

第4章 改修事例の紹介

4.1 改修事例の概要

ここでは、様々な改修手法を組み合わせられて実施された改修事例を紹介します。その内容は、解体を伴う大掛かりなものから、解体を伴わない簡易なもの、部屋単位で改修したものなど、実務の参考となる事例からなり、それらを以下のように改修規模別に整理しました。

	地域・竣工年	改修の概要	事例概観(改修前)
住まいながら実施した省エネ改修	① 神奈川県 A邸 1981年竣工 在来木造 2階建一部平屋 延床面積:118.0 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・建物の部位毎に解体を伴わない手法で改修を実施 ・事前調査:1日、工期:2日間 	
	② 東京都 B邸 2005年竣工 在来木造 2階建 延床面積:77.7 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・一部の解体のみで部位毎に改修を実施 ・同時に換気システムを導入 ・事前調査:1日、工期:3日間 	
大規模リフォームによる省エネ改修	③ 東京都 C邸 1974年竣工 在来木造 2階建 延床面積:91.1 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・中古住宅を購入し、入居前に大規模な全体改修を実施 ・下地合板の面剛性によって耐震性能を向上 ・工期:5ヶ月 	
	④ 山口県 D邸 1972年竣工 在来木造 2階建一部平屋 延床面積:132.7 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・老朽化した住宅の大幅な性能向上を目指して、大規模な全体改修を実施 ・高齢者世帯であるため、バリアフリー改修も実施 ・工期:4ヶ月 	
新しい工法による省エネ改修	⑤ 茨城県 実験住宅 1980年代の建物を想定した 在来木造 2階建一部平屋 延床面積:134.9 m ²	<ul style="list-style-type: none"> ・リビング・ダイニング、キッチンを中心に真空断熱材を用いた部分断熱改修(6面断熱)を実施。 ・工期:7日間 	
	⑥ 東京都 集合住宅 1977年竣工 SRC造 10階建 延床面積:40.3 m ² /戸	<ul style="list-style-type: none"> ・内装リフォームに伴い部分的な断熱改修を実施。同時に換気システムを導入 ・工期:7日間 	

紹介する改修事例は木造の戸建住宅を中心としましたが、RC造の集合住宅も1件含まれています。立地は全て次世代省エネルギー基準のIV地域であり、適用された改修手法は本書の手法に掲載している断熱仕様と同等のものや、中にはそれ以上のものも含まれています。以下に改修事例で採用された部位別の改修手法と、それによってもたらされた性能改善(熱損失係数:Q値、相当隙間面積:C値)の概要をまとめました。

表1 改修事例で採用された部位別改修手法と性能改善の一覧

改修部位	採用した工法	性能改善	
		熱損失係数(Q値)	相当隙間面積(C値)
1) 天井(小屋裏) + 床 + 窓ガラス	<ul style="list-style-type: none"> ●天井:手法4 小屋裏吹込断熱工法 + 手法6 小屋裏気流止め ●外壁:既存のまま ●床:手法9 床下充填断熱工法 + 手法11 床下気流止め ●開口部:手法13 アタッチメント工法 	<改修前> 5.5W/m ² K ↓ <改修後> 3.3W/m ² K	<改修前> 11.8 cm ² /m ² ↓ <改修後> 5.6 cm ² /m ²
2) 屋根(垂木間) + 床(大引き間) + 換気改修	<ul style="list-style-type: none"> ●屋根:吹込断熱工法(垂木間充填) ●外壁:既存のまま ●床:吹き込み断熱工法(大引き間充填) ●換気改修(ダクト式第3種換気システム) 	未測定	5.5 cm ² /m ² ↓ 4.8 cm ² /m ²
3) 屋根・天井 + 外壁 + 床 + 開口部	<ul style="list-style-type: none"> ●屋根・天井:手法2 屋根遮熱工法 + 手法4 小屋裏吹込断熱工法 + 気流止め ●外壁:手法7 外壁外張断熱工法 ●床:床下充填工法(大引き間に充填) ●開口部:サッシ交換 	4.42W/m ² K ↓ 1.77W/m ² K	20.4 cm ² /m ² ↓ 2.1 cm ² /m ²
4) 屋根 + 外壁 + 床 + 開口部	<ul style="list-style-type: none"> ●屋根:手法1 屋根外張断熱工法 + 小屋裏吹付断熱工法(補助断熱) ●外壁:手法7 外壁外張断熱工法 ●床:吹付断熱工法(床下から吹付け) ●開口部:サッシ交換 	5.26W/m ² K ↓ 1.42W/m ² K	19.0 cm ² /m ² ↓ 1.3 cm ² /m ²
5) 天井 + 外壁 + 間仕切壁 + 床 + 窓ガラス	<ul style="list-style-type: none"> ●天井:手法5 天井内張断熱工法 ●外壁:手法8 外壁内張断熱工法 ●床:内張断熱工法 ●開口部:既存のまま 	LDK 部分 保温性能 5.29W/m ² K ↓ 2.47W/m ² K	未測定
外壁 + 戸境壁 + 開口部 + 換気改修	<ul style="list-style-type: none"> ●天井:既存のまま ●外壁:手法8 外壁内張断熱工法 ●戸境壁:内張断熱工法 ●開口部:手法14 2重化工法 ●換気改修(ダクト式第3種換気システム) 	未測定	5.8 cm ² /m ² ↓ 1.6 cm ² /m ²

