

伝統的居住文化に対応した断熱改修の効果検証と評価方法の確立

環境都市専攻 建築都市デザインコース 6143140015-3 原田 和幸
(指導教員 近本智行)

1. はじめに

近年の地球環境問題深刻化に伴い、2015年4月に新しい省エネルギー基準が施行された。これによって新築住宅での住戸全体での高断熱・高气密化が促進され、同時に既に存在する省エネルギー性能の低い住宅(以下、住宅ストック)においては改修による断熱・気密性能の向上を図る必要性が生じてきた。しかし、昭和40年代に大量供給された住宅ストックにおいて、大規模な外壁の断熱改修工事を行うことは高コスト長工期になりがちで居住者の年齢層などを考慮すると現実的ではない。そのような問題点に対応した断熱改修として部分断熱改修が挙げられる。部分断熱改修^{文1)}とは局所間欠空調を採用したライフスタイルが想定される温暖地の住宅において、居間など、居住者の滞在時間が多い居室(以下、主要居室)の建具、内壁、天井や床などにおいて断熱改修を行い、主要居室における空調負荷を優先的に削減するようするものである。しかし、伝統住宅においては部分断熱改修を行う際に、季節を通じた住み方を損なわないよう配慮する必要がある。

本研究では、京都における住宅ストックである京町家において季節を通じた住み方や伝統的意匠を損なわないよう部分断熱改修を行い、改修前後の温熱環境調査と改修による省エネルギー効果の定量化を行った。さらに、簡易的に断熱性能の算出が出来るよう、実測値をもとに断熱性能を評価した。

2. 研究対象住宅概要

京都市中京区に存在する3軒の隣接する町家(N、I、O邸)を対象に研究を行った。N邸において部分断熱改修の実施と、それに伴った改修前後実測を行い、N、I、O邸において断熱指標構築のための環境実測を行った。N邸の平面図を図1に、I、O邸の概

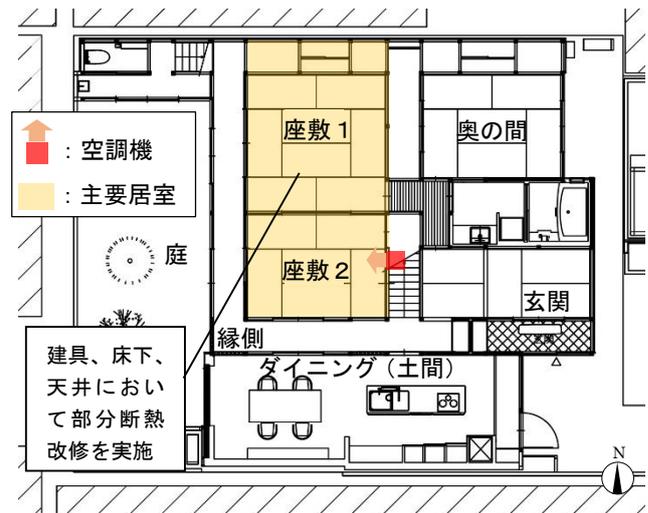


図1 N邸平面図



図2 2階座敷床板

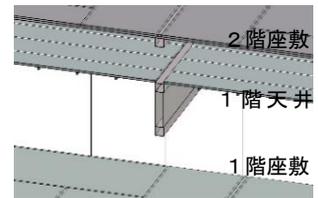


図3 1階天井裏

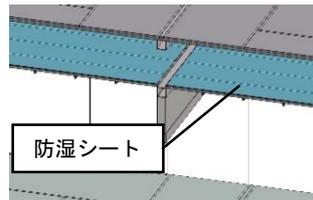


図4 防湿シート施工

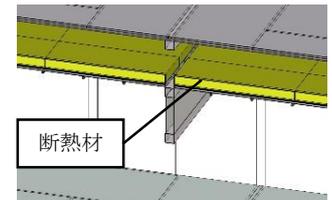


図5 断熱材施工

要を表1に示す。

3. N邸改修概要

N邸の冬期主要居室である1階座敷において、空調負荷を削減するよう断熱建具への入れ替え、天井裏への防湿シート、断熱材の挿入を行った。断熱建具は伝統的意匠を踏襲し、天井仕上げも伝統工法の竿縁天井を損なわないよう2階の床板を一度剥がし(図2)1階天井裏(図3)に気密性を確保するよう防湿シート(図4)断熱材(図5)の順に施工した。

