

# 住宅における窓の熱的性能の違いによる室内熱環境への影響と冷暖房負荷削減効果 その3 冬季実験結果とシミュレーションによる年間負荷比較

学生会員 ○京極 光 (九州大学)  
正会員 住吉 大輔 (九州大学)  
正会員 高村 正彦 (塩ビ工業・環境協会)  
正会員 中野 誠司 (香川県庁)

正会員 赤司 泰義 (九州大学)  
正会員 尾崎 明仁 (京都府立大学)  
正会員 畑中 直 (健康住宅株式会社)

## 1 はじめに

本研究ではガラスだけでなくフレームも含めた窓全体の性能に着目し、窓の違いによって住宅の快適性や熱負荷にどの程度影響があるか実験およびシミュレーションにより検討を進めてきた。その1<sup>1)</sup>では窓の仕様が異なる2つの実験棟における室内熱環境の比較実験の夏季の結果を、その2<sup>2)</sup>では実験建物をモデルとしたシミュレーションによる熱負荷の計算結果を示した。本報では、冬季の実験結果と、実験とは条件が異なる建物モデルでのシミュレーション結果について示す。

## 2 実験概要

### 2.1 実験棟の概要

実験棟の立面図を図1に示す。以下、西側の実験棟を実験棟Ⅰ、東側の実験棟を実験棟Ⅱとする。実験棟は四方が外壁であり、南面に窓、北面に扉を設置している。2棟の東西面への日射の影響をできるだけ同じにするため、実験棟の東西に壁を立てた。ただし、敷地の東側には戸建住宅があり、実験棟Ⅱに午前中は日射が当たらない。

### 2.2 実験方法と実験条件

冬季実験は2011年1月15日から3月3日に行った。エアコンを24時間稼働し、設定室温は22℃、風量は弱に設定した。冬季実験では夏季と同様の測定に加え、コールドドラフト測定のため床表面温度と床上30mmの空気温度を各実験棟で5点ずつ測定した(図2)。また、結露の測定のため湿度55%程度になるよう加湿器による加湿を行った。

実験棟Ⅰにはアルミフレーム+複層ガラス(以下Alm+D)またはアルミフレーム+遮熱Low-Eガラス(以下Alm+Lb)、実験棟Ⅱには樹脂フレーム+遮熱Low-Eガラス(以下PVC+Lb)を取り付けて実験を行った。比較に際し、ガラス表面温度およびフレームの表面温度は複数の測定点の平均値とし、各値は一時間ごとの平均値とした。

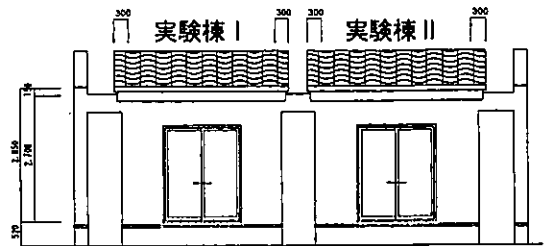
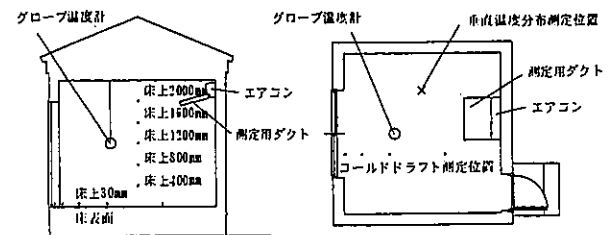


図1 実験棟立面図 (単位:mm)



(a) 測定点 (断面) (b) 測定点 (平面)

図2 測定状況

## 3 実験結果

Alm+D と PVC+Lb の比較実験(実験A)の代表日(2月1日)の窓のガラスとフレームの表面温度および室内空気温度を図3に、Alm+Lb と PVC+Lb の比較実験(実験B)の代表日(3月1日)のフレーム表面温度と室内空気温度を図4に示す。8時から11時までのグレーハッチの部分は2棟で日射の当たり方が異なる時間帯である。図3でフレームおよびガラスの表面温度は、夜間にはPVC+LbがAlm+Dに比べ室外側は低く室内側は高くなっており、断熱性の差が現れているが、日中は夜間のように明らかな差はない。これは複層ガラスの方が日射を取り入れ易いため、図3に見られるようにAlm+Dの室温が大きく上昇するためである。逆に夜間はPVC+Lbの方が室温が高いのは、エアコンのセンサーによる違いと考えられる。図4で実験Bのフレームの表面温度を比較すると、PVC+Lbの方が室外側は低く室内側は高い。実験Aの夜間と同様に、室内空気温度はPVC+Lbの方が高くなっている。