4.2 軽微な改修事例

4.2.1 事例① 神奈川県 A邸

建物の解体を伴わない省エネルギー改修事例

この住宅は神奈川県南部に立地し、1981年に竣工した築24年(改修時)の在来木造2階建て一部平屋の住宅です。建物の解体を伴わない省エネルギー改修事例として紹介します。

1) 改修条件の把握と建物診断

① ヒアリングの結果

- ・家族構成は、子供達が独立した夫婦二人居住であり、主婦が終日在宅している。
- ・解体を伴わない、かつ短期間の工事を希望。
- ・冬は2階から1階に降りてくると寒く感じる。特に居間と和室の窓周りが冷える。1階床のフローリングも冷たい。
- ・夏は留守にしていなければ、地域性(海風)もあると思うが、蒸し暑く感じることは少ない。また、留守にして蒸し暑くなくても、窓を開けて換気してから冷房を入れれば問題ない。

改修部位	天井(2階天井)		開口部
断熱改修方法	手法4 小屋裏吹込断熱工法	手法6 小屋裏気流止め	手法13 アタッチメント工法
	小屋裏の既存断熱材を残し(防湿層としての機能に期待)、その上に新規断熱材を吹き込む	間仕切壁の上部に圧縮GW(グラスウール)を用いて気流止めを設置	既存サッシのガラスを撤去し、アタッチメント複層ガラスに交換
断熱材の種類	既存断熱材 GW10K t=50mm+吹込み用 GW-2 13K t=160mm(欠損部 GW10K t=50mm 充填の上吹き込み)	圧縮断熱材 GW 16K t=100(圧縮時:330×240×30→膨張時:470×250×100)	既存アルミサッシ+アタッチメント複層ガラス(3mm+A5+3mm)
施工範囲 (面積・個所)	・小屋裏全体	・全ての間仕切り壁上部 ※外壁廻りは、断熱材が桁下まで伸びており、かつ室内側の壁に密着しているため、気流止めは必要ないと判断	・1階居間:3ヶ所 ・1階和室8帖:1ヶ所 ・2階洋室6帖:2ヶ所 ・2階和室8帖:1ヶ所
	41.4 m ²	21.4m(間仕切り延長)	7ヶ所
コスト(手法の総額)	3,200円/m ² (147,840円)	500円/m(9,750円)	21,600円/m ² (469,000円)
施工状況 (作業時間)			
	約5時間/作業員3名、監督1名	新築の場合は、約3時間で完了するが、改修のため養生等、準備に時間がかかった	約5時間/作業員3名、監督1名約3時間で7ヶ所のガラス交換作業を終了した

② 建物条件の把握

- ・建物の構造的な問題点は特に見当らなかった。小屋裏の金物使用状況も良好であり、かつ床下の木材の腐朽なども無かった。
- ・改修前の断熱仕様は、天井と外壁にグラスウール 10K50mm が施工されていたが、床下は、無断熱であった。外壁は設置されている断熱材を活かし、改修の必要は無いと判断。天井裏も概ね充填されているが、物入れとトイレ上部に欠損があった。
- ・開口部は、アルミサッシの単板ガラス。特に1階居間と和室のサッシは大型であり熱負荷が大きい。


