

病院施設における樹脂窓導入による省エネ効果および温熱環境改善効果の検証

Consideration of Energy Saving Performance and Indoor Thermal Environment Improvement Effect by the Resin Window on the Hospital Facility

○正 会 員 近藤 武士 (日建設計総合研究所) 技術フェロー 湯澤 秀樹 (日建設計総合研究所)
 学生会員 小林 茜 (芝浦工業大学) 技術フェロー 秋元 孝之 (芝浦工業大学)
 正 会 員 久保 隆太郎 (ものづくり大学) 非 会 員 高村 正彦 (塩ビ工業・環境協会)

Takeshi KONDO*¹ Hideki YUZAWA*¹ Akane KOBAYASHI*²

Takashi AKIMOTO*² Ryutaro KUBO*³ Masahiko TAKEMUEA*⁴

*¹ NIKKEN SEKKEI Research Institute *² Shibaura Institute of Technology

*³ Institute of Technologists *⁴ Vinyl Environmental Council

Improvement of indoor thermal environment and energy saving effect by installation of resin window in the actual hospital rooms are confirmed. In winter, resin windows showed less decrease in glass or sash surface temperature, and it is confirmed that temperature drop at low position due to downdraft to the room was small. The heat treatment amount of AC reduced by 24.2%, 441kWh/year by the numerical simulation. The ratio of comfortable hours in PMV increased by 12%, and the effect of improving the indoor thermal environment was confirmed.

はじめに

非住宅建築物の省エネルギー性を向上するためには、熱損失の大きい開口部の断熱強化が重要である。窓の断熱強化によって、省エネルギー性能だけでなく、室内温熱環境の向上も期待できる。特に、病院の病室など、在室者が生活を送る室用途においては、室内温熱環境は重要である。本研究では、樹脂サッシの窓を設置した病院の病室での室内温熱環境の冬期実測、および年間数値シミュレーションによる省エネルギー効果と室内温熱環境向上効果の把握を行った結果を報告する。

1. 実測概要

1.1 対象建物概要

長野県小諸市にある総合病院の病室を対象に室内温熱環境の実測を行った。表-1 に対象建物概要を示す。対象建物は、地下1F～地上3Fはアルミ窓、病棟となっている4F～6Fは樹脂窓を使用している。3F及び6Fの一室を計測対象室として、アルミ窓と樹脂窓の比較を行った。

計測対象室は、樹脂窓室として6階南側にあるLDR室(分娩室)、アルミ窓室として3階南側にある医局とした。樹脂窓室は個室の病室であるのに対して、アルミ窓室は大部屋のスタッフ室で、計測場所は常時は人がいない休憩スペースである。両室で室用途は異なるが、両室とも24時間空調で、常時は人がいない場所であることから、窓の違いによる室内環境や窓等の表面温度の違いを比較できるものとして、実測を行った。

表-1 対象建物概要

建物用途	総合病院
所在地	長野県小諸市
竣工	2017年6月(平成29年)
階数	地上6階、地下1階
延床面積	21,100 m ²
病床数	一般病床246床
調査対象室1 「樹脂窓室」	LDR室(分娩室)(6階南側) 床面積:約36 m ² 、天井高:2,700mm 窓:樹脂サッシ引違い窓 2面 断熱等級H-5、Low-e ガラス W1,574×H1,850 (FL+750に設置)
調査対象室2 「アルミ窓室」	医局(3階南側) 床面積:約300 m ² の一部、天井高:2,600mm 窓:アルミサッシ縦すべり出し窓 1スパンに2面 断熱等級H-3、Low-e ガラス W1,600×H1,475 (FL+1,100に設置)

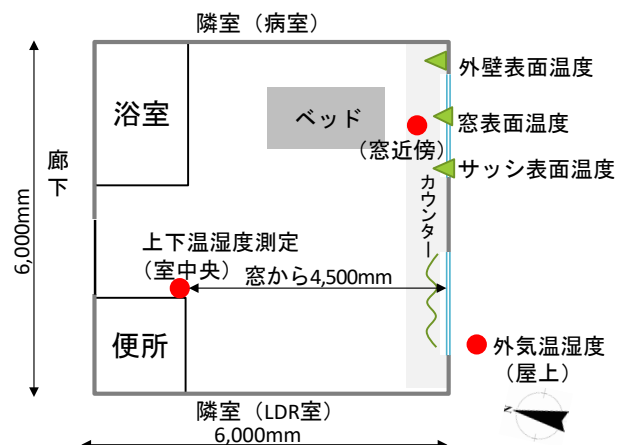


図-1 室内環境測定位置 (樹脂窓室)

