

高断熱・高気密住宅における計画換気に関する研究

実大実験住宅を用いた検証実験

1983233 坂本 佳大 1983464 渡部 裕介 1983234 櫻田 智和子

指導教員 成田 健一

1. 研究目的 従来からある日本の住宅は、夏の防暑を目的としており、換気は隙間からの漏気によるところが大きかった。しかし、住宅の断熱性・気密性が向上するにつれ、漏気による換気が得られなくなり、換気不足によるホルムアルデヒドやVOCの人体への影響が問題化してきた。現在その対策として計画的な換気の必要性が高まっている。本研究では各種の常時換気システムが設計値に見合った計画換気量を確保しているか、換気性能が外部条件の変化に伴ってどう影響するのか、また換気が室内の熱環境に与える影響について検討を行った。

2. 実験概要 **2-1. 実験概要** 本研究で使用した実大実験住宅は、(財)ペター・リビング筑波試験センター内にある、約 40 坪の 2 階建在来木造住宅である(図 1)。次世代省エネルギー基準の 地域相当の断熱性能を有し、気密測定の結果、相当隙間面積が $1.5[\text{cm}^2/\text{m}^2]$ 程度の高気密仕様となっている。住宅には、実験用に複数の換気システムを併設しており、その概要、給排気の配置は表 1、図 4 に示す。測定は、年間を通してデータの集積を行っているが、特に換気が不足すると予想される冬期について検討を行った。換気システムのうち、機械換気システムについては風量測定を行い、設定風量の検証を行った。実際の換気量の評価には、トレーサガス法を用いて換気量を算出し、風量測定結果との比較を行った。外部風が換気性能に与える影響を検討するため、隣接する第 2 試験棟屋上(屋上面から 6m 高)に、超音波風速計を設置した(図 2)。また、1・2 階の南北壁面間、および東西壁面間の差圧を圧力計により測定した。換気による室内温熱環境の変化は、各部屋に熱電対を設置して測定した。特にリビング、キッチン、洋室 A、洋室 C については室内温度分布を検討するため、水平方向に 900mm 間隔、鉛直方向に熱電対を 5 点ずつ設置した(図 3)。

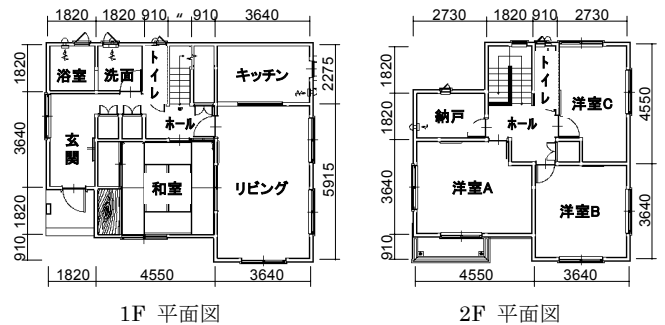


図 1. 実大実験住宅平面図

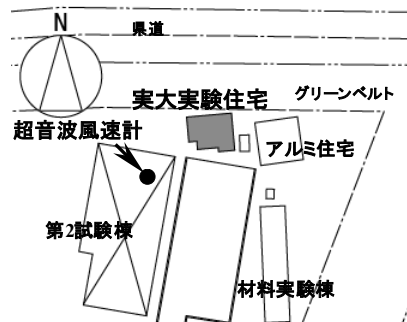


図 2. 配置図

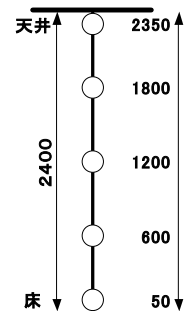


図 3. 熱電対設置位置 (鉛直方向)

表 1. 換気システム概要

No.	名称	特徴
1	自然換気方式	外部風圧の強弱により換気口の流量を調整する
2	第一種ダクト式	ダクトを用いた全熱交換による集中給排気
3	第三種ダクト式	ダクトで集中排気し内外圧力差で給気口から外気導入
4	第一種ダクトレス	壁面に設置した給気ファン、排気ファンをそれぞれ、
5	第二種ダクトレス	一種：給排気、第二種：給気のみ、第三種：排気のみを
6	第三種ダクトレス	運転する