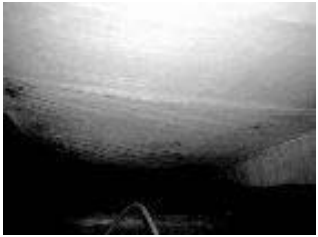

③ 改修目標の設定

- ・床と天井、サッシ廻りを断熱改修の対象とし、解体を伴わない工法によって平成4年基準以上(4.2W/㎡K 以下)の性能値を目指した。

2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・大掛かりとなる外壁改修は避け、新築時に充填されているグラスウール 10K50mm を活かすこととした。改修部位は無断熱である床、比較的作業のし易い天井、開口部のガラス交換に絞られた。
- ・解体を伴わないで実施するために、床は床下からの充填断熱工法、天井は小屋裏への吹込み断熱工法、開口部は負荷の大きな居間のサッシを中心にアタッチメント工法を選択した。

床(1階床下)		
手法 9 床下充填断熱工法(無機繊維系断熱材)	手法 11 床下気流止め	
床材はそのまま、床下から根太間に断熱材を充填。根太の下も同様に充填	落下防止対策:タッカーによって落下防止ネットを大引き間に設置	間仕切り壁の下部、及び外壁廻りに気流止めを設置
GW32K t=80mm (根太下端 GW32K t = 42mm)	不織布 幅 900mm	GW10K t=50mm(壁用を切断して使用) 一部圧縮断熱材を使用 GW16K t=100 (圧縮時:330×240×30→膨張時:470×250×100)
・居間 ・和室8帖 ・ダイニングキッチン	・居間 ・和室8帖 ・ダイニングキッチン	・居間、和室8帖、ダイニングキッチン、廊下 上記室の間仕切り壁下部、及び外壁回り
49.7 ㎡	49.7 ㎡	18.2m(間仕切り延長) 20.2m(外壁回り)
7,200 円/㎡(357,840 円)	左記金額に含む	500 円/m(9,100 円)
		
約 10 時間/作業員5名、監督2名(内1名は、断熱材のカットを担当)	予定していなかった外壁廻りの気流止め作業が発生。落下防止ネットの扱い、根太下端の断熱材充填など、試行的に行った内容もあり、通常8時間程の作業時間が10時間に伸びた	

- ・コストは税抜き価格を示す

② 気密性能

- 改修前に $11.8(\text{cm}^3/\text{m}^2)$ であった相当隙間面積は、改修により約半分の $5.6(\text{cm}^3/\text{m}^2)$ となった。
- 開口部に関する改修工事は、既存サッシのガラス部分を交換しただけのため、気密性能に対する影響が大きいと考えられる項目は気流止めの設置のみであった。
- 気流止めを設置し壁内空隙の気密化を図ることにより、旧基準レベルの住宅でも $5.5(\text{cm}^3/\text{m}^2)$ 前後の気密性能を達成できることが実証された。また、壁内気流の防止によって、壁面下部の表面温度の低下が緩和され、室内から床下への水蒸気の流入も抑制された。

③ 断熱性能

- 改修前に $5.5[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった熱損失係数は、改修により $3.3[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ となった。
- 昭和 55 年基準程度の性能の戸建木造住宅でも、床、天井、開口部のみの改修工事によって、目標性能であるIV地域の平成4年基準相当(熱損失係数 $4.2[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$)を上回る断熱性能を得ることができた。

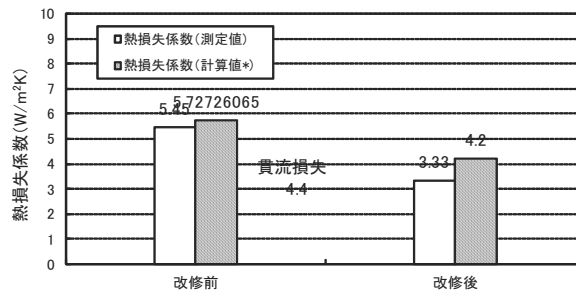


図3 ●熱損失係数の測定結果(※計算値は設計図書より算出)

④ 熱画像による効果の確認

- 根太と土台の位置関係によっては、気流止めの設置が困難となる箇所が生じ、室内表面において、床下空気の侵入によると思われる局所的な温度低下が見られた(①)。
- 気流止めの施工精度の向上には、根太組みを考慮した施工法の検討、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)の併用が不可欠である。