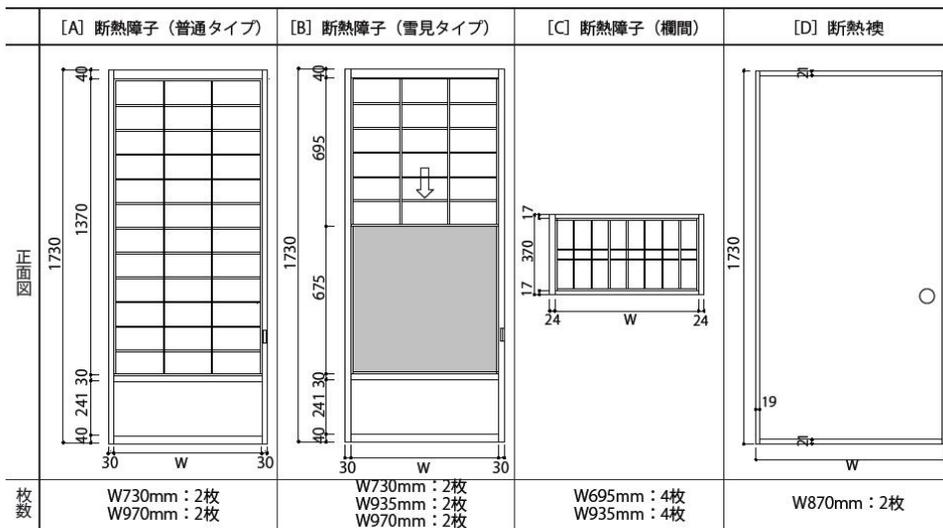


図6 断熱建具姿図



図7 断熱建具設置位置



図8 断熱障子

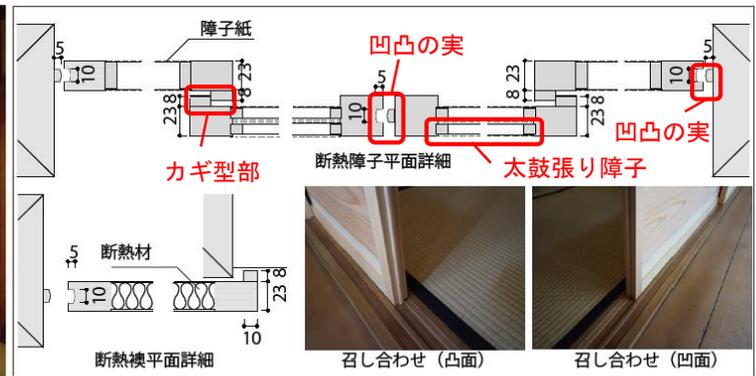


図9 断熱建具詳細

断熱建具の概要を図6～9に示す。

4. N邸における改修効果の定量化

4.1 冬期実測概要

冬期実測では気密性能調査と温熱環境調査の2つの実験を行った。温熱環境調査として空調停止後の温度変化の測定、気密性能調査としてトレーサガス減衰法による換気回数の測定、サーモカメラによる建具の熱画像撮影、建具召し合わせの隙間空間付近の上下温度分布の測定を行った。

4.2 冬期各実測概要、結果と考察

(1) 空調停止後の温度変化

1階座敷において備え付けの空調機を使用し、室温を外気温より20℃程度上げ、空調機を停止、その後の温度変化を測定した。実験は「既存建具」と「断熱建具」の2パターンで行った。温度変化を図10、11に示す。

実験日の都合上、外気温に差が出たので、以下の算出式から相当熱貫流率による評価を行った。

$$K = \frac{cpV\Delta\theta_{in}}{60 \cdot S(\theta_{in} - \theta_{out})}$$

K	: 相当熱貫流率
cpV	: 室内熱容量
$\Delta\theta_{in}$: 室温変化[K]
S	: 熱流面積[m ²]
θ_{in}	: 室温[°C]
θ_{out}	: 外気温[°C]

