

パッシブハウスに関する研究

戸建住宅を対象とした自然換気と快適環境の検討

T16K686A 菅野 里奈 指導教員 赤林 伸一 教授

1 研究目的

1970年代にオイルショックが起こりエネルギー価格が高騰し、これに対応する為、パッシブハウスの研究が行われた。従来のパッシブソーラーハウスは、住宅の断熱・気密性能を向上させるだけでなく、開口部の最適配置による太陽光や太陽熱の効果的な利用や、蓄熱技術等の有効利用でエネルギー消費を減少させることを意図したシステムである。一方、1990年代以降、化石燃料の使用による気候変動の緩和を図るため、住宅でも更なる省エネルギーが推進されている。住宅の省エネルギーに関する研究は太陽光発電やエアコンの効率向上等のアクティブな手法が主流となっており、断熱・気密性能や窓の配置、換気口の面積や数等、パッシブな手法の検討は十分なされていないのが現状である。

本研究では、パッシブな手法の有効性を検討するため、南面のみを窓とした住宅を対象とし、特に換気口による自然換気量をパラメータとして、日射取得による室温への影響の検討を行う。更に、断熱・蓄熱性能をパラメータとし、住宅性能が室内環境に及ぼす影響を検討し、パッシブハウスの設計方法を明らかにすることを目的とする。

2 研究概要

2.1 解析対象住宅・地域：2階建戸建住宅^{*1}を対象とする。日本建築学会標準住宅モデル^{文1)}を参考とした幅8,645[mm]×奥行7,280[mm]×階高2,700[mm]で総二階の戸建住宅(陸屋根)とし、各階を一室とする。対象地域は東京とする。

2.2 解析条件：表1に解析 case を示す。気象データには日本建築学会拡張アメダス気象データ(標準年)^{文2)}を用いる。住宅の断熱性能^{*2}、蓄熱性能^{*3}を系統的に変化させ、熱負荷シミュレーションソフト TRNSYS ver.16 を用いて自然室温^{*4}の算出を行う。住宅モデルは南面のみに窓を設置した住宅とし、窓面積を壁面積の100[%]、80[%]、60[%]とする。断熱性能は3段階、蓄熱容量も3段階(表1)とし、計27caseの解析を行う。

2.3 換気条件：常時換気として0.5[回/h]の機械換気を行う。また、自然換気口15[cm]×15[cm]を床を除く5面に各16[個]ずつ計80[個]を均等に設置する。

2.4 快適室温とパッシブ快適時間：20[°C]から27[°C]を快適室温とし、室温が快適室温となる時間を快適時間とする。室温が27[°C]以上の場合を過熱室温、20[°C]以下の場合を過冷室温とする。快適時間の検討では全換気口を開放した場合に快適室温になる時間、全換気口を閉鎖した場合に快適室温になる時間を「快適時間」とする。全換気口を開放した時に過冷室温となり、閉鎖した時に過熱室温となる時間は、自然室温が快適温度になる適当な換気口の数が存在すると考えられるため、「見なし快適時間」と定義する。算出された快適時間と見なし快適時間を合計した時間を「パッシブ快適時間」と定義する。全換気口を開放した場合に過熱室温となる時間を「過熱時間」、全換気口の閉閉によらず過冷室温となる時間を「過冷時間」と定義する。1年間(8,760時間)における快適時間、見なし快適時間、過熱時間、過冷時間を算出し、パッシブ快適時間が最も長くなる住宅が高い性能と考え、断熱性能、蓄熱容量、窓面積の検討を行う。

2.5 見なし快適温度における換気口の数の検討：図1

に最適な換気口数の検討方法を示す。全 case の中で最もパッシブ快適時間が長い case を最適 case とする。本研究では最適 case を対象にパッシブ快適時間とするための最適な換気口の開閉個数を2つの方