図5、図6にこれらの日の4時と20時における床表面温度と床上30mmの空気温度の温度分布を示す。2棟の比較結果は実験A、Bで同様である。窓に近いほど床表面温度が低く、特にアルミフレームで室温との差が大きい。樹脂フレームでは窓から50cm、アルミフレームでは1m程度までコールドラフトの影響があると考えられる。

冬季実験における日射の当たり方の異なる時間帯を除いた室内空気温度とグローブ温度の散布図を図7、図8に示す。実験A、Bともに室内空気温度が同じときにはグローブ温度はPVC+Lbの方が高い傾向にある。実験Aでは室温が高いほど差が小さくなる傾向にある。

図9に、実験で加湿を行った期間における、窓の室内側表面温度が露点温度を下回っていた時間の日積算値を示す。この露点温度は室中央の空気湿度から求めている。期間を通じた合計時間は実験棟Iが圧倒的に長い。実際はエアコンや加湿器の稼働状況が2棟で全く同じとは言えず、単純に結露の比較はできない。そこで、2棟で室内の温湿度条件に近い3日間(日平均室温 24℃～26℃、日平均湿度 53～56%)において、露点温度から結露発生時間を推定したところアルミフレームが29.4時間であったのに対し、樹脂フレームでは発生しなかった。

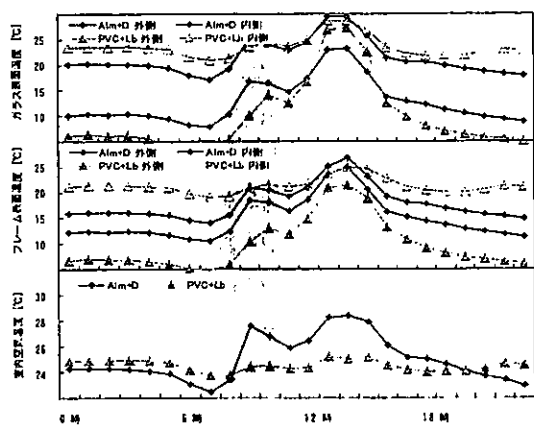


図3 室温・窓表面温度 (2月1日、実験A)

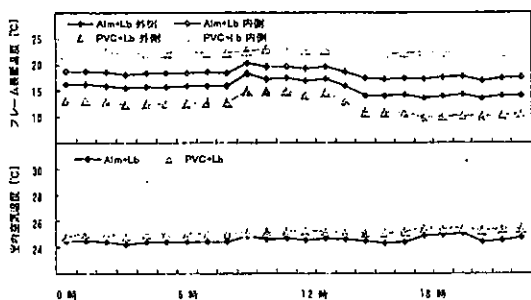


図4 室温・窓表面温度 (3月1日、実験B)

図10に冬季実験における各実験棟の暖房負荷の積算値を示す。実験Aは23日間、実験Bは10日間の積算値で、日射の当たり方の異なる時間帯のデータは除いている。表1、表2にこれらの暖房負荷と電力消費量の積算値およびエアコンCOPを示す。実験Aでは、遮熱Low-Eガラスの影響でPVC+Lbの方が日中の負荷は大きい。夜間では断熱性が高いPVC+Lbの方が負荷は小さい。実験Bでは日中、夜間ともPVC+Lbの方が負荷は小さいが、電力消費量はPVC+Lbの方が高い傾向にあり、これはエアコンによる実現室温が高いためと考えられる。

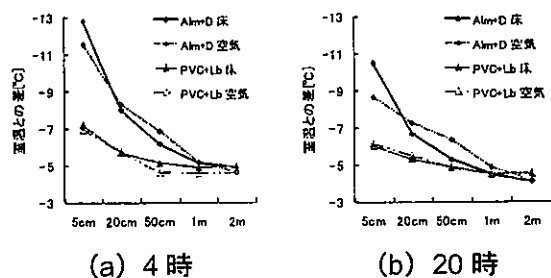


図5 床付近の温度分布 (2月1日、実験A)

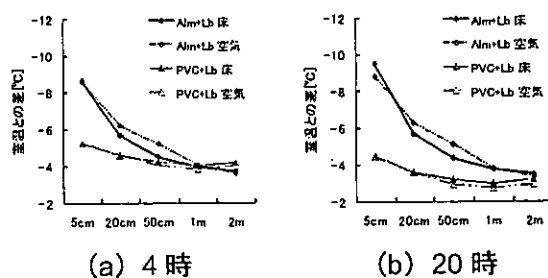


図6 床付近の温度分布 (3月1日、実験B)