各パターンでの相当熱貫流率を図12に示す。このグラフから、暖房停止後、常に断熱建具が既存建具より優れた相当熱貫流率を示していることがわかる。

(2) 換気回数の測定

座敷2において改修による気密性能向上を定量化するために、天井も建具も改修前、天井は改修したが建具は既存、天井も建具も改修済みの3つのパターンで、トレーサガス実験による換気回数の測定を行った。実験は座敷2と外気で温度差を20℃、15℃、10℃、5℃程度で行った。

各パターンの換気回数と温度差の相関を図13に示す。各近似線の傾きを見ると改修前、天井のみ改修、改修後の順で小さくなっている。

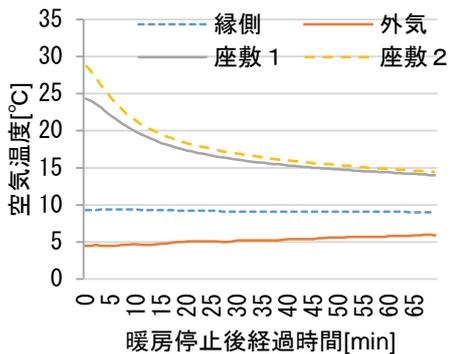


図 10 既存建具での暖房停止後温度変化

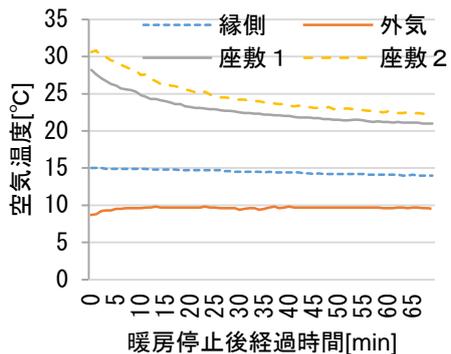


図 11 断熱建具での暖房停止後温度変化

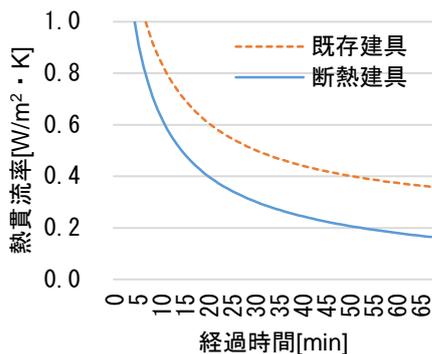


図 12 各建具での相当熱貫流率

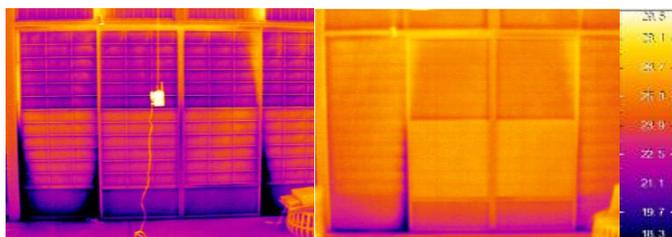


図 15 既存建具と断熱建具の熱画像比較

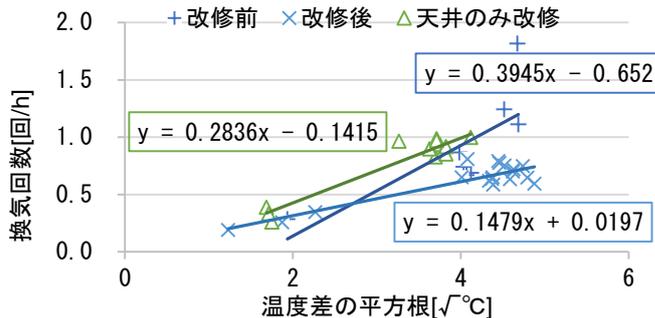


図 13 換気回数と温度差の平方根の相関

(3) 熱画像撮影

1階座敷において備え付けの空調機を使用し、室温が外気温より 15°C程度高い状態で、サーモカメラによって既存建具と断熱建具の熱画像の撮影を行った。座敷 2 南側建具の熱画像を座敷側から撮影した。

