

戸建住宅における住まい方が熱負荷と快適性に及ぼす影響
ー夏季の通風行為を考慮した室温計算シミュレーションー

○木村 創 (大阪大学)

山中 俊夫 (大阪大学)

甲谷 寿史 (大阪大学)

1. はじめに いわゆる次世代省エネ基準¹⁾により、我が国の住宅の熱性能での方向性がより明確になりつつある。次世代省エネ基準では、新たに年間暖冷房負荷の基準値が地域区分ごとに設定されるとともに、熱損失係数、夏期日射取得係数、相当隙間面積の基準値が強化されるなど、全般に新省エネ基準¹⁾と比較してより省エネ指向の強い内容となっている。一方、従来の日本の住宅は、省エネの面から推進されている高断熱・高気密住宅とは逆に、外気に対して開放された構造をしており、夏季は通風などで涼を得ることを主としてきた。今後、日本の住宅構造が変化していても、居住者がこのような従来の住まい方をすることは十分に考えられる。そこで本研究では、居住者の住まい方に着目して、それが住宅性能とともに、熱負荷及び快適性にどういった影響を及ぼすのかをシミュレーションにより検討することを目的とする。本報は冷房を行わず、通風行為(窓の開閉)のみに頼る際の自然室温シミュレーションを種々の住宅性能下で行い、PMVを算出した上で、期間の出現確率として集計することにより住宅性能が熱的快適性に及ぼす影響について検討したものである。

2. 計算概要 計算は熱・換気回路網計算プログラムNETS²⁾を用いて行った。計算対象住宅は木造戸建住宅とし、日本建築学会住宅用標準問題³⁾を用いた。気象データは日本建築学会拡張アメダス気象データ⁴⁾の標準年気象データ(1時間値)を使用した。

表1 壁体構成(単位mm)

2.1 計算条件

1) 計算対象住宅 計算対象住宅の平面を図1に示す。住宅は木造総二階建てで延床面積125.86m²である。表1に計算対象住宅の壁体構成を示す。断熱材はグラスウールとし、その厚さをパラメータとして変化させている。

2) 家族構成 夫婦と小学生二人とする。

外壁		間仕切り	
モルタル	30	石膏ボード	12
合板	9	空気層	40
断熱材	0~152	石膏ボード	12
石膏ボード	12	1階床	
2階床		床板	10
カーペット	15	合板	12
合板	12	断熱材	0~152
空気層	40	2階天井	
石膏ボード	12	断熱材	0~152
1階和室床		石膏ボード	12
畳	60	屋根	
合板	12	スレート	0~152
断熱材	0~152	合板	12

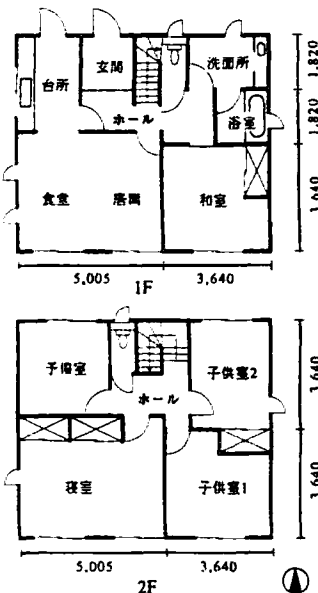


図1 対象住宅平面図

表2 室内発熱スケジュール(単位W)

時刻	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24
居間	0	0	0	0	0	0	0	375	107	504	48	0	145	121	0	0	95	158	153	488	772	370	225	0
寝室	189	189	189	189	189	189	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	196	189	0
子供室1, 2	95	95	95	95	95	95	71	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	103	162	0	0	23	95	95
洗面 浴室	0	0	0	0	0	0	587	0	302	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	205	0	0
玄関	0	0	0	0	0	0	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	36	36	36	36	36	36
2階ホール	0	0	0	0	0	0	28	28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	28	28	28	28	28	28	28
台所	100	100	100	100	100	100	458	458	423	100	100	100	423	423	100	100	100	1104	458	458	100	100	100	100

; 在室者のいる時間帯

3) 室内発熱スケジュール 空気調和・衛生工学会の室内発熱パターン作成プログラム⁵⁾を用いて家族構成に基づいたスケジュール作成を行った。表2に室内発熱スケジュールを示す。