図4居間東側外壁表面温度分布(改修前:室内 18.8°C 、外気 6.1°C 、改修後:室内 19.4°C 、外気 11.2°C)

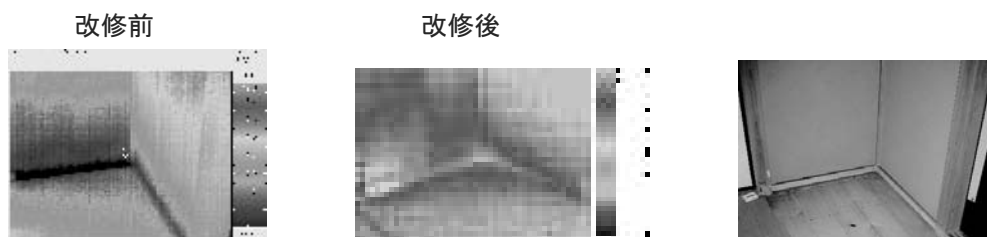


図5和室東側外壁表面温度分布(改修前:室内 18.8°C 、外気 6.1°C 、改修後:室内 19.4°C 、外気 11.2°C)

4.2.2 事例② 東京都 B邸

一部の解体のみで実施する省エネルギー改修事例

この住宅は、東京都に立地し、2005年に竣工した築1年半(改修時)の在来木造2階建て(延床面積:77.7 m²)の住宅です。内装の一部を解体する省エネルギー改修事例として紹介します。






1) 改修要件の把握と建物診断

① ヒアリングの実施

- ・家族構成は、夫婦2+子供3人の5人が居住している。
- ・施主は新築の建売住宅を購入したが、夏季には2階ロフト部が暑く、冬季には1階 LDK において足元の冷えを感じていた。
- ・新築後の年数が少ないため極力解体を伴わない工事を希望。
- ・断熱改修後に気密性能が向上することを考え、ダクト式第3種換気システムの導入を希望。

② 建物条件の把握

- ・建物の構造的な問題は特に見当たらなかった。
- ・屋根と壁には、グラスウール 10K50mm が設置され、床下には根太間にビーズ法ポリスチレンフォームの 30mm が充填されていた。床下の断熱材は、一部に配管工事等の破損が見られ、また断熱材が固定されていないため落下しそうになっている部分もみられた。

改修部位	断熱改修		
	屋根	床(1階床下)	
断熱改修方法	屋根吹込断熱工法	床下吹込断熱工法	
	勾配天井の内装材の一部と既存断熱材を撤去し、室内側から垂木や母屋間及び小屋裏にセルロースファイバーを吹込む。	床下の大引き間にセルロースファイバーを吹込む。	
断熱材の種類	吹込み用セルロースファイバー 60kg/m ³ t=100mm	吹込み用セルロースファイバー 60kg/m ³ t=150mm 程度	
施工範囲	2階吹抜け・小屋裏収納/2階A・C洋室	1階床下(玄関、浴室を除く)	
施工状況			
	勾配天井の石膏ボードをはがし、既存断熱材を撤去。その後、吹きこぼれ防止シートをタッカーにて貼り付ける。	吹きこぼれ防止シートに、吹込み用ホースを差し込む穴を開け、セルロースファイバーを充填する。	既存の断熱材は、そのまま使用し、大引きの側面に吹きこぼれ防止シートをタッカーにて貼り付ける。




2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・屋根面は勾配天井であり、野地板と下地プラスターボードの隙間が狭く、新規に断熱材を充填しにくい
ため、既存断熱材は撤去した。一方、床下の既存断熱材は活かすこととした。
- ・仕上材(勾配天井や床フローリング)の撤去を極力少なくすることや、改修部位が狭小な空間であるた
め、断熱欠損が生じ難い吹込断熱工法を採用した。
- ・新設換気設備は、ダクト式第3種換気システムを採用した。この設備は、フレキシブルダクトを用いること
による高い施工性と、外壁側へのダクト用貫通孔を1箇所とすることができ躯体への影響を最小限にす
ることが特徴である。
- ・また、日常的な清掃も、本体ユニット一箇所で行えることから、維持管理の点でも優れている。

