

省エネ手法導入による良質な集合住宅ストック拡大に関する研究  
(第3報) 室内温熱環境改善効果の検証

エネルギー消費量 樹脂窓 省エネ基準  
作用温度 温度差 結露リスク

正会員 ○ 橋本 侑美\*1 正会員 近藤 武士\*4  
同 奥秋 萌々\*1 同 湯澤 秀樹\*4  
同 千葉 麻貴\*2 同 久保 隆太郎\*4  
同 秋元 孝之\*3

1. はじめに

前報<sup>1)</sup>において、シミュレーションの概要と、エネルギー消費量に関するシミュレーション結果について述べた。本報では、室内温熱環境に関するシミュレーション結果と、得られた結果を用いて窓の断熱性能向上の効果の考察を行う。

2. シミュレーション結果

2.1 作用温度

作用温度は空気温度に放射の要素を加味した環境温度である。外気の最低気温が年間で最低となる1月10日を代表日とし、作用温度の経時変化を比較する。リビングの午前5時の最低室温が、住戸位置の違いによる9住戸中最低の西側3階の住戸と、最高の中側2階を代表住戸とし、**図1**にリビング、**図2**に廊下の作用温度の経時変化を示す。なお、グラフ中の網掛け部分は暖房使用の時間帯を表す。

リビングは暖房停止時に作用温度の低下が見られ、暖房停止時間が長いほど大きく低下するが、住戸位置や窓の断熱性能によってその度合いは異なる。朝の暖房稼働前はアルミ単板に比べアルミLow-Eでは約1.5[°C]、樹脂Low-Eでは約1.9[°C]高くなっており、窓の断熱性能向上により作用温度の低下が抑制されていることが分かる。

廊下は非空調であるため、作用温度が12.1~14.9[°C]とリビングと比較して低く、また作用温度の変化が1.1[°C]以内と少なくなっている。廊下には窓は設置されていないが、窓の断熱性能向上により廊下に隣接する居室の作用温度が上昇する影響を受け、約0.5[°C]上昇する。

次に部屋移動の際に生じる作用温度差を比較する。空調室と非空調室の作用温度の差が顕著である暖房期間で検討を行なう。代表的な部屋移動経路として、暖房使用の寝室から暖房停止のリビングへの移動を選定する。なお時間は起床時を想定して午前6時とし、リビングは暖房稼働直前の値として午前5時の結果を用いることとする。**図3**に冬期代表日の部屋移動による作用温度の変化を示す。

寝室から廊下への移動で作用温度が約4.0[°C]と大きく低下し、窓の断熱性能による差は見られなかった。リビングは窓の断熱性能向上による作用温度の向上が顕著に見られ、アルミ単板に比べ樹脂Low-Eは1.9[°C]作用温度が高くなる。そのため西側3階ではリビングと廊下の作用温度差は0.4[°C]小さくなった。一方リビングの作用温度が高い中側2階は、作用温度が向上することにより廊下との作用温度差は1.5[°C]大きくなった。

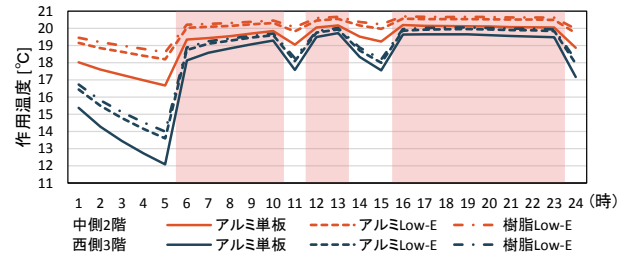


図1 冬期代表日におけるリビングの経時変化

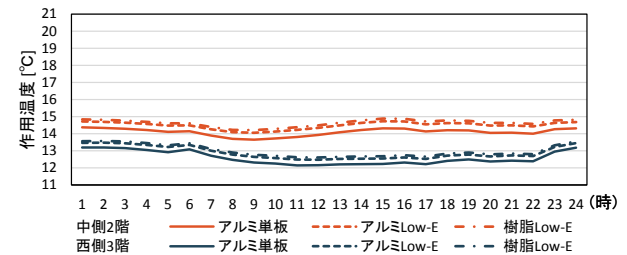


図2 冬期代表日における廊下の経時変化

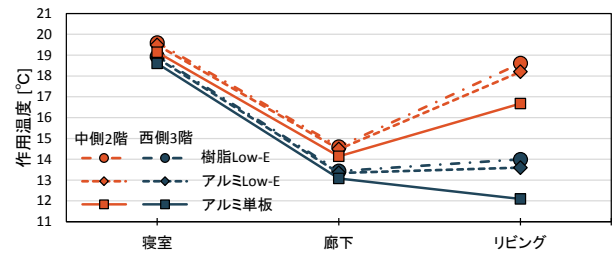


図3 部屋移動による室温差(寝室からリビング)