1.2 実測条件

実測期間は、冬期の2020年1月15日(水)～1月21日(木)の7日間とした。図-1に樹脂窓室の室内環境測定位置を、表-2に計測項目を示す。各室の窓近傍及び室中央にポールを設置し、上下6点の温湿度、床上1,100mmのグローブ温度を測定した。樹脂窓室及びアルミ窓室共に、室中央の計測は窓から4,500mm離れた位置とした。室内側の表面温度として、ガラス表面、サッシ表面、外壁表面の温度を窓の中央部の高さで測定した。気流速度は、窓近傍、室中央、(計測器設置・撤去時に計測) 外気温湿度は対象建物の屋上にて計測しているBEMS計測データを使用した。

空調は天井カセット方式のファンコイルユニット(FCU)であり、両室共に設定温度23℃、風量は自動設定で24時間の暖房運転とした。

2. 実測結果

2.1 各室代表点及び外気温湿度

図-2に各室の代表点(FL+1100)および外気の温湿度変動を示す。両室のFCUの設定温度は23℃と同じであるが、窓付近の平均気温は、樹脂窓室は23.2℃、アルミ窓室は24.6℃で、樹脂窓室の方が1.4℃程度低い結果となった。南側の室のため、昼間は日射により温度が上昇しており26℃を超える時間もあった。室中央も同様の傾向であるが、昼間に樹脂窓室の温度が大きく上昇しており、センサーに日射が当たっていた可能性があるため、検証が必要である。相対湿度は、アルミ窓室の湿度が30%程度と低く、加湿が十分に行われていなかった可能性がある。

図-3に各室代表点の室内気温の頻度分布を示す。樹脂窓室は21℃～22℃の頻度が特に高く、アルミ窓室は23℃～25℃の頻度が高くなっている。

2.2 上下温度差

図-4に、室中央での床上1700mmと100mmの位置での上下温度差の変動を示す。昼間の日射の影響で室温が上昇している時間は、樹脂窓室の方が、室温上昇が大きいいため、上下温度差が非常に大きくなっているが、前述のように検証が必要である。日射の影響のない時間帯(16時～6時位)は、アルミ窓室の上下温度差は1℃程度、樹脂窓室は0.5℃未満と、樹脂窓室の方が、上下温度差が小さい傾向がみられた。ただ、両室とも上下温度差は小さい結果であった。これは、両室でサッシの材料は異なるが、ガラスは両室ともLow-eガラスであったため、上下温度差に大きな差が出なかったものと思われる。

2.3 窓周り表面温度及び結露発生時間

図-5にアルミ窓室、図-6に樹脂窓室のガラス、サッシ、外壁の室内側表面温度、および窓近傍空気露点温度

表-2 計測項目

計測項目	計測位置	計測高さ等
室内温湿度	窓近傍、 室中央	上下6点(FL+100,600,1100, 1700,2300、天井面-100)
グローブ温度		FL+1100
室内側 表面温度	ガラス表面、 サッシ表面、 外壁表面	窓中央高さ
気流速度	窓近傍、 室中央	FL+1100 (計測器設置・撤去時に計測)
外気温湿度	屋上	BEMSでの計測