② 施工状況

- ・小屋裏収納及び吹抜けの施工は、勾配天井であり下地プラスターボードが母屋下に貼付けられていた
ため、母屋間ごとにプラスターボードを一部撤去し、セルローズファイバーを吹き込んだ。その際、吹込
み口には、落下防止用シートを張付けた。
- ・断熱施工がなされる箇所の天井面のダウンライトは、断熱施工対応型に交換した。
- ・床下は、根太間の既存断熱材を残し、大引き間に断熱材受けシートを貼付けた後にセルローズファイ
バーを吹き込んだ。
- ・土間基礎から大引き下までの高さが約 300mm しかなかったため、床下での移動や作業に手間取った。
- ・換気設備は、洗面所の天井裏に本体を設置し、外壁に屋外側ダクト用の貫通孔を開口した。室内側は、
室内端末位置の天井を開口し、フレキシブルダクトと室内側端末とを接続させた。(※整流モーター式排
気型換気ユニット:最大換気量 80 m³/h(機外静圧 80Pa 時)消費電力5~13W/大きさ 390×390×176
(mm))

断熱改修	換気改修	
床(1階床下)	1階洗面所・2階トイレ	
床下吹込断熱工法	換気システム交換	
床下の大引き間にセルローズファイバーを吹き込む。	ダクト式の全般換気設備を導入する。	
吹き込み用セルローズファイバー 60kg/m ³ t=150mm 程度	ダクト式第3種換気システム	
1階床下(玄関、浴室を除く)	1階洗面所・2階トイレ	
 <p>吹きこぼれ防止シートに吹き込み用ホースを差し込む穴を開け、セルローズファイバーを充填する。床下は土間と大引き間が約 300mm 程度と狭小のため、作業に時間を要した。</p>	 <p>1階洗面所の天井面を一部撤去し、ファン本体のユニットを設置する。改修後、清掃を行えるように点検口を設置した。</p>	 <p>ダクトが梁下などを通過する場合、室内側に露出するため、ダクトを隠すための下がり天井などの工夫と施工が必要となった。</p>

- ・ダクトが梁下などを通過する場所は、天井より下側(室内)に露出するため、ダクトを隠すための下がり天井などの工夫とそのための施工が必要となる。
- ・ダクトの設置作業や確認のために、室内側端末を設置する開口以外に天井に点検口を空けることが必要になる場合がある。

＊既存換気設備(パイプ用ファン)の風量

既設換気設備は、設置位置の問題等から入居後、一度も清掃が実施されておらず、使用頻度が高い LDK および B 洋室では目詰まりを起こしていた。本体は分解清掃等が容易に行えるような工夫がなされているが、屋外フードの防虫網は、掃除機を用いた程度の清掃では、蓄積された埃の除去はできなかった。そのため工事用のエアコンプレッサーを用いて、その風圧により埃の除去を行った。