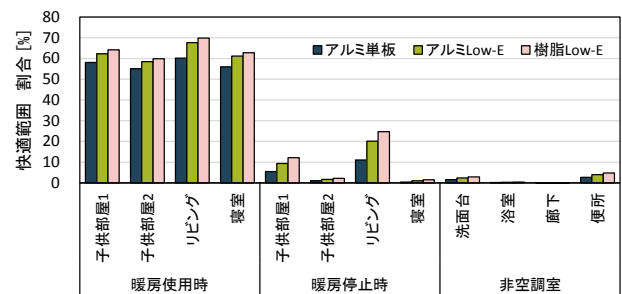


図4 暖房期間におけるPMV快適範囲割合

2.2 PMV

PMVは快適方程式に基づいた温熱環境評価法である。値は-3から+3で示され、0を中間として値が大きいくほど暑く、小さいほど寒い状態を表す。なお快適範囲は-0.5<PMV<+0.5とされる。PMVの算出において、風速0.1[m/s]、代謝量1.2[met]、着衣量1.0[clo]とした。

冬期の室内温熱の快適感を比較するために、各住戸の暖房期間にPMVが快適範囲となる時間数を求め、それぞれの対象時間における割合を算出する。図4に各部屋でPMVが快適範囲となる割合の全住戸の平均を示す。

暖房使用時の空調室は快適範囲となる割合が約55~70%と非空調室や暖房停止時の空調室より高いものの、快適範囲とならない時間も約3~4割生じることが分かる。暖房停止時のリビングは、日中の短時間の暖房停止時に快適範囲にあると考えられる。なお、暖房停止時の子供部屋2及び寝室、非空調室では快適範囲となることは殆どない。

いずれの部屋においても、窓の断熱性能を向上させることにより、快適範囲となる割合は大きくなることを確認した。対象期間において快適範囲外となる場合は、常にPMVが-0.5以下の寒いと感じる状態であるので、窓の断熱性能向上で室内はより暖かい状態となると言える。

### 2.3 窓表面結露

窓の表面結露はカビ菌類の発生につながり、室内空気汚染の要因となる。窓の表面温度が室内の露点温度を下回る場合に結露が発生すると、結露の発生時間数を調べ比較する。ただし窓の表面温度はガラス部分とサッシ部分を一体として算出しており、アルミサッシなど熱伝導率が大きい部位では本結果よりもさらに結露発生の可能性がある。暖房期間、冷房期間、中間期、さらに冷暖房期間においては冷暖房稼働状況で分類し、パターン別に比較する。なお、熱橋については特に考慮していない。図5にリビングの窓表面結露発生時間数を示す。

アルミ単板では暖房期間の結露発生時間が非常に多く、全体の約8割を占める。対してアルミLow-E、樹脂Low-Eでは窓の表面温度が高く保たれるために結露が全く発生しないことが分かった。アルミLow-E及び樹脂Low-Eでは、暖房期間以外でも結露が発生していないことから、窓の断熱性能向上が結露防止に有効であることが分かる。またアルミ単板では、夏期の冷房稼働環境下においては住戸位置や方位、窓の大きさによらず結露は発生しない。

### 3. 室内温熱環境とエネルギー消費量の関係

HEAT20では住空間の有効利用や、表面結露による室内空気室汚染の抑制などの総合的見地を踏まえた値として、作用温度15[°C]以上であることを設定している<sup>2)</sup>。本研究では、暖房期間において作用温度が15[°C]を下回った際の15[°C]からの温度差と時間を累計し、これを許容温度差時間として暖房のエネルギー消費量との関係を比較する。図6に縦軸に暖房期間の許容温度差時間、横軸に暖房エネルギー消費量を取り、冬期の温度差時間とエネルギー消費量の関係を示す。