4) 対象都市と計算期間

計算対象都市は東京、計算期間は4/23～11/1とする。計算期間は暖房期間を除いた期間としている。

2.2 パラメータ

1) 断熱性と気密性 表3に、設定貫流熱損失係数 (KS') と延べ床面積当たりの相当隙間面積 ($\alpha A'$) を示す。表中の値は条件番号である。なお貫流熱損失係数は延床当たり、室内外温度差当たりの貫流による熱損失量で、住宅の総合的な断熱性を示す指標である。また、窓ガラスの種類は複層ガラス (ガラス厚 3 mm、空気層 6 mm、熱伝導抵抗

表3 貫流熱損失係数と相当隙間面積

KS'	2.5	3.5	5.1
$\alpha A'$	①	③	
2	②	④	⑤
7			⑥
19			

KS' : 貫流熱損失係数[W/m²K] $\alpha A'$: 相当隙間面積[cm²/m²]

0.159m²K/W) とする。

2) 窓の開閉 在室の有無に関わらず、各時点での外気温が、表4に示す基準温度を超えると窓を開放し、基準温度を下回ると閉鎖する設定とした。なお基準温度の22、24℃は山中⁶⁾の「外気温度が20℃から30℃の間で通風行為が頻繁に行われる」という調査に基づいて、その範囲で2段階設定したものである。

表4 窓開放の基準温度

窓開放参照温度[℃]	22、24
------------	-------

2.3 PMVの算出法 計算結果を用いて、PMVの算出を行う。表5に、算出の際用いた入力を示す。換気量は、室の最大断面積で除して気流速度に変換している。また、湿度計算は行わず、外気の絶対湿度が室の絶対湿度に等しいものとした。また放射温度には周壁の面積重み平均温度を用いている。

表5 PMVの入力

室温[℃]	居間の室温
放射温度[℃]	周壁温度の面積重み平均温度
絶対湿度[g/kg]	外気の絶対湿度
風速[m/s]	換気量(居室の相互換気含む)を最大断面積で除した値
clo値[clo]	0.6
代謝量[met]	1

3. 考察

3.1 室温変動 図2、図3に、中間期及び夏季の室温と同時刻における換気回数の変動を示す。中間期に関しては、正午頃に室温が30℃を超えることがあるが、これは窓を通した透過日射の影響によるもので、カーテンなどの日射遮蔽装置を考慮していないことが、影響を強くしているものと考えられる。また、今回は窓の開閉制御を外気温のみを基準として行っており、室温が高くなっても外気温が基準温度よりも低ければ窓開放が行われないため、現実にはいくらかの窓開放行為が行われるものと考えられ、室温のピークが低くな

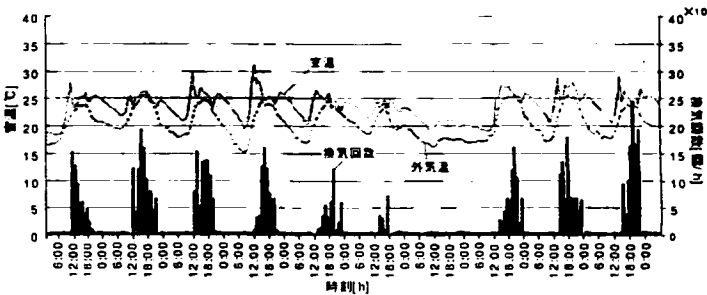


図2 居間の室温変動 (中間期; 9/30～10/10)
(条件④: KS' 3.5W/m²K, $\alpha A'$ 7cm²/m², 窓開放基準温度 22℃)

る可能性は高い。夏季に関しては、軒並み外気温度が窓開放基準温度よりも高く、窓を開放することによって、室温と外気温がほぼ等しくなっている様子が見られる。

3.3 住宅性能と窓開放の基準温度が月別の室温累積出現確率に及ぼす影響 図4に居間の室温の累積出現確率を月別に示す。なお、グラフは在室者のいる時間帯のみを集計したものである。図は条件番号①、④、⑥（高性能＝高気密・高断熱住宅→低性能＝低気密・低断熱住宅）の結果を示している。中間期（4月～6月、10月）に関しては、住宅性能が低くなる程、室温が低くなる傾向が見られる。例えば、窓開放基準温度24℃の80%値で比較した場合、4月で32.1℃→31.0℃→30.1℃、5月で29.0℃→28.0℃→27.5℃、6月で28.8℃→27.7℃→27.3℃、10月で28.6℃→27.3℃→26.6℃となる。これは、窓が閉まっている状態が多いため、断熱・気密性が高くなる程、熱損失が少なくなり、透過日射の影響が強まる事が原因であると考えられる。また、窓開放基準温度が低い（22℃）方が、室温が低くなり、80%値で最大で約3℃の違いが見られる。夏季（7