清掃前後の風量を測定したところ、清掃前は使用頻度の高い部屋に設置されたファンの風量は減少しており、清掃後は住宅全体で清掃前の倍以上の風量となった。

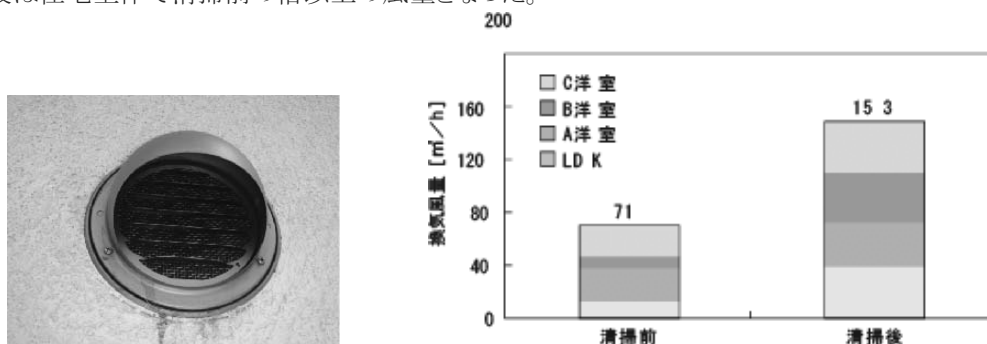
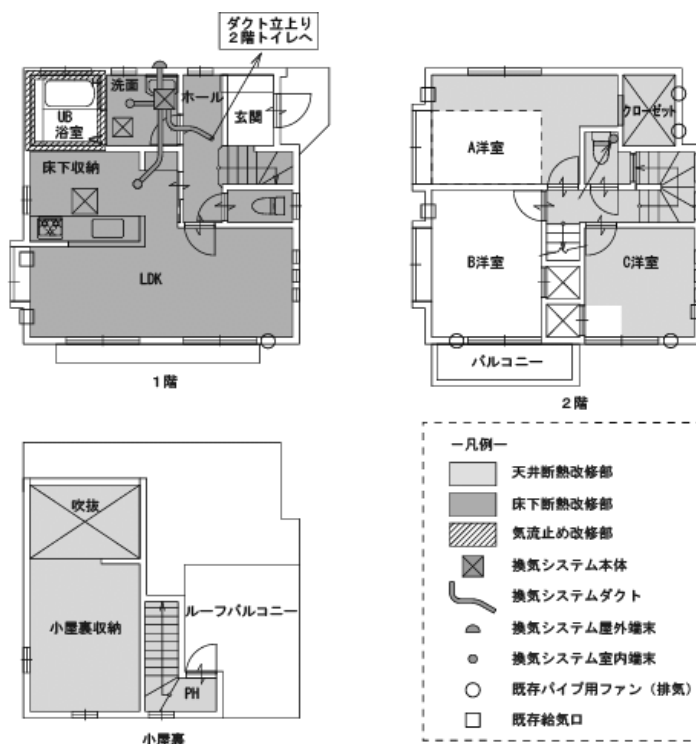


図6 清掃前後の換気風量

③ 省エネ改修平面図



3) 事後検証の実施

① 改修後のヒアリング

- ・改修前の冬期は、ファンヒーターを最大に使用し(運転し続けていた)暖房していた。
- ・改修後は、ファンヒーターを使用しても停止するようになり、現在ではこたつ一台を使用し、時々エアコンを使用している。
- ・特に、床からの冷えが大きく改善され快適に生活できるようになった。
- ・夏期は、洋室Aで5人全員で寝ているが、外気温度が下がったときは窓とドアを開ければ、通風で涼しいため、エアコンを使用しないで寝ることができる。

② 気密性能・断熱性能

- ・断熱改修の効果を検証するため、夏季における改修前後の天井表面温度の比較を実施した。
- ・外気温度と日射量の変動がほぼ同じ日の16時ごろの天井表面温度の測定結果を表1に示す。
- ・外気温度に日射による熱量を加味した相当外気温度は断熱改修前後ともに50℃に達し、改修前の天井表面温度は40℃を越えているが、改修後の天井表面温度は34℃程度となった。
- ・また、表中の基準化温度は相当外気温度(外壁の表面温度)を1、室内空気温度を0とした指標で、0に近づくほど室内の温度に近いことを意味している。天井表面の基準化温度は0.325から0.060へと低下しており、天井付近の温熱環境が断熱による日射遮へいの効果によって大幅に改善されたことを示している。
- ・熱画像も同様の傾向が見られ、断熱改修後は天井面のほとんどが室内空気温度に近い状態になっている。これは、天井からの焼け込みが緩和され、冷房負荷の低減と快適性の向上が期待される。
- ・改修前に5.5[cm³/m²]であった相当隙間面積は、改修により4.8[cm³/m²]と改善された。



図7 改修前後の天井面の熱画像(上=改修前、下=改修後)

表1 断熱改修による夏季の天井表面温度の変化

記号	相当外気温度(℃)	室内空気温度(℃)	天井表面温度(℃)	天井表面の基準化温度
改修前	51.3	38.7	42.8	0.325
改修後	51.5	33.2	34.3	0.060

③ 換気設備の風量測定

- 新設換気設備と既設換気設備を6ヵ月間同時に稼働させ、風量低下の経過を一月ごとに測定した。
- 既設換気設備は毎月風量が減少し、5ヶ月ほどで図8に示した清掃前の風量と同程度となったが、新設換気設備は施工後一週間で若干風量が増加した後、大きな風量減少が見られない結果となった。今後、既設の換気扇風量はさらに低下することが予想されるが、新設したダクト式の換気扇は、安定した風量を確保できることが期待される。