住戸位置によりばらつきは見られるが、いずれの住戸においても窓の断熱性能向上により縦軸、横軸ともに減少する傾

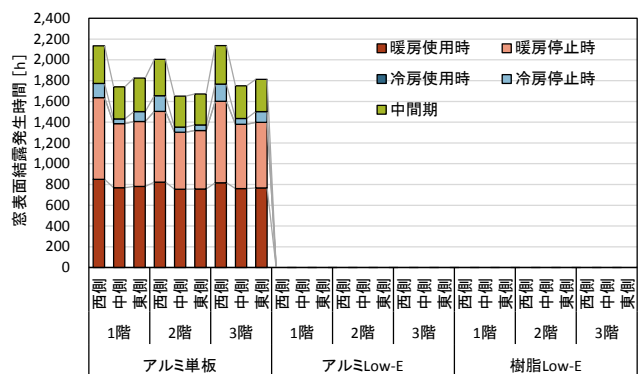


図5 リビングの窓表面結露発生時間数

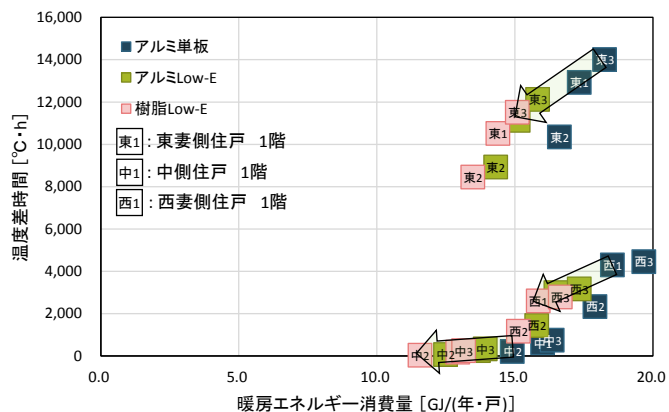


図6 暖房期間の温度差時間とエネルギー消費量の関係

向にあり、省エネルギー性能の向上と室内温熱環境の改善が見られる。東側の住戸において、非空調で作用温度の低下しやすい洗面所と浴室が外壁に面するため、許容温度差時間が大きい傾向にある。寝室とリビングが外壁に面する西側の住戸では、リビングの暖房のエネルギー消費量が増加するため、同じ階の東側住戸より平均1.4[GJ/(年・戸)]、中側住戸より平均3.1[GJ/(年・戸)]暖房のエネルギー消費量が大きくなる。

### 4. まとめ

窓の断熱性能を向上させることで作用温度の低下が抑制され、基準パターンであるアルミ単板と比べて、作用温度は約1.9[°C]高く保たれる。また暖房のエネルギー消費量が減少することから、快適な温熱環境でありながら住戸全体での年間一次エネルギー消費量を削減出来ることが分かった。さらに窓の熱貫流率が小さくなることにより、冬期では窓表面温度が高くなり、室温を下回る時間が少なくなったため、窓の表面結露は発生しなくなった。

#### 【謝辞】

本研究の一部は、塩ビ工業・環境協会に設置された「ZEB・ZEHの実現を考える会」(委員長: 芝浦工業大学 秋元孝之)の活動の一環として実施されたものである。ここに謝意を表します。

#### 【参考文献】

- 1) 奥秋ほか, 「省エネ手法導入による良質な集合住宅ストック拡大に関する研究 (第2報) エネルギー消費量削減効果の検証」 日本建築学会大会論文集 2017
- 2) 2020年を見据えた住宅の高断熱化技術開発委員会 (2016), 「HEAT20 設計ガイドブック+PLUS」 建築技術

\*1 芝浦工業大学大学院 理工学研究科 建設工学専攻

\*2 芝浦工業大学大学院 理工学研究科 建設工学専攻 (当時)

\*3 芝浦工業大学 建築学部 建築学科 教授 博士 (工学)

\*4 日建設計総合研究所

\*1 Graduate Student, Shibaura Institute of Technology

\*2 Graduate Student, Shibaura Institute of Technology

\*3 Prof., Dept. of Arch, Shibaura Institute of Technology, Ph. D.

\*4 NIKKEN SEKKEI Research Institute