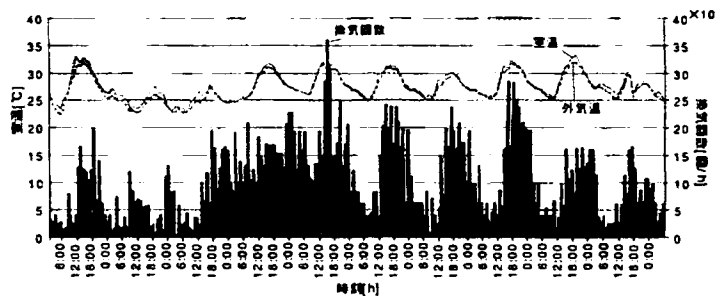


図3 居間の室温変動（夏季：8/1～8/11）
（条件④： K_S 3.5W/m²K, α_A 7cm²/m², 窓開放基準温度22℃）

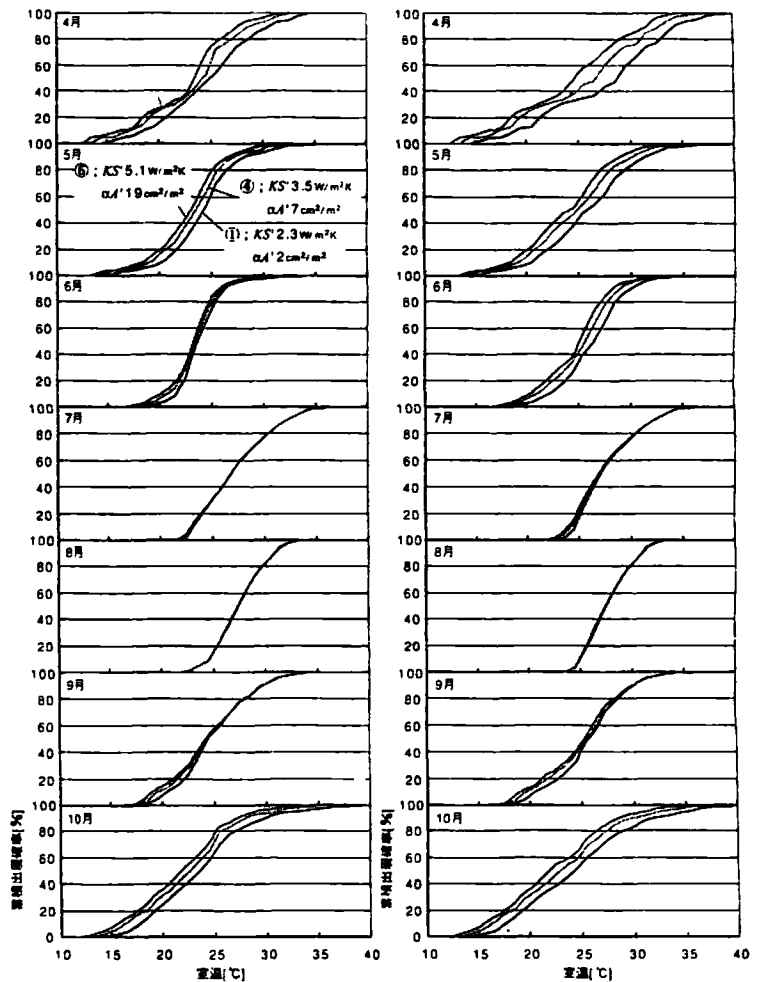


図4 居間の室温累積出現確率
（左：窓開放基準温度22℃ 右：窓開放基準温度24℃）

～9月）になると、窓の開いている状態が多くなり室温は外気温と近い値を示すようになることから、断熱・気密性、窓開放基準温度による違いはほとんど見られない。80%値で7月30.3℃、8月29.7℃、9月28.5℃となっている。

3.4 住宅性能と窓開放の基準温度が月別のPMV累積出現確率に及ぼす影響 図5に居間のPMVの累積出現確率を月別に示す。図は室温の累積出現確率の時と同様、3種類の住宅性能についての結果である。中間期（4～6月、10月）で住宅性能による違いが見られ、住宅性能の高いものほどPMV値が高くなる。原因としては、室温

の累積出現確率と同じ事が考えられる。夏季に関しては、住宅性能による違いは見られず、PMVは中間期と比較して高い値を示す。窓開放基準温度による違いは、室温同様に中間期で見られ、夏季ではほとんど見られない。