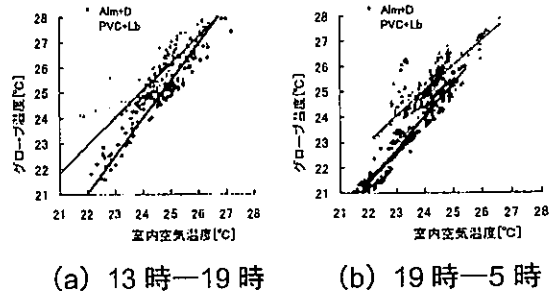


図7 室内空気温度とグローブ温度 (実験A)

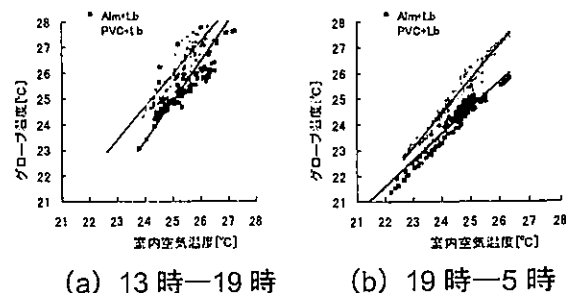


図8 室内空気温度とグローブ温度 (実験B)

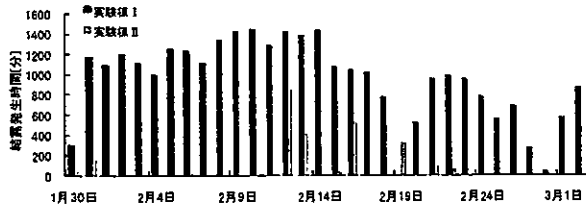


図9 日積算結露発生時間(分)

#### 4 シミュレーション概要

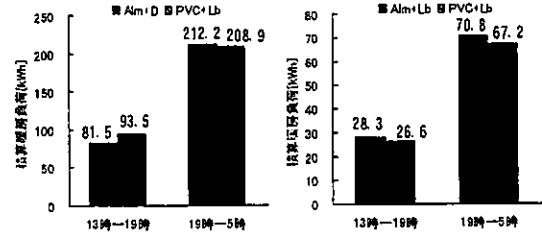
##### 4.1 シミュレーションモデル

実験棟は全面外気に面しており、外気に面する割合が多いため、実住宅の環境とは大きく異なる。そこで、実験と同様の住宅モデルに加え、建物が外気に面する割合や窓仕様が異なるモデルを作成し、シミュレーションを行う。熱負荷計算には動的熱負荷計算ソフト THERB<sup>3)</sup>を用いる。冷房期間は6月から9月、暖房期間は12月から3月とし、24時間空調とした。熱負荷は設定室温湿度を与え、その実現に必要な熱量として算出する。設定室温湿度は冷房時26℃、60%、暖房時20℃、40%とし、冷房時の加湿、暖房時の除湿は行わない。また、換気回数は0.5回/hとした。気象条件は福岡の拡張アメダス気象データ<sup>4)</sup>(標準年)を用いた。

建物仕様としては実験と同様のもの(建物A)に加え、天井・床および北面、西面には等温室があるとした建物B、さらに東面にも等温室があり南面のみが外気に接するとした建物Cの3ケースを考えた。窓のサイズについても、図10に示す実験と同じ掃き出し窓と、図11に示す腰窓の2ケースとした。窓仕様は実験と同様の3ケース(Alm+D、Alm+Lb、PVC+Lb)に新たに樹脂フレーム+断熱Low-Eガラス(PVC+Li)を加えた4ケースで、計24ケースを検討した。

##### 4.2 計算結果

計算結果を図13～図15に示す。図13(a)は実験と同じ仕様のケースである。夏季の冷房負荷への影響は窓ガラスの遮熱性能が支配的であり、フレームをアルミから樹脂に変更することで負荷はさらに削減された。冬季では、遮熱Low-Eガラスの遮熱性能が不利に働くものの断熱性能の向上により負荷は削減された。樹脂フレームのアルミフレームに対する負荷削減効果は夏季よりもやや大きかった。夏季ではPVC+Lbが、冬季ではPVC+Liが最も負荷が小さくなり、年間を通してはPVC+Lbが最も小さくAlm+Dと比較して約9%負荷が削減される。これを実験と比較すると、夏季の削減率は小さく、冬季の削減率は大きい。



