室内外温度差0~30°Cの範囲で変化させて温度差換気のみを駆動力とする換気計算を行った。図2に室内外温度差と換気回

数の関係を実測値および理論値（図中実線）について示す。実測データは 30 分平均値とし、外乱条件は式(2)に実測値から推定した外壁面の C_p 値などを代入し実効室内外温度差として整理した。測定値は空気流動が非定常的に変動し直接の外気導入が少ない室も存在したためばらつきが生じているが、平均的には理論値と概ね近い値を示した。

$$\Delta T_E \equiv \Delta T + \frac{T_r \Delta C_{pE} v^2}{2gh} \quad (2)$$

T : 空気の絶対温度 K v : 外部風速 m/s
 T_r : 室内空気温度 K ΔC_{pE} : 実効風圧係数差
 g : 重力加速度 m/s^2 ΔT : 室内外温度差 K
 h : 階高 m ΔT_E : 実効室内外温度差 K

つぎに理論計算による換気回数と各室 SRF 値の相乗平均である OSRF 値を用いて計算結果を整理した結果を図 3 に示す。図 3 では実験で設定した必要新鮮空気量 P_1 の他に建築基準法で夏期条件として想定している 28°C50%RH 条件および HCHO の建材への吸着現象を考慮した条件での必要新鮮空気量を設定した。図中凡例に $a=0.1$ と示したものは、吸収係数として $a=0.1$ を考慮したものであり、HCHO 発生強度は見かけ上の発生強度が等しくなるように大きく設定した。吸着を考慮した条件では SRF 値算出に必要な余剰新鮮空気量率 α_i は式(3)を用いて算定した。一定の換気量がある条件では同じ換気回数に対して次世代基準準拠の OSRF 値が最も低く、20°C50%RH の HCHO 濃度基準の OSRF 値は吸着を考慮しないもので 0.3ACH 以上、吸収係数 $a=0.1$ とした条件では 0.2ACH の換気があれば各室の必要新鮮空気量が満たされる結果となった。

$$\sum_{j=0}^N \alpha_j Q_{ij} - \alpha_i \left(\sum_{j=0}^N Q_{ji} + a_i S_{fi} \right) - P_i = 0 \quad (3)$$

N : 室数 a_i : 建材の吸収係数 m/h
 Q_{ij} : j 室から i 室への空気流量 m^3/h α_i : i 室の余剰新鮮空気量率
 S_{fi} : i 室の建材表面積 m^2

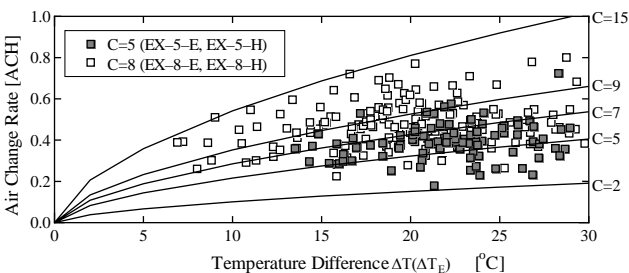


図 2 室内外温度差と換気回数（測定値と理論値）

図 4 および図 5 にそれぞれ、次世代基準準拠および HCHO 濃度基準（20°C50%RH）の必要新鮮空気量に対する OSRF 値と換気回数の関係を実測値および理論計算値（図中実線）について示す。実測値は非定常的に変動し

た値のうち比較的定常的な値を示したデータのみを選出した。図 4 では、実測値と理論値は、ばらつきがあるものの比較的理論値に近い値を示している。また図 5 では、測定値全てが OSRF=1 を示し各室の換気性能が常に充足している結果となった。

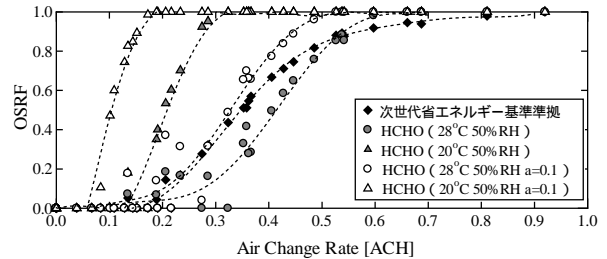


図 3 換気回数と OSRF 値の関係（理論値）

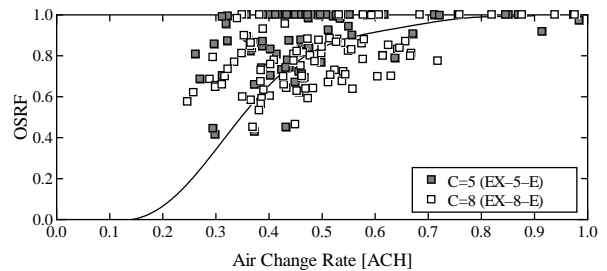


図 4 次世代基準準拠条件での換気回数と OSRF 値（測定値と理論値）

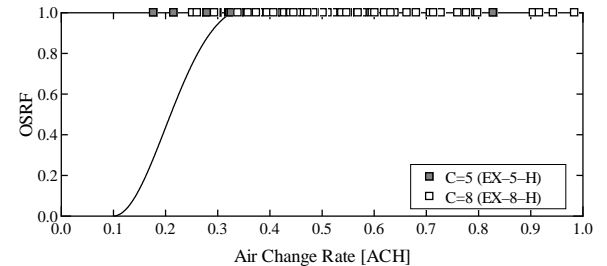


図 5 HCHO 濃度基準（20°C50%RH）条件での換気回数と OSRF 値（測定値と理論値）

4. おわりに

本研究では 2 階建て住宅における冬期の温度差換気を対象として、次世代基準や HCHO 濃度基準の必要新鮮空気量に対する OSRF 値を用いて換気性能評価を行った。必要新鮮空気量を確実に得るためには、次世代基準に対しては約 0.6ACH 以上、冬期の室内条件を考慮した HCHO 濃度基準の条件では 0.3ACH 以上の外気導入があれば充足する結果を得た。

〔参考文献〕 [1] 田島昌樹他：集合住宅における自然風利用換気システムの換気性能評価、日本建築学会大会 D-2, pp797-802, 2003.9
 [2] 井上明生 他：デシケータ法によるホルムアルデヒド放散量と気中濃度との相関、木材工業, Vol.45-7, pp14-20
 〔謝辞〕 本研究は国土交通省総合技術開発プロジェクト「シックハウス対策技術の開発」の一環として実施しました。関係各位に謝意を表します。

*1 国土交通省 国土技術政策総合研究所
 *2 財団法人ベターリビング
 *3 独立行政法人建築研究所

*1 National Institute for Land and Infrastructure Management
 *2 Tsukuba Building Test Lab., C.B.L.
 *3 Building Research Institute