表1 解析 case

解析 case	壁面積に対する南窓面積の割合	断熱性能[W/(m ² ・K)]		蓄熱容量 [MJ/K]	
		各部分U値	U ₀ 値		
case1-A-0	100	A	屋根・床・外壁:2.0	2.60	0
case1-A-V			ガラス(シングルガラス):5.8		5
case1-A-X					10
case1-B-0		B	屋根・床・外壁:0.6	0.77	0
case1-B-V			ガラス(LOWEガラス):1.7		5
case1-B-X					10
case1-C-0		C	屋根・床・外壁:0.1	0.15	0
case1-C-V			ガラス(3層ガラス):0.4		5
case1-C-X					10
case2-A-0	80	A	屋根・床・外壁:2.0	2.48	0
case2-A-V			ガラス(シングルガラス):5.8		5
case2-A-X					10
case2-B-0		B	屋根・床・外壁:0.6	0.74	0
case2-B-V			ガラス(LOWEガラス):1.7		5
case2-B-X					10
case2-C-0		C	屋根・床・外壁:0.1	0.14	0
case2-C-V			ガラス(3層ガラス):0.4		5
case2-C-X					10
case3-A-0	60	A	屋根・床・外壁:2.0	2.36	0
case3-A-V			ガラス(シングルガラス):5.8		5
case3-A-X					10
case3-B-0		B	屋根・床・外壁:0.6	0.70	0
case3-B-V			ガラス(LOWEガラス):1.7		5
case3-B-X					10
case3-C-0		C	屋根・床・外壁:0.1	0.13	0
case3-C-V			ガラス(3層ガラス):0.4		5
case3-C-X					10

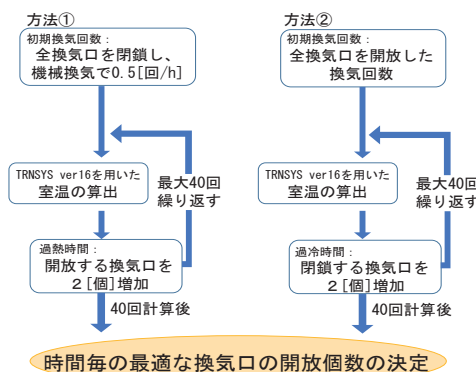


図1 最適な換気口数の検討方法

法で解析を行う。方法①は、初めに機械換気のみで自然室温を算出する。その結果、室温が過熱になった時間は換気口を2[個]^{*5}開放して再度室温を計算する。それでも過熱となる時間は開放する換気口の数を更に2[個]ずつ増加させ、時間毎の最適な換気口の数を明らかとする。方法②は、初めに全換気口を開放した換気回数^{*6}で自然室温を算出する。室温が過冷になった時間は2[個]ずつ換気口を閉鎖し、再度自然室温を算出し、快適温度となる換気口の数を明らかとする。方法①・②で快適温度となる換気口の数を算出し、その快適時間を「可能快適時間」とする。

最適 case のパッシブ快適時間、方法①での可能快適時間（以下、最適 case-①）、方法②での可能快適時間（以下、最適 case-②）、方法①または方法②で快適室温となった合計時間（以下、最適 case-③）を比較する。

3 解析結果

3.1 年間のパッシブ快適時間：図2に各住宅モデルの季節毎^{*7}のパッシブ快適・過冷・過熱の各時間を示す。どの住宅モデルでも断熱性能が向上すると、日射の影響により冬季に過冷時間が減少し、パッシブ快適時間は長くなる。どの case においても夏季は常に換気を行い室温と外気温の差が少なくなるため、パッシブ快適時間に差が殆ど無い。断熱性能が良い case がどの窓面積、蓄熱容量でも快適時間が長い。全 case の中でパッシブ快適時間が長いのは南窓面積 (80%)、断熱性能・蓄熱容量が最も大きい case2-C-X で、年間の 79.8% (6,989 時間) がパッシブ快適時間である。

3.2 最適 case の最適換気回数：図3に最適 case (case2-

C-X) の最適な換気回数の計算結果を示す。年間を通じて方法②の方が換気回数が相対的に多くなり、冬季でも換気を行う時間が存在する。

3.3 最適 case の快適時間の比較：図4に最適 case (case2-C-X) の換気回数算出方法毎の快適時間を示す。case2-C-X-②は case2-C-X-①と比較して換気回数が多いため過冷時間が多く、快適時間は case2-C-X-①より 3.7[%] 短い。また、case2-C-X-③では年間における快適時間の割合は 78.3[%] で、case2-C-X との差は 1.5[%] となる。最適換気回数を検討することでパッシブ快適時間に近い値となったが、完全には再現されない。

4 まとめ

- ①東京では case2-C-X (南窓面積 (80[%])、断熱性能 C、蓄熱容量 10[MJ/K]) の case が最も快適時間が長い。
- ②換気口閉鎖時に過熱室温となり、開放時に過冷室温となる見なし快適時間における最適な換気口数が存在する。
- ③見なし快適時間に対して快適室温に調整できる換気回数を検討したが、パッシブ快適時間は完全には再現されなかった。