(a) 実験A

(b) 実験B

図10 積算暖房負荷

表1 積算熱量比較(実験A)

(a) 13時—19時

	全熱[kWh]	電力[kWh]	COP[-]
実験棟 I (Alm+PG)	81.46	21.02	3.88
実験棟 II (PVC+LbG)	93.53	21.20	4.41
II / I	1.15	1.01	1.14

(b) 19時—5時

	全熱[kWh]	電力[kWh]	COP[-]
実験棟 I (Alm+PG)	212.25	53.15	3.99
実験棟 II (PVC+LbG)	208.90	50.24	4.16
II / I	0.98	0.95	1.04

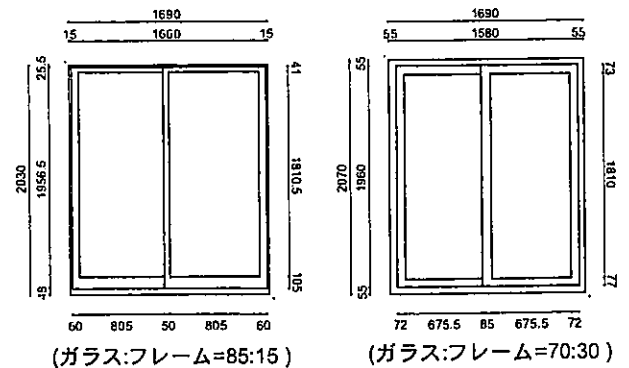
表2 積算熱量比較(実験B)

(a) 13時—19時

	全熱[kWh]	電力[kWh]	COP[-]
実験棟 I (Alm+LbG)	28.28	5.19	5.45
実験棟 II (PVC+LbG)	26.59	5.18	5.14
II / I	0.94	1.00	0.94

(b) 19時—5時

	全熱[kWh]	電力[kWh]	COP[-]
実験棟 I (Alm+LbG)	70.79	12.04	5.88
実験棟 II (PVC+LbG)	67.21	13.00	5.17
II / I	0.95	1.08	0.88



(a) アルミフレーム

(b) 樹脂フレーム

図11 開口部立面図

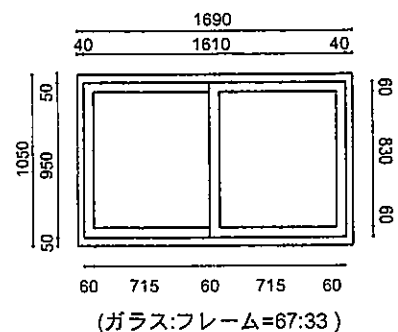


図12 腰窓寸法

図 13 (b) は建物の仕様は同じで腰窓に変更したケースである。(a) と (b) を比較すると腰窓の場合には、Alm+D では冷房・暖房両方の負荷が減少しているが、それ以外では冷房負荷が減少、暖房負荷が増加している。窓面積が減少することにより日射を取り込めなくなるためである。このため Low-E ガラスを使用した 3 ケースの Alm+D に対する負荷削減率は小さくなっている。これらのケースでは暖房負荷が大きいいため、年間を通した負荷は PVC+Li が最小となっている。

図 14 (a) は建物が南面と東面のみで外気に接するケースである。負荷削減率は Alm+D から Alm+Lb にすることにより 10.9%となり、さらに PVC+Lb にすることにより 1.3%削減されている。

この建物仕様で腰窓を使用したケースを図 14 (b) に示す。(a) と (b) を比較すると腰窓の場合には、冷房負荷が減少し、暖房負荷が増加している。Alm+Lb と PVC+Lb との削減率の差は 2.4% となっており、掃き出し窓の場合に比べて割合としては大きい。一方 PVC+Lb と PVC+Li との差は 0.3%と小さくなっており、これはガラス面積が小さくなることによる冷房負荷の減少幅が、PVC+Li の方が大きいためである。

図 15 (a) は建物が南面のみで外気に接するケースである。負荷削減率は Alm+D から Alm+Lb にすることにより 13.7%となり、さらに PVC+Lb にすることにより 1.6%削減されている。