既存建具の熱画像を図 14、断熱建具の熱画像を図 15 に示す。熱画像より、表面温度の全体的な向上が確認できる。また隙間周辺の温度分布を見ると、既存建具では隙間風により隙間の下半分程度の表面温度が下がっているが、断熱建具では改善されているのが確認できる。

5. 断熱性能の評価

岩前らの研究^{文2)}では解析による部分断熱改修の熱負荷予測を行っている。しかし、部分断熱改修を行うような住宅は気密性能の低い場合が多く、換気による影響を含めた熱損失は解析のみで正確に算出することが難しい。

そこで本研究では実測値をもとに熱負荷削減量予測を行う算出式を構築するため、実在する京町家において熱損失量、熱取得量を定量化する実験と換気量測定実験を行い、実測値をもとに断熱性能の評価を行う。

5.1 換気量測定実験

I、O邸での換気量調査の結果をN邸での算出結

表 1 N、I、O邸概要

	N邸	I邸	O邸
主要居室	1階座敷	2階	2階
主要居室容積(m³)	68.32	101.51	101.51
主要居室表面積(m²)	112.65	141.84	141.84
空調機台数	ルームエアコン 1台	ルームエアコン 1台	ルームエアコン 1台
省エネ基準 U _a 値 (W/(m²·K))	0.87	0.87	0.87
省エネ基準 総合熱貫流率(W/K)	98.01	123.40	123.40
備考	部分断熱改修 対象住戸	1、2階をつなぐ 吹き抜けと 階段を有する	1.2階をつなぐ 建具付きの階 段を有する

果を合わせて図 18 に示す。この結果より O邸、I邸、N邸の順で主要居室における気密性能が高いことが確認できる。

5.2 空調停止後の温度変化測定

I、O邸での空調停止後の温度変化を測定し、そこから主要居室における熱損失量を以下の算出式より算出した。

$$q = \frac{c\rho V \Delta\theta_{in}}{60}$$

q : 熱損失量 [W]
cρV : 室内熱容量 [J/K]
Δθ_{in} : 室温変化 [K]

N邸での算出結果と合わせて結果を図 19 に示す。この結果より主要居室における熱損失量が同程度の場合 N邸、O邸、I邸の順で温度差が付いており、同程度の室内外温度差で空調を行った場合、N邸、O邸、I邸の順に空調負荷が少ないことが分かる。

5.3 評価方法の確立

まず、評価方法の確立にあたって、実測で得た熱損失量の内訳を隙間風熱損失、壁貫流熱損失に加え、蓄熱した躯体からの熱取得の3項目に定義し収支式を構築した。O邸での空調停止後の温度変化測定データ、換気量測定データをもとに空調停止後経過時間と熱損失量の内訳を算出した。結果を図20に示す。

前章で算出された熱損失量をもとに、単位温度差あたりの熱損失量として総合熱損失率を算出した。

$$\overline{K \cdot S} = \frac{cpV\Delta\theta_{in}}{60(\theta_{in} - \theta_{out})}$$

$\overline{K \cdot S}$: 総合熱貫流率[W/K]
cpV	: 室内熱容量[J/K]
$\Delta\theta_{in}$: 室温変化[K]
θ_{in}	: 室温[°C]
θ_{out}	: 外気温[°C]

また、現行の省エネルギー基準で採用されている外皮の熱性能を示す U_A 値と N 邸における表面積を元に総合熱損失率を算出した。それぞれの値を図21に示す。この結果より、冬場の空調期間中に室内を快適温度に保つための温度差 13~15K 程度では I、O 邸は基準を満たさないということが確認できる。

6. まとめ

京都の伝統住宅である京町家において、伝統的意匠や住み方を損なわないよう部分断熱改修を実施し、改修前後での環境実測によって性能向上を定量化した。また、複数住戸での実測により、実測値から住戸毎の断熱性能を定量化する手法を構築し、省エネルギー基準での基準値と比較した。得られた知見を以下に示す。

- (1) 京町家での部分断熱改修として断熱建具や天井裏への断熱材挿入などにより、断熱性能、気密性能の向上を確認した。
- (2) 建具の断熱性能を相当熱貫流率によって定量化し、既存建具と断熱建具の性能差を定量化した。
- (3) 主要居室の断熱性能を総合熱損失率によって定量化、省エネルギー基準と照らし合わせ、各住戸の熱性能を評価した。
- (4) 熱損失量の内訳を実測値から算出し、総合熱損失係数が蓄熱と換気の影響を大きく受けていることを確認した。