3.5 各パラメータが夏季・中間期のPMV累積出現確率50%値に及ぼす影響 表6に、夏季(8月)及び中間期(10月)における、居間のPMVの累積出現確率50%値をパラメータごとに示す。夏季に関しては、全条件でほとんど同じ結果となり、1.1前後の値を示している。快適となるPMVの範囲は-0.5~0.5とされており、夏季は窓の開放だけで快適に過ごすことは困難である。中間期に関しては、住宅性能・窓開放基準温度による違いが見られ、-0.4~-1.1の値を示しており、傾向としては、住宅性能及び窓開放基準温度の高い条件程、快適側(PMV=0)に近づく。

4 まとめ 窓開閉のみの制御で、室内環境がどの程度快適に維持されるのかについて検討を行った。中間期に関しては、通風だけである程度快適性が得られることが示された。一方、夏季は外気温が高いため、PMVも高くなり、日射遮蔽等の別の制御手法が求められる。

謝辞

本研究を進めるに当たり、奥山博康氏(清水建設技術研究所)の多大なるご協力、助言を頂きました事を、ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 坂本雄三「断熱性能と日射遮蔽性能の基準」,BEC,No.111,pp.10-14,1999年3月
- 2) 奥山博康「熱・換気回路網計算プログラムNETSの開発(その2) プリ・ソフト処理システムの概要」,空気調和衛生工学会学術講演会講演論文集I, pp.269-272,1998年8月
- 3) 宇田川光弘「標準問題の提案」住宅用標準問題,日本建築学会・環境工学委員会・熱分科会・第15回熱シンポジウム「伝熱解析の現状と課題」,1985
- 4) 日本建築学会「拡張メダス気象データ」,丸善,2000年1月
- 5) 空気調和・衛生工学会,住宅の消費エネルギー計算法小委員会「生活行為に伴う室内発熱パターンプログラム」,空気調和・衛生工学会,住宅の消費エネルギー計算法小委員会シンポジウム「住宅のエネルギー計算用設定条件のモデル化」,pp101-112,1996年
- 6) 山中俊夫「住宅における通風行為と通風環境に関する基礎的研究」,日本建築学会近畿支部研究報告集,第36号・計画系,pp.77-80,1996年6月

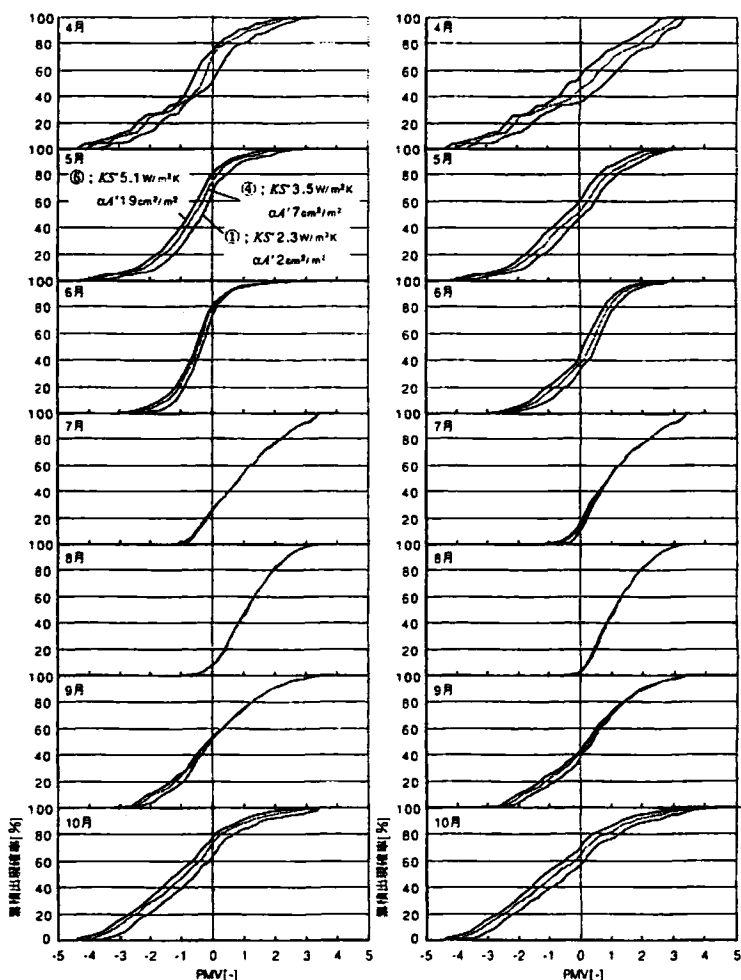


図5 居間のPMV累積出現確率
(左:窓開放基準温度22℃ 右:窓開放基準温度24℃)

表6 PMVの累積出現確率50%値

	夏季(8月)	中間期(10月)
窓開放基準温度22℃		
窓開放基準温度24℃		