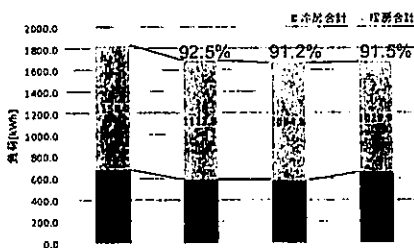
この建物仕様で腰窓を使用したケースを図 15

(b) に示す。Alm+Lb と PVC+Lb との削減率の差は 2.8%となっており、東面が外気に面する場合に比べて差が大きい。東面が等温室であることにより負荷が小さくなり、相対的にフレームの影響が大きくなったためである。Alm+ D と Alm+ Lb のガラスによる差と、Alm+Lb と PVC+Lb のフレームによる差を比べると、ガラスの差の方が大きい。

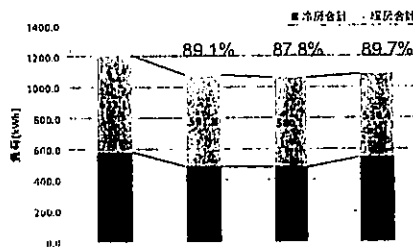
5 おわりに  
本報では、実験とシミュレーションにより年間を通した窓の熱的性能の違いによる室内熱環境と冷暖房負荷の検討を行った。冬季の実験では負荷は夏季ほどはっきりとした差は出なかった。コールドラフトや結露を考慮すると樹脂フレームがよいという結果であった。シミュレーション結果によると、負荷への影響はガラスの性能が支配的であったが、樹脂フレームにすることで負荷は更に削減できる結果になった。

【謝辞】  
本研究では実験にあたり(株)健康住宅、塩ビ工業・環境協会、プラスチックサッシ工業会に多大なる協力をいただきました。ここに深く感謝の意を表します

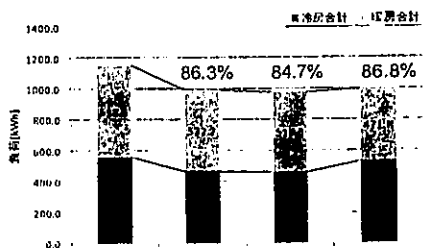
- 【参考文献】
- 1) 京極光, 中野誠司, 赤司泰義, 住吉大輔, 尾崎明仁:「住宅における窓の熱的性能の違いによる室内熱環境への影響と冷暖房負荷削減効果(その 1) 実験棟における夏季実測調査」, 日本建築学会研究報告 九州支部, 2011 年 3 月
  - 2) 中野誠司, 京極光, 赤司泰義, 住吉大輔, 尾崎明仁:「住宅における窓の熱的性能の違いによる室内熱環境への影響と冷房負荷削減効果(その 2) シミュレーションによる比較」, 日本建築学会研究報告 九州支部, 2011 年 3 月
  - 3) Ozaki A, Watanabe T and Takase S: Simulation Software of the Hydrothermal Environment of Buildings Based on Detailed Thermodynamic Models, eSim 2004 of the Canadian Conference on Building Energy Simulation, pp.45-54, 2004
  - 4) 赤坂裕, 他 11 名: 拡張アメダス気象データ, 日本建築学会, 2005 年 8 月



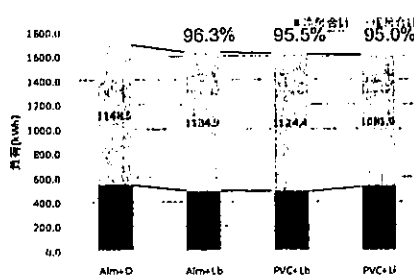
(a) 掃き出し窓



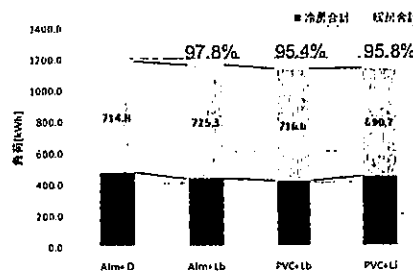
(a) 掃き出し窓



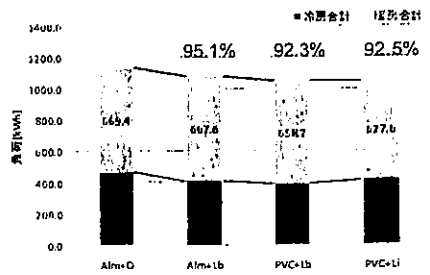
(a) 掃き出し窓



(b) 腰窓



(b) 腰窓



(b) 腰窓

図 13 年間積算熱負荷 (建物 A)

図 14 年間積算熱負荷 (建物 B)

図 15 年間積算熱負荷 (建物 C)