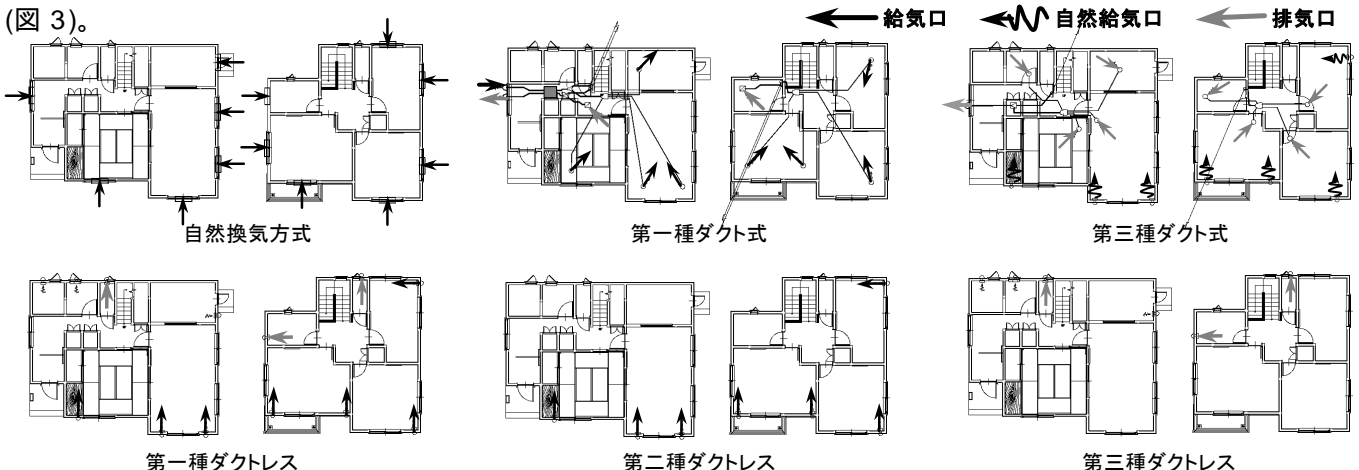


図 4. 換気システム図

1983464 渡部 裕介 1983234 櫻田 智和子 1983233 坂本 佳大

2-2. トレーサーガス法による換気量測定 トレーサーガス法とは、建物内にトレーサーガスを散布および採集の制御をして、換気量を測定する方法であり、今回は一定濃度法を使用する。一定濃度法とは建物内部にトレーサーガスを発生させ、その濃度が一定になるように発生量を制御して換気量を測定する方法である。測定原理は瞬時一様拡散の仮定において、以下のように説明できる。(1)式は*i*室におけるトレーサーガス濃度の変化量と流量および*i*室内で発生するトレーサーガスの総量の関係式である。一定濃度法は全室同濃度制御で濃度変化が無視できるので、右辺の第2項は $j = 0$ において0となり、また濃度変化の項、左辺も0となる。そのため(1)式は(2)式に簡略化され、(3)式になる。よって、(3)式から直接新鮮換気量が求められる。

$$m_i \frac{dC_i}{dt} = S_i + \sum_{j=0}^N (C_j - C_i) Q_{ij} (1 - \delta_{ij}) \dots (1)$$

$$0 = S_i + (C_i - C_0) Q_{i0} \dots (2)$$

$$Q_{i0} = \frac{S_i}{C_i - C_0} \dots (3)$$

- S_i : トレーサーガスの*i*室における発生量
- m_i : *i*室の総空気量
- C_i : *i*室のトレーサーガス濃度
- Q_{ij} : *i*室から*j*室に流入する総空気量
- t : 時間
- δ_{ij} : クロネッカー($i=j$ で $\delta_{ij}=1$ 、 $i \neq j$ で $\delta_{ij}=0$)
- Q_{i0} : 外気から*i*室に流入する空気量
- C_0 : 外気中のトレーサーガスの濃度
- N : 室数

表2 ブロック分割条件

No.	室名	容積(m ³)
1	1Fトイレ	4.0
2	和室	38.1
3	洗面+浴室	15.9
4	玄関+1Fホール	45.3
5	リビング+キッチン	71.5
6	2F納戸	11.9
7	2Fトイレ	4.0
8	洋室A	37.8
9	洋室C	27.8
10	洋室B	31.8
11	2Fホール	26.9
	全体	315.0

測定条件として、住宅内の計画換気を検討するために、住宅内を11のブロックに分割をした(表2)。測定時にはブロック間のドアを閉め、測定対象以外のシステムの給排気口を、気密処理し漏気を防いだ。本測定では、トレーサーガスとして、六フッ化硫黄

(以下 SF₆)を使用している。SF₆は大気中に存在せず、純粋な換気量の変化を測定できる。またトレーサーガスの瞬時一様拡散条件を得るために、ファンを用いてガスを拡散させた。

