

高齢者福祉施設における内窓設置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 Inside Window Installation on Elder Care Facility

○学生会員 橋本 侑美 (芝浦工業大学) 正会員 奥秋 萌々 (当時 芝浦工業大学)
学生会員 廣川 由樹 (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 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)
正会員 大沢 真純 (日建設計総合研究所)

Yumi HASHIMOTO*¹ Momo OKUAKI *¹ Yuki HIROKAWA *¹ Takashi AKIMOTO*¹

Takeshi KONDO*² Hideki YUZAWA*² Masumi OSAWA*²

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

In order to conserve energy, window opening insulation renovation is one of the suitable ways since it is simple and effective. In this paper, energy saving performance and indoor thermal environment of an elder care facility renovated with inner window was presented. Field measurements were conducted in rooms with and without inner window to clarify resin sash window.

1. はじめに

近年、新築着工数が減少し既存ストックが増加していることから、民生部門のエネルギー削減においてストック建築物の省エネ化が重要であるとされている。開口部の熱損失量は他の部位に比べて多く²⁾、さらに開口部の断熱改修は他の断熱改修よりも施工が簡易である為、取り組みやすく効果的な省エネ手法であると言える。

本研究では開口部に樹脂サッシ製の内窓を設置した高齢者福祉施設を対象とし、温熱環境及びエアコンの消費電力量について実測調査を行った。改修前後の両室を比較し、樹脂窓を導入した際の室内温熱環境の改善効果や省エネルギー性の検証を行うことを目的とする。

2. 実測概要

2.1 実測対象建築概要

実測対象は療養室において樹脂製の内窓を設置する改修を行った高齢者福祉施設とし、表 1 に建築概要を示す。西面に窓を有し両隣に療養室が隣接する 2 部屋を実測対象とし、うち 1 部屋の内窓を取り外すことで改修前の状態とした。内窓を取り外した部屋(以降「内窓なし」と呼ぶ)と、改修を施した現在の状態の部屋(以降「内窓あり」と呼ぶ)の 2 部屋を比較することで、内窓設置による窓の断熱性能向上の効果を検証する。表 2 に実測対象室の概要、図 1 に平面図を示す。ただし今回実測を行った 2 部屋は隣室条件が一部異なっており、内窓なしは開放の出入り扉が空調のホールに面するのに対し、内窓ありは非空調の廊下に面する。さらに内窓なしの上階にのみ非空調居室が存在している。

表 1 対象建築概要

所在地	埼玉県秩父郡横瀬町
用途	高齢者福祉施設
敷地面積/延床面積	約 3,100m ² /約 2,600m ²
構造	RC 造 地上 3 階建

表 2 実測対象室概要

空調方式	パッケージ型空調方式	
室面積/定員	41.3m ² /4 床	
天井高	2.40m	
窓サイズ	1,640×3,200mm (北西側)	
熱貫流率 [W/m ² ·K]	外窓	6.12 (単板ガラス+アルミサッシ)
	外窓+内窓	1.37 (内窓 Low-E ガラス+樹脂サッシ)

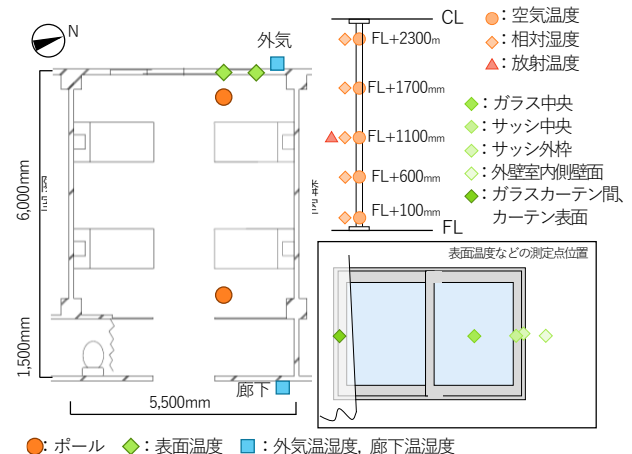


図 1 実測対象室平面図および測定点

2.2 実測方法および測定項目

図1に平面図および測定点を、表3に実測概要と測定項目を示す。ポールを窓近傍および室中央の2点に設け、上下温湿度分布、グローブ温度を測定した。さらに、バルコニー及び廊下に測定機器を設置し、外気温湿度・廊下温湿度を計測した。また、窓の断熱性能の優劣による各部位の表面温度の差を見るために、ガラス表面温度・サッシ表面温度等についても測定を行った。加えて、各室のパッケージエアコンに電力量計を設置し、実測期間中の消費電力量の調査を行った。