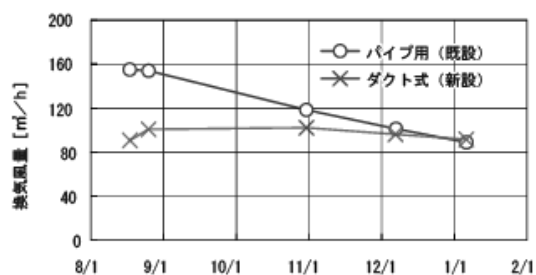


図8 既設パイプ用換気扇と新設ダクト式換気扇の風量変化

4.3 大規模な改修事例

4.3.1 事例③ 東京都 C邸

大規模なリフォームに伴う省エネルギー改修事例

この住宅は、東京都都下に立地し、1974年に竣工した築34年(改修時)の在来木造2階建て一部平屋の住宅(延床面積91.1㎡)です。建物の大規模なリフォームに伴う省エネルギー改修事例として紹介します。



1) 改修条件の把握と建物診断

① ヒアリングの結果

- ・家族構成は、夫婦2人と子供1人の3人家族である。
- ・施主は、この住宅を中古で購入し入居前に大規模なリフォームによって暮らしやすく快適な住宅とすることを希望した。
- ・リフォームの内容は、自分達の暮らしやすい環境を得ることを目的に、間取りや内装仕上げ、設備機器などの更新と合わせて、温熱環境の改善のための断熱改修工事を計画した。
- ・外皮は既存外壁と2階屋根、柱・梁を残し(南側外壁のみ撤去)、床、間仕切壁、天井は下地から全て撤去することとした。

② 建物条件の把握

- ・既存断熱材の有無を、2階の押入れと1階和室から確認したところ、壁と小屋裏にグラスウールが設置されていた。床下は無断熱の状態であった。
- ・建物の構造的な問題点は、改修前の目視調査では特に見られなかった。床下は布基礎であったが、東や地面は乾燥した状態であった。

改修部位	屋根	天井(2階天井)	
断熱改修方法	手法2 屋根遮熱工法	手法4 小屋裏吹込断熱工法	気流止め(気密フィルム)
	既存屋根の垂木下母屋間に遮熱シートを貼付ける	新規天井面に防湿・気密シートを設置後、小屋裏に断熱材を吹き込む	室内側の構造用合板を軒桁まで延長し、気密テープを貼り付ける。間仕切壁上部には断熱材を吹込む前に気密シートでふさぐ
断熱材の種類	遮熱シート	吹込み用 GW13K t=210mm 防湿・気密シート	気密テープ、気密シート
施工範囲	2階屋根全面	2階小屋裏全面	外壁、間仕切壁周り
施工状況			
	遮熱シートは、エアキャップ付きを使用した。シートは柔軟性があるため施工性も良かった。母屋間に遮熱シートを貼るため、垂木にタッカーで固定した。施工は約1日で完了。	天井下地を貼上げる前に、野縁に防湿・気密シートを室内側から貼付けた。その後、プラスターボードを設置し小屋裏に断熱材を吹込んだ。断熱材は、吹込み用のバラ状断熱材で、隙間無く充填することができた。	外壁は、合板と気密シートで気密化した。合板は、軒桁との取合い部で気密テープを貼付けた。モルタル外壁面では、気密シートを貼り気密化した。間仕切り上部は、天井を貼上げる前に気密シートを先貼りし気密化した。

- ・ただし、解体後1階窓周りの土台に雨水の浸食による腐食と、洗面所窓枠廻りの一部にシロアリによる食害が見られた。

③ 改修目標の設定

- ・改修後の目標性能は、Ⅲ、Ⅳ地域平成 11 年基準の熱損失係数である、Q値 2.7W/m² K、そして、Ⅰ、Ⅱ地域の相当隙間面積基準であるC値 2.0 cm³/m²を目指した。




2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・外壁は、既存モルタル壁を残してその外側に断熱材、通気層、外壁仕上げを行う、外張断熱工法を選択した。
- ・床は、当初基礎外断熱の実施を考えていたが、既存床下木材に施した防蟻処理剤の臭いが気になったため、床下での断熱とした。なお、床下の土面には土間コンクリートを打設した。
- ・天井は、密実に断熱材が充填できる吹込断熱工法を採用した。
- ・窓は、木製又は樹脂製のサッシに交換し、ガラスも Low-E 複層ガラスとした。