3. 測定結果および考察 3-1. 各システムの換気量比較

トレーサーガス濃度と発生量の推移の例を図5に示す。SF₆濃度の変化に応じ、発生量を調節しながら一定な濃度を保とうとしていることが分かる。解析には濃度が安定するまでの時間を考慮し、データ全体のうち後半の2/3を使用した。算出した結果を風量測定値と比較した結果、住宅全体の換気回数は概ね一致している。次に各換気システムのブロック別の測定結果を示す(図6)。その結果自然換気方式と第三種換気システムは、1Fの換気量に比べ2Fが不足していることがわかる。一方で第一種、第二種の各システムは、各居住室に安定した換気量が確保されているといえる。

表3. 風量測定と一定濃度法比較

システム名	風量測定			一定濃度法	
	給気 (m ³ /h)	排気 (m ³ /h)	換気回数 (回/h)	換気量 (m ³ /h)	換気回数 (回/h)
1. 自然換気方式	-	-	-	158.5	0.50
2. 第一種ダクト式	116.0	114.6	0.37	127.4	0.40
3. 第三種ダクト式	-	150.0	0.48	133.2	0.42
4. 第一種ダクトレス	104.7	197.5	0.63	178.3	0.57
5. 第二種ダクトレス	100.5	-	0.32	116.2	0.37
6. 第三種ダクトレス	-	179.0	0.57	160.7	0.51

3-2. 風が与える影響 図7は冬期の実験住宅周辺の風向頻度分布である。西、西北西の方角から風が集中し、風速も高い値を示していることが分かる。図8に最も頻度が高い西北西の風が、南北壁面間および東西壁面間に与える圧力差の影響を示す。南北面、東西面間ともに圧力差が大きく現れており、風上側の壁面に高い風圧力がかかり換気に与える影響が大きいと予想される。換気量の値から、強風時のデータのある2種類の換気システムについて、風

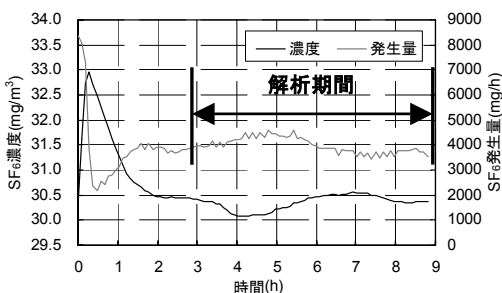


図5. SF₆濃度と発生量の時間変化

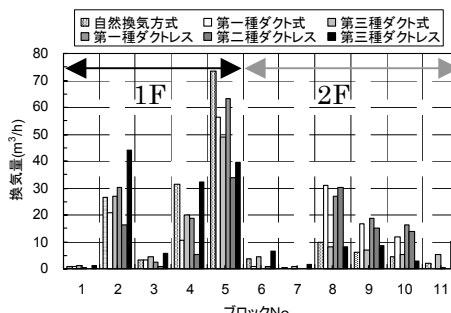


図6. 換気システム別換気量比較

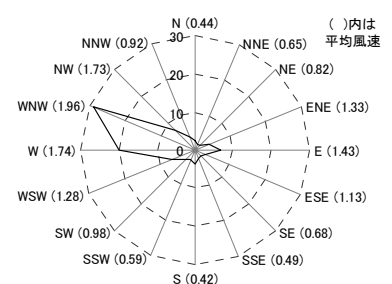


図7. 冬期風向頻度分布

1983234 櫻田 智和子 1983233 坂本 佳大 1983464 渡部 裕介

が換気量に与える影響を図9に示す。西北西からの風による影響を見ると、自然換気方式は風上側の洋室Aが風速による換気量の増加を示している。反対に風下側のリビング+キッチンでは、換気量が風速と共に減少している。一方、第一種ダクト式への影響は、洋室Aに風速による換気量の増加が認められるが、リビング+キッチンは風速に関わらず一定の換気量が保たれている。自然換気方式が風による高い依存性を示すのに対し、ダクト式での換気は居室に安定した給気ができるという特徴が現れているといえる。その他のシステムについては、今回強風時のデータが集まらなかったため、検討することができなかった。

3-3. 換気による温熱環境変化 リビングと洋室Aにおける内外温度差と室内上下温度差の関係を図10に示す。各システムとも内外温度差の増大につれて上下温度差が増大している。特に自然換気方式は、内外温度差に対する依存性が高くなっている。逆に第一種ダクト式は、その影響が少なく安定した熱環境であると思われる。これは、自然換気方式が直接外気を給気するのに対し、第一種ダクト式は外気を熱交換器によって、暖めて給気しているためといえる。リビングと洋室A間で比較すると、洋室Aは全体的に上下温度差がつかない。図11は、内外温度差と換気回数との関係を示している。リビングは図10と同じように、内外温度差の増大に比例して、換気量も増えている。一方で、洋室Aにはその相関は確認できていない。換気量測定の結果、1Fからの換気量が全体的に多く、内外温度差が換気量に影響していることが考えられ、温度差換気が起っている可能性がある。また、そのことが上下温度差の増加にもつながっていると予想できる。