夏期実測として2017年8月11日から9月1日の22日間、冬期実測として2017年12月12日から21日の10日間の実測を行った。実測中の空調稼働および温度設定は、施設利用者に配慮するため任意とし、変更時に設定日時を施設職員が記録することとした。

3. 夏期実測結果

2部屋の比較を行うために空調稼働状況が同一、かつ降雨がなく外気温度が平均的な8月19日を夏期代表日と選定した。以降、夏期代表日に関して実測データの考察および検証を行う。

3.1 室内上下温度分布

夏期代表日における上下温度分布として、FL+100mmとFL+1,700mmの室気温の経時変化を図2に、上下温度差としてFL+100mmとFL+1,700mmの温度差を図3に示す。窓近傍の温度差平均値は内窓なし0.28K、内窓あり0.04Kと内窓ありの方が温度差が小さく、内窓により僅かではあるが上下温度差が抑制された。一方で室中央は内窓なし0.02K、内窓あり0.36Kと内窓なしの方が温度差が小さく、内窓により上下温度差が増幅する結果となった。

4. 冬期実測結果

2部屋の比較を行うために空調稼働状況が同一、かつ降雨がなく外気温度が平均的な12月15日を冬期代表日と選定した。以降、冬期代表日に関して実測データの考察および検証を行う。

4.1 室内温度経時変化

冬期代表日におけるFL+1,100mmの各室中央温湿度と外気温湿度の経時変化を図4に示す。いずれの部屋も終日空調を行っており、設定温度の21°Cで制御されているため室温にほとんど差は見られない。

4.2 室内上下温度分布

冬期代表日における上下温度分布として、FL+100mmおよびFL+1,700mmの室気温経時変化を図5に、上下温度差としてFL+100とFL+1,700mmの温度差を図6に示す。内窓なしでは5時45分、内窓ありでは7時15分にそれぞれカーテンを開けており、それに伴い窓近傍におけるFL+1,700mmの室気温が内窓なしで1.0K、内窓ありで0.5K程度低下している。また、FL+100mmの室気温は内窓ありの方が内窓なしよりも高い傾向があり、平均し

表3 実測概要および測定項目

実測期間	夏期：2017年08月11日～09月01日(22日間) 冬期：2017年12月12日～12月21日(10日間)	
上下温湿度分布	室中央、窓近傍 [FL+100, 600, 1100, 1700, 2300mm]	20点
グローブ温度	室中央、窓近傍 [FL+1100]	4点
表面温度	ガラス中央、サッシ中央、 外壁、カーテン ※内窓ありは、外窓、内窓とも ガラス、サッシ表面温度を測定	10点
その他の温湿度	バルコニー(外気)、廊下	2点
消費電力量	パッケージエアコン(屋外機、室内機) 消費電力量	2点