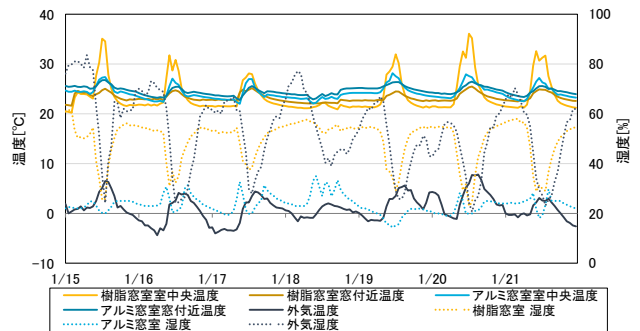


図-2 各室代表点温湿度および外気温度変動

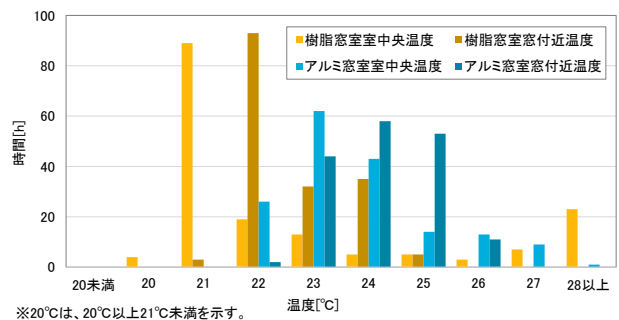


図-3 各室代表点温度の頻度分布

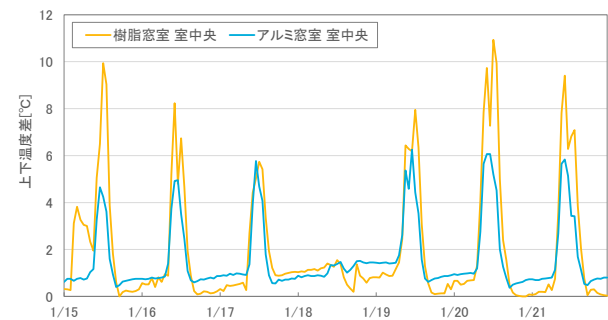


図-4 上下温度差(室中央)

変動を示す。両室ともLow-eガラスを使用しているため、ガラス表面温度は、夜間でも17℃程度で大きな差は見られない。一方、サッシ表面温度は、樹脂窓室は14℃程度、アルミ窓室は8℃程度と、樹脂窓室の方が室内気温は低い状況ではあるが、サッシ表面温度は6℃程度高い結果であった。サッシ表面温度低下の抑制は、結露発生の抑制に繋がると考えられる。

実測ではアルミ窓室の相対湿度が低い状態であった

め、実測での露点温度では、サッシ表面温度が露点温度を下回る状況は発生せず、アルミサッシ表面での結露も発生しなかったと思われる。しかしながら、加湿が適正に行われた場合は状況が異なるため、両室の相対湿度が50%だった場合を想定して、露点温度を算出したものを想定露点温度として図中に示した。樹脂窓室は、サッシ表面温度が、想定露点温度を下回る時はなく、結露は発生していない。一方、アルミ窓室は、サッシ表面温度が露点温度を下回る時間が、全実測期間（168時間）中、126時間（75%）あり、多くの時間で結露が発生した可能性があることが分かった。

3. シミュレーションによる検討

3.1 検討概要

実測を行った病院の樹脂窓室（LDR室）を対象に、樹脂窓導入による省エネルギー効果および室内環境向上効果を検証した。温熱環境シミュレーションソフト AE-Sim/Heat を使用して、冷暖房消費電力量を比較した。表-3に解析条件を示す。外気条件は、拡張アメダス気象データの佐久市、標準年を使用した。佐久市は対象建物の所在地である長野県小諸市の付近で、両地点とも建築物省エネ法の地域区分は3地域である。暖房期の空調条件は、実測と同様で、設定温度 23℃、24 時間連続運転とした。ただし、冷暖房設備はパッケージ空調機としており、実測を行った病院の FCU 方式と異なるため、注意が必要である。在室者及び内部発熱機器は、建築物省エネ法の病院の病室の標準室使用条件に準じて設定した。

LDR 室の南側窓 2 カ所を検討対象窓とし、アルミ窓又は樹脂窓を設置して省エネルギー、室内環境向上効果を検討した。

3.2 検討ケース

表-4に検討ケースと設定したサッシ、ガラスの種類、および熱貫流率等を示す。検討ケースは、アルミ単板（アルミサッシと単板ガラス）、アルミ Low-e（アルミサッシと Low-e 複層ガラス）、樹脂 Low-e（樹脂サッシと Low-e 複層ガラス）の3ケースとした。アルミ Low-e は、実測病院のアルミ窓室（3階医局）、樹脂 Low-e は樹脂窓室（6階 LDR 室）に導入している窓と同じ仕様のものである。

3.3 冷暖房消費電力量

図-7に冷暖房別の年間冷暖房消費電力量を示す。アルミ単板に対して、アルミ Low-e は、暖房 18.5%（323 kWh/年）削減、冷房 3.0%（2.5kWh/年）増加、樹脂 Low-e は、暖房 25.5%（446kWh/年）削減、冷房 4.8%（4.0kWh/年）増加となった。実測した病院と同じアルミ Low-e に対する樹脂 Low-e の効果では、暖房 8.6%（123kWh/年）削減、冷房 1.8%（1.5kWh/年）増加となった。