注釈

- ※1 家族構成は父・母・子2人の計4人とし、生活スケジュール自動作成プログラム SCHEDULE による内部発熱を算出し、熱負荷計算を行い、室温を算出する。
- ※2 壁、屋根、1階床の断熱材の厚さとガラスの断熱性能を変化させる。
- ※3 実際の室内に蓄熱容量を付加させるには、床や壁などにコンクリートやレンガなどの蓄熱体を設置することが考えられるが、TRNSYS では質点系で計算を行うため、室に熱容量を与えて蓄熱容量を変化させている。
- ※4 1、2階はほぼ同じ温度変動となるので、1階の温度で快適時間の割合を評価する。
- ※5 換気口の位置は無視し、開放した換気口の個数 (開口面積) と換気回数は比例すると仮定する。また換気口は2個を1セットとして開放個数を変化させる。これは、換気には流入口と流出口が1セットとして必要なためである。従って全80個の換気口は40セットとして開放個数を変化させる。
- ※6 CFD 解析 (RANS) により壁面の風圧係数の分布を算出することにより求める。
- ※7 3月から5月・9月から11月を中間季、6月から8月を夏、12月から2月を冬とする。

参考文献

- 文1) 宇田川光弘他：標準問題の提案 住宅用標準問題、日本建築学会環境工学会熱分科会第15回シンポジウムテキスト、1985年
- 文2) 日本建築学会「拡張アメダス気象データ」 鹿児島 TLO、2005年

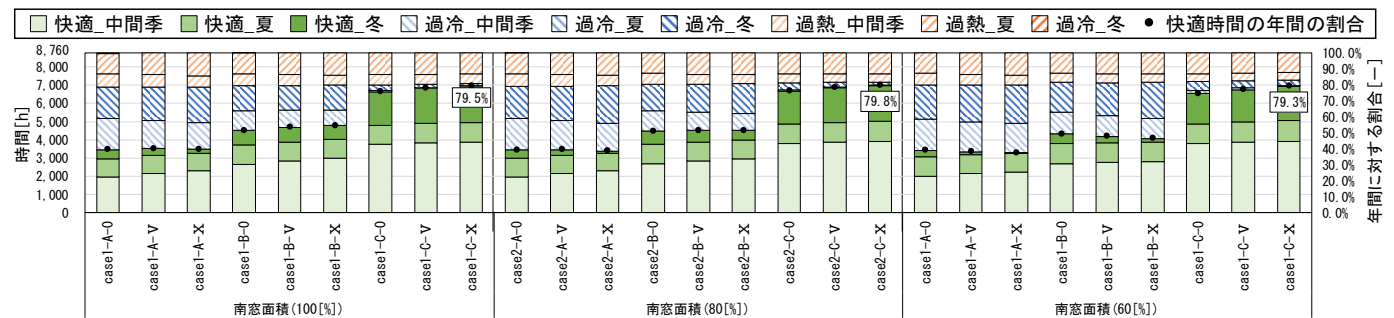


図2 各住宅モデルの季節毎^{*7}のパッシブ快適・過冷・過熱の各時間

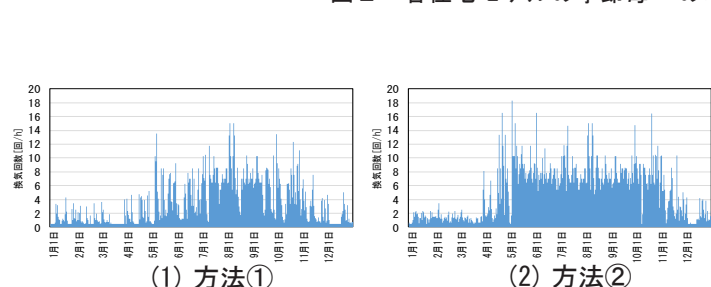


図3 最適 case (case2-C-X) の最適な換気回数の計算結果

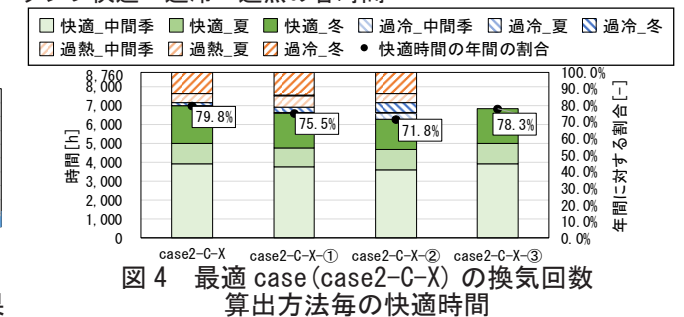


図4 最適 case (case2-C-X) の換気回数算出方法毎の快適時間