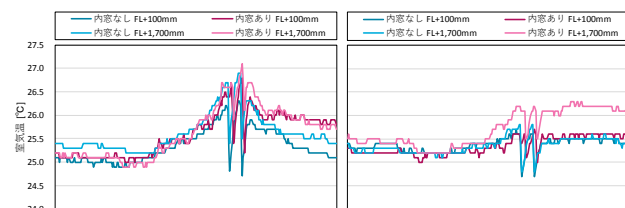


図2 夏期代表日の室内上下温度分布(左)窓近傍(右)室中央

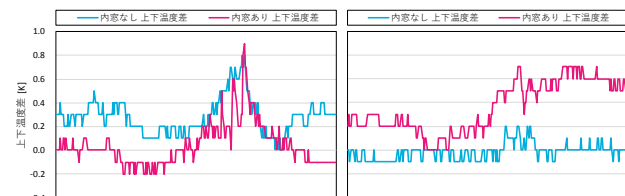


図3 夏期代表日の室内上下温度差(左)窓近傍(右)室中央

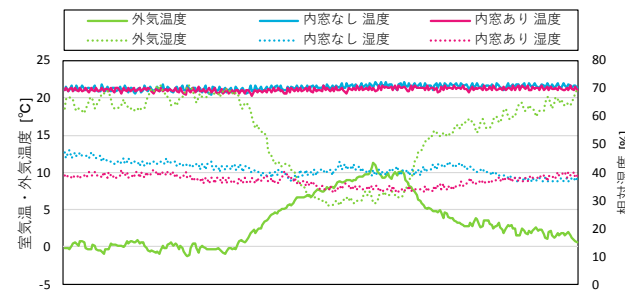


図4 冬期代表日における室中央温湿度

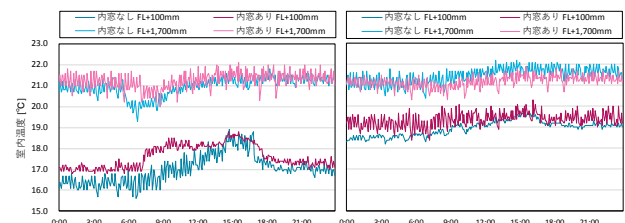


図5 冬期代表日の室内上下温度分布(左)窓近傍(右)室中央

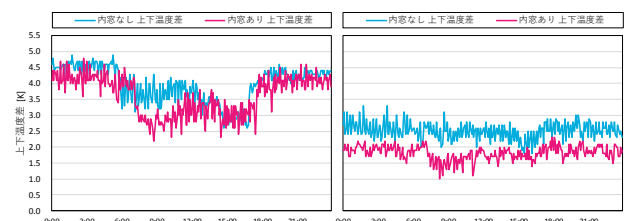


図6 冬期代表日の室内上下温度差(左)窓近傍(右)室中央

て窓近傍で 0.6K、室中央で 0.4K 高い。各室における FL+100mm と FL+1,700mm の上下温度差の平均値は、窓近傍で内窓なし 4.0K、内窓あり 3.6K、室中央では内窓なし 2.5K、内窓あり 1.8K となり、内窓ありの方が上下温度差が小さいことが分かる。内窓による窓の断熱性能向上により、特に足元の温度低下が抑制されることで上下温度差が小さくなることが確認できる。

4.3 窓表面温度

冬期代表日における各室の窓表面温度の経時変化を図 7 に示す。露点温度は各室窓近傍の FL+1,100mm における温湿度より算出した。

ガラス表面、サッシ表面とも内窓ありの表面温度が高く、特にガラス表面は内窓なしよりも平均 4.3K 高いことから、内窓による表面温度抑制効果が確認できた。

窓表面結露の発生はカビや菌類の発生につながり、室内空気汚染の要因となる。さらに結露の防止には掃除の手間の軽減等のメリットも存在する。

内窓改修による結露防止効果を調べるため、実測全期間において結露が発生した時間数および発生時間の割合を調べ図 8 に示す。なお結露はガラスとサッシの表面温度が露点温度を下回った際に発生したものと評価する。結露発生時間は内窓なしでは実測期間中にガラス 1325 分 (9.2%)、サッシ 1480 分 (10.3%) 結露が発生した。しかし内窓ありではサッシ 215 分 (1.5%) 時間結露が発生したがガラスでは発生しなかった。内窓改修で結露発生時間が減少し、内窓による結露防止効果が確認できた。

4.4 グローブ温度

冬期代表日における各室中央および窓近傍のグローブ温度と FL+1,100mm の室気温との比較を図 9 に示す。内窓なしの日に窓近傍のグローブ温度が室気温よりも 0.4K 程度高くなっており、日射による影響と考える。内窓なしの室中央、内窓ありの室中央および窓近傍はグローブ温度が室気温よりも低くなった。室中央における室気温とグローブ温度の差は内窓なしで 0.2K、内窓ありで 0.1K であり、大きな差は見られなかった。内窓表面は内窓なしの方が低いものの、カーテンがあるため室中央の放射への影響は小さいためと考える。

4.5 PMV

冬期代表日における各室中央および窓近傍の PMV 経時変化を図 10 に示す。なお PMV 算出にあたり、風速は機器設置時の測定結果より 0.1m/s、着衣量は 1.25clo、代謝量は 1.0met を用いた。PMV は内窓ありよりも内窓なしで高い傾向があり、室中央で PMV が -0.5~+0.5 の快適範囲となる時間の割合は内窓なしで 97.9%、内窓ありでは 82.6% となり、両室とも概ね快適な温熱環境といえる。