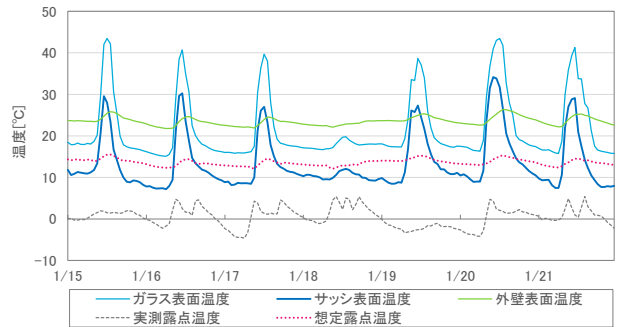


図-5 窓周り表面温度及び露点温度（アルミ窓室）

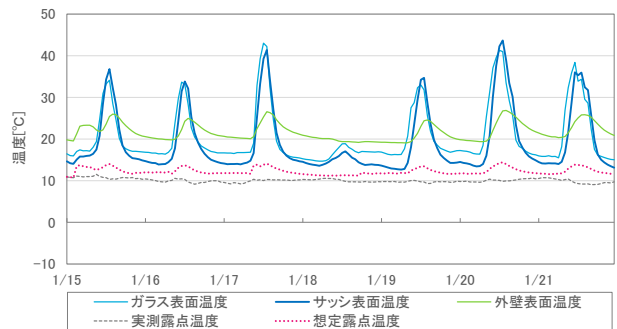


図6 窓周り表面温度及び露点温度（樹脂窓室）

表-3 解析条件

使用ソフト	AE-Sim/Heat
外気条件	拡張アメダス気象データ (佐久:3 地域、2001~2010 年 標準年)
解析期間	1月1日~12月31日(1年間)
冷暖房期間	暖房期間:10月1日~5月31日 冷房期間:7月10日~8月31日
空調条件	設定温度:暖房 23℃/冷房 26℃ 24時間連続運転 エアコン COP:暖房 4.0/冷房 3.8
室内発熱条件	人体発熱:1人 照明発熱:12[W/m ²]、373.4[W] 機器発熱:3[W/m ²]、93.3[W] 人体は24時間入室、照明と機器は7:00~21:00 発熱 建築物省エネ法の標準室使用条件「病院の病室」に準拠してスケジュールを設定
開口条件	窓常時閉 レースカーテン常時閉

表-4 検討ケース及び窓熱貫流率

検討ケース	サッシ	ガラス	熱貫流率 [W/m ² K]	日射熱取得率
アルミ単板	アルミサッシ	単板ガラス	6.15	1.00
アルミ Low-e	アルミサッシ	Low-e 複層ガラス	2.92	0.52
樹脂 Low-e	樹脂サッシ		2.08	

冷房消費電力量は僅かに増加したものの、暖房消費電力量の削減量は大幅に多く、図-8に示す年間冷暖房消費電力量では、アルミ単板に対して、アルミ Low-e は 17.5% (320kWh/年)削減、樹脂 Low-e は 24.2% (441kWh/年)削減となった。実測した病院と同じアルミ Low-e に対する樹脂Low-eの効果では、8.0% (121kWh/年)削減となった。

図-9に月別の日平均冷暖房電力消費量を示す。アルミ単板に対する削減率は、5月と10月が最も高く、樹脂Low-eでは50%以上の削減率であった。電力消費量では、11月～4月の暖房が大きく、この期間のアルミ Low-e の削減率は16～20%、樹脂 Low-e の削減率は22～27%で、大きな削減効果が確認できた。一方、7～8月の冷房では、僅かではあるが、電力消費量が増加している。

3.4 PMV 快適時間割合

図-10にシミュレーションにおける室内の温熱環境 (PMV) の快適な時間割合を示す。年間の時刻別 PMV が、快適域である±0.5以内となる時間の割合を算出した。PMV 算出条件は、温湿度と平均放射温度は、時刻別に算出されたものを使用し、その他の条件は、風速 0.1[m/s]、代謝量 1.2[met]で年間一定とし、着衣量は、冷房期と中間期 0.5[clo]、暖房期 0.7[clo]とした。

結果として、アルミ単板に比べて、アルミ Low-e は年間で10ポイント、樹脂 Low-e は12ポイント快適時間割合が増加した。特に暖房期の PMV 快適時間割合の増加が大きく、アルミ単板に比べて、アルミ Low-e は16ポイント、樹脂 Low-e は21ポイント PMV 快適時間割合が増加し、室内温熱環境改善効果が確認できた。冷房期は、アルミ Low-e、樹脂 Low-e のケースで PMV 快適時間割合が増加したが、その違いは僅かであった。空調を行っていない中間期は、アルミ単板に比べて、アルミ Low-e、樹脂 Low-e は PMV 快適時間割合が低下する結果となった。