4. まとめ 本測定において、住宅全体の換気量は、どれも十分な換気量を確保しているものの、ブロック別に見た場合に大きなばらつきが見られた。今回の測定では、外部からの新鮮空気量の判別しかできないため、室間での空気の動きは分からない。今後は外気からだけでなく、住宅内での空気の流れも含めた検証をしていくことが、必要といえる。ただ、機械換気システムにおいても、外部風、内外温度差が影響することが分かった。さらに、室内の温熱環境にも、大きな影響がみられることが分かった。

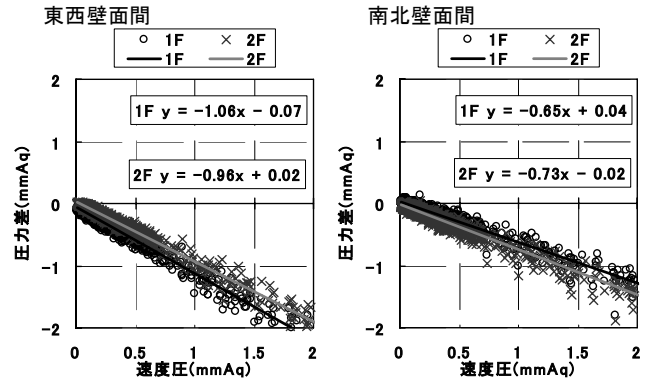


図8. 西北西風時の壁面圧力差

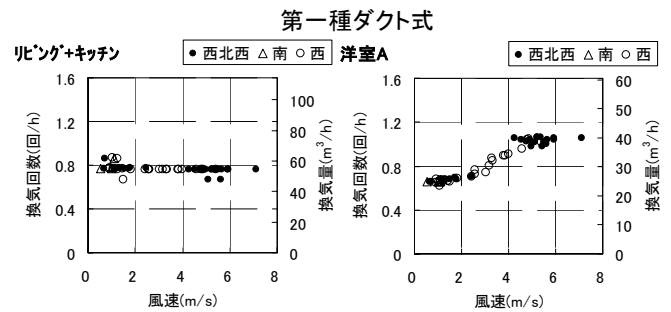
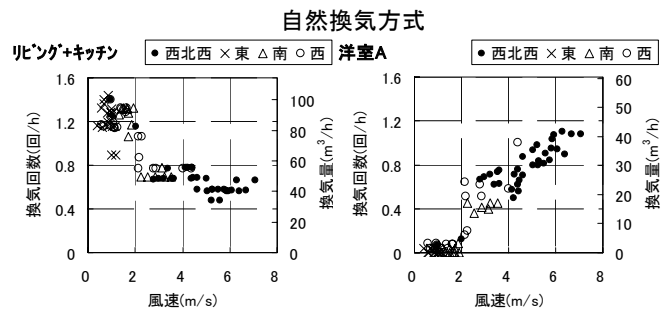


図9. 風向別の風速と換気回数との関係

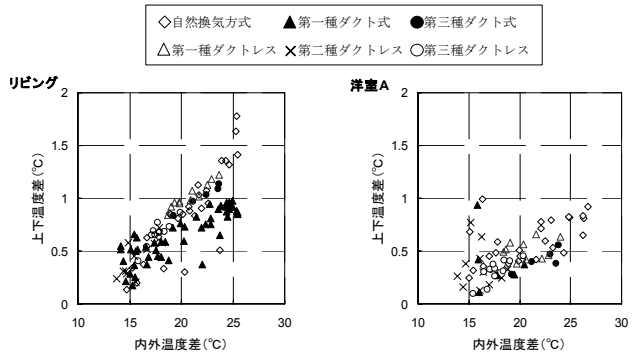


図10. 内外温度差と上下温度差の関係

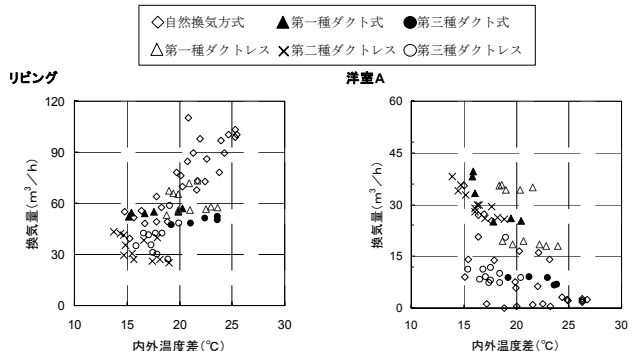


図11. 内外温度差と換気量との関係