5. 全期間の実測結果まとめ

夏期実測と冬期実測の結果を踏まえ、年間を通した内窓改修の効果について検討を行う。

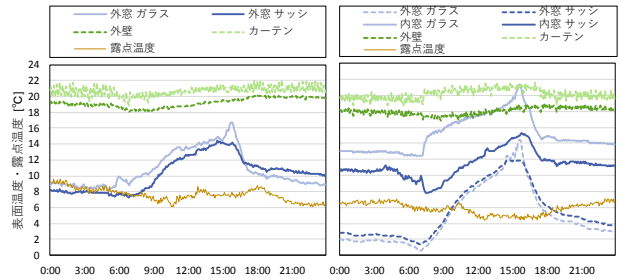


図 7 冬期代表日における窓周りの温度経時変化 (左)内窓なし、(右)内窓あり

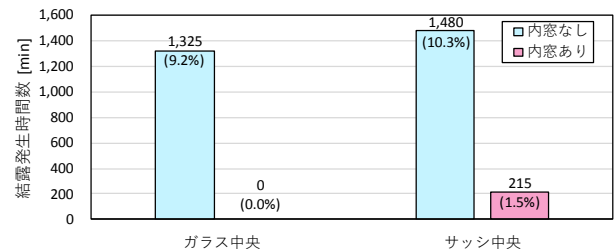


図 8 冬期実測期間における結露発生時間

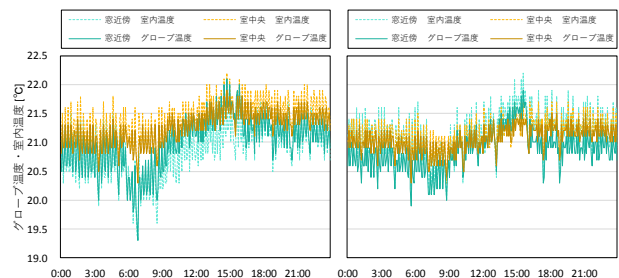


図 9 冬期代表日におけるグローブ温度 (左)内窓なし、(右)内窓あり

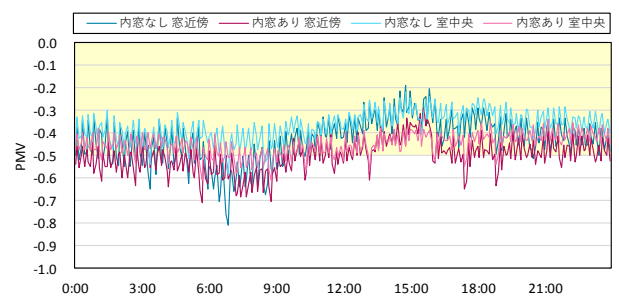


図 10 冬期代表日における PMV 経時変化

5.1 室内上下温度差

各室の窓近傍、室中央の FL+100mm と FL+1,700mm における室内温度の温度差を上下温度差として、図 11 に夏期、図 12 に冬期の上下温度差のヒストグラムを示す。

上下温度分布の推奨値は 3K 以内であるが、夏期は内窓なし内窓ありとも 3K 以内となった。冬期は足元のコールドドラフトにより夏期よりも温度差が顕著に見られ、温度差が 3K 以上となり推奨値を越えたのは、内窓なしでは窓近傍で 2762 時間 (95.9%)、室中央で 687 時間 (23.9%)、内窓ありでは窓近傍で 2356 時間 (81.8%)、室中央で 218 時間 (7.6%) であった。内窓改修により窓近傍は 14.7%、室中央は 68.3%、温度差が 3K 以上となる時間数が減少し、より快適な上下温度分布となったと言える。

5.2 エアコン消費電力

各室におけるエアコンの消費電力について、夏期実測の推移と累計を図 13 に、冬期実測の推移と累計を図 14 に示す。また夏期実測期間および冬期実測期間における各室の日平均エアコン消費電力を図 15 に示す。

夏期実測では内窓なしよりも内窓ありの方が消費電力が大きくなった。これは内窓設置によって窓の断熱性能が高くなり室内の熱が逃げにくくなるためと考えられる。冬期実測では内窓ありにおいて消費電力が小さい時間が多くなり、累計の消費電力が小さくなった。1日当たりの平均消費電力では、夏期の消費電力が冬期の消費電力の15%程度であることから、冷房よりも暖房の方がエネルギーを消費することが確認できる。各期間で内窓なしと比較すると内窓ありのエアコン消費電力は、夏期で21%増加、冬期では3%減少した。実測時の各室の隣室条件として、内窓なしは終日空調を行っているホールに面しているのに対し内窓ありは非空調の廊下に面し、いずれの部屋においても出入口が常時開いた状態であった。加えて、内窓なしの上階には非空調の室が存在するのに対し内窓ありの上階はバルコニーである。これらの隣室条件の違いによって、内窓なしの部屋は内窓ありよりも有利であると言える。そのため冬期の消費電力削減率が小さくなっている可能性がある。

6. まとめ

内窓設置の窓改修を行った高齢者福祉施設において夏期および冬期に環境実測を実施した。実測結果より、内窓改修の効果として窓表面結露の防止、上下温度差の抑制による室内温熱環境の向上、そして冬期において暖房負荷削減による省エネ効果が確認できた。