4. まとめ

樹脂窓を導入した実病院にて実測を行い、アルミ窓室及び樹脂窓室の室内温熱環境を比較した。アルミ窓室に対して樹脂窓室では上下温度差が小さくなった。また、アルミ窓室より樹脂窓室の方が、サッシ表面温度が6℃程度高い結果となった。これによって、樹脂窓室のサッシ表面での結露発生が抑制されていることが確認できた。ただし、実測した両室の条件が異なる部分があるため、今後、同様の条件での計測が必要である。

シミュレーションによる検討では、年間冷暖房電力消費量が、アルミ単板の室に比べ、アルミ Low-e は 17.5%削減、樹脂 Low-e は 24.2%削減となり、樹脂窓による効果を確認した。PMV 快適時間割合は、アルミ単板に比べて、アルミ Low-e は年間で10ポイント、樹脂 Low-e は12ポイント増加し、室内温熱環境改善効果も確認できた。

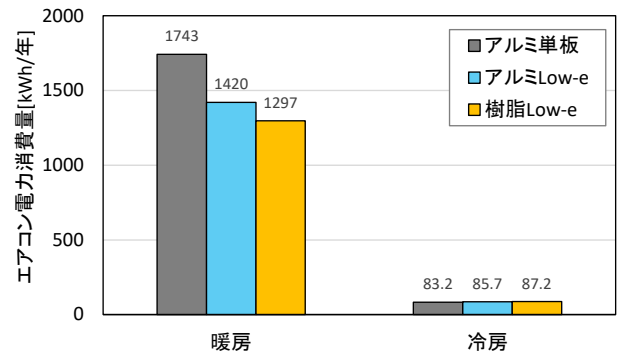


図-7 暖冷房別の年間冷暖房電力消費量

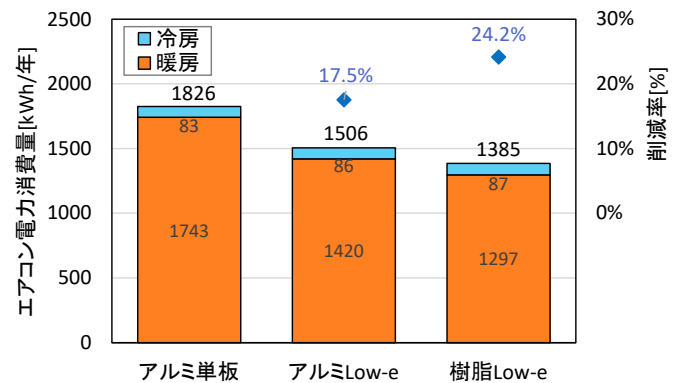


図-8 年間冷暖房電力消費量

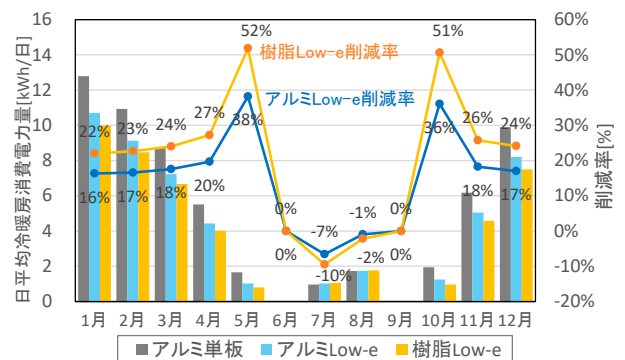


図-9 月別の日平均冷暖房電力消費量

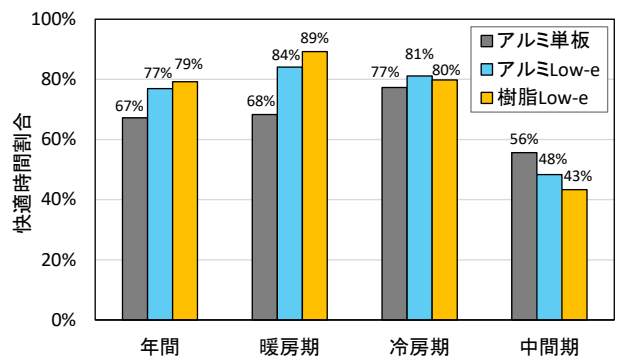


図-10 PMV 快適時間割合

【謝辞】

本研究は、塩ビ工業・環境協会に設置された「窓から病院・老健施設の室内環境を考える検討会」(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。実測に際し、浅間南麓こもろ医療センター、石本建築事務所にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。