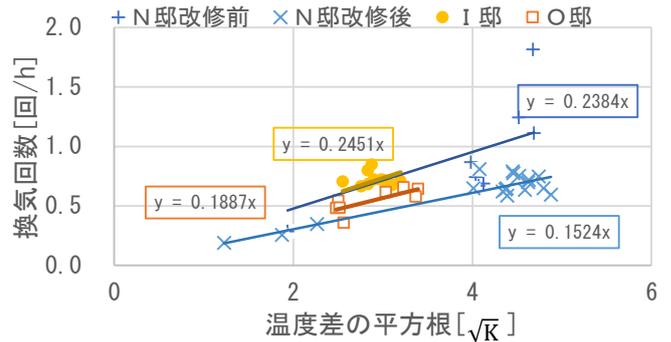


図18 換気回数と温度差の平方根の相関

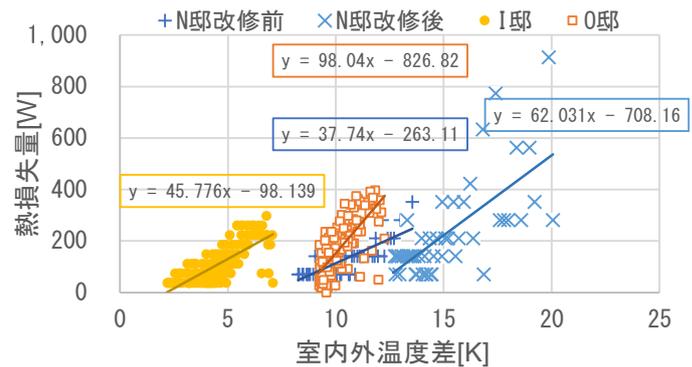


図19 熱損失量と温度差の相関

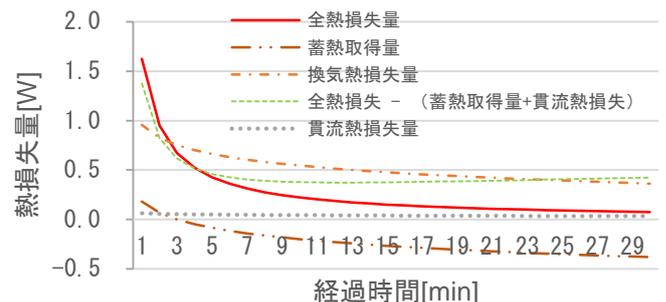


図20 空調停止後経過時間と熱損失内訳の関係

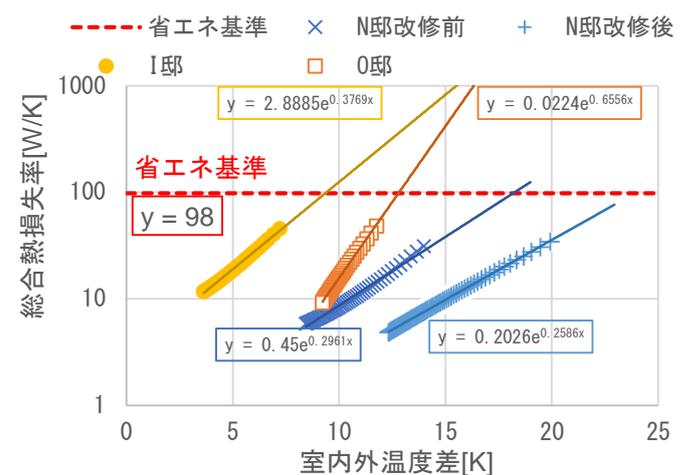


図21 総合熱損失率と温度差の相関

参考文献

- 文1) 齋藤宏昭ら：温暖地の木造住宅における部分断熱改修による熱性能改善効果の検証、日本建築学会環境系論文集 第73巻 第632号、1163-1169、2008年10月
 文2) 岩前篤ら：戸建住宅の部分断熱改修による効果に関する研究、日本建築学会大会学術講演梗概集(関東) 41045 2006年9月