本実測では、開放の出入り扉に面する廊下の空調条件、上階の非空調居室の有無により、実測を行った2部屋に隣室条件の違いがあった。内窓なしは終日空調を行っているホールに面し上階には非空調居室が存在するのに対し、内窓ありは非空調の廊下に面し上階は居室が無くバルコニーであった。これら隣室条件によって内窓ありは内窓なしよりも不利な条件となっていたと考えられるため、同条件であれば内窓設置により更なる室内温熱環境向上効果および省エネ効果を見込める可能性がある。

今回実測に用いたような福祉施設の療養室において、施設利用者は長時間同じ場所に同じ姿勢で過ごすことが多く、また利用者各自での空調の設定温度変更や、上着を羽織ることも困難であることが想定されるため、室内温熱環境の向上は重要と言える。このことから内窓設置など窓改修のメリットは大きいと思われる。

【参考文献】

- 1) 「住宅ストック統計」国土交通省, 2015
- 2) 「住宅省エネルギー技術者講習テキスト」国土交通省, 2016

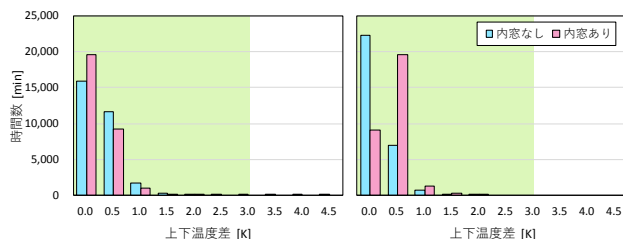


図 11 夏期実測上下温度差 (左)窓近傍、(右)室中央

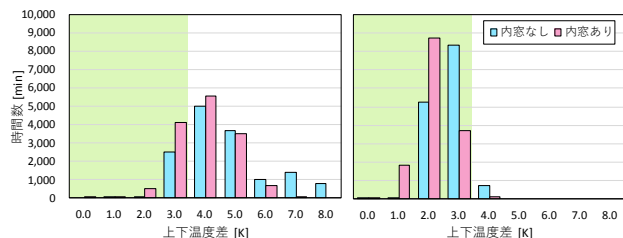


図 12 冬期実測上下温度差 (左)窓近傍、(右)室中央

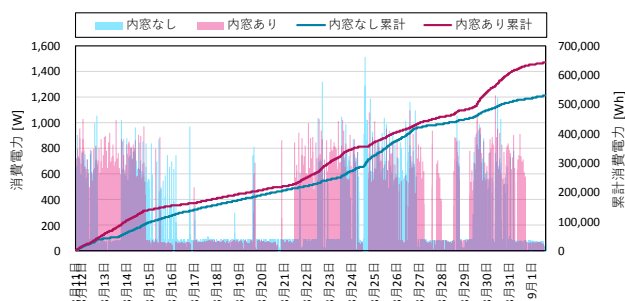


図 13 夏期実測におけるエアコン消費電力

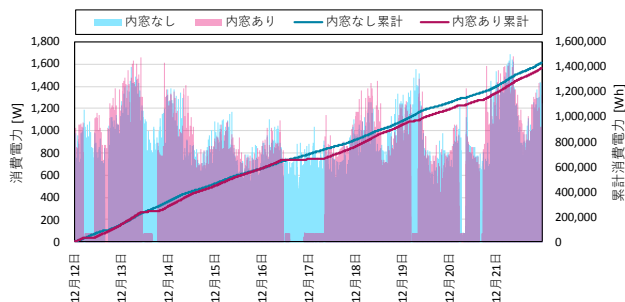


図 14 冬期実測におけるエアコン消費電力

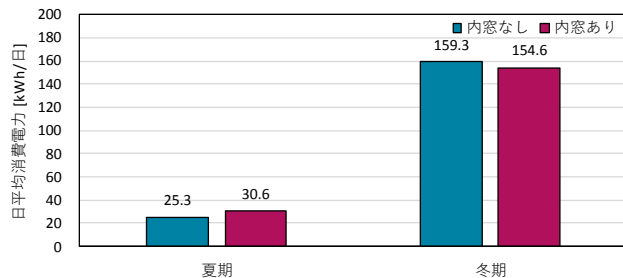


図 15 1日当たりの平均エアコン消費電力

【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。実測に際し、社会福祉法人 織船会、埼玉県環境部エネルギー環境課にご協力いただいた。ここに記して謝意を表します。