② 施工状況

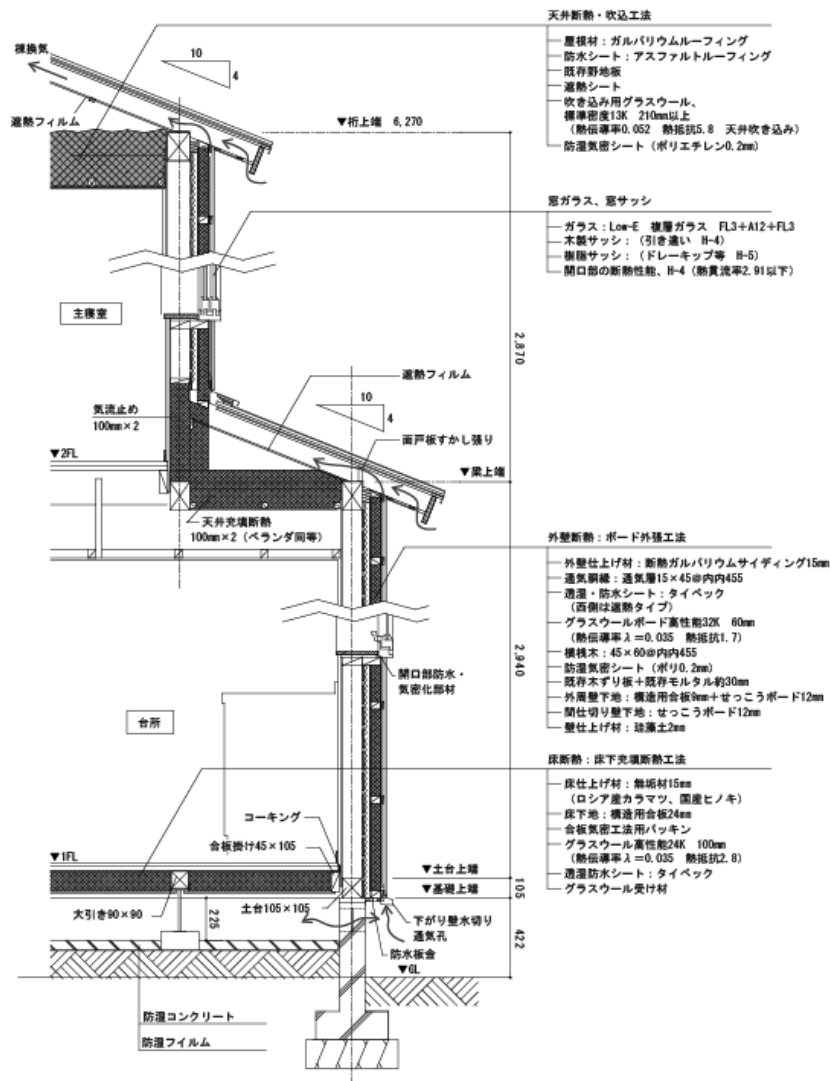
- ・外壁は、既存モルタル面に防湿気密シートを貼り付け、次に、断熱材を受ける横桟を設置し、その間に断熱材を充填した。最後に、透湿防水シートを貼り付け、横胴縁(通気層を取るため、一定間隔で通気口を設けた)を設置し、外壁仕上げは縦張りガルバリウム鋼板とした。
- ・床は、大引き下に断熱材受けを設置し、透湿防水シートを敷き込んだ後に高性能グラスウールを充填した。
- ・天井面は、防湿シートを貼り付けた後に、バラ状グラスウールを吹き込んだ。
- ※断熱工事については、断熱工事を専門とする、大工に指導を受けながら施主とその知人・学生等がDIYで実施した。

開口部	外壁	床(1階床下)
サッシ交換	手法7 外壁外張断熱工法	床下充填断熱工法
新規に窓を設置。木サッシか樹脂サッシに Low-E 複層ガラスを採用	既存のモルタル外壁を撤去せず、その外側に断熱材を張りつける外張り断熱工法	大引き間に高性能グラスウールを充填
・木製サッシ、樹脂製サッシ ・Low-E 複層ガラス3+A12+3	防湿・気密シート GW32K t=60mm 透湿防水シート	高性能グラスウール 24K t=100mm
・木サッシ5箇所 ・樹脂サッシ9箇所	・外壁全面	1階床全面(バスルームは基礎の内側に押し出し法ポリスチレンフォームを貼り付け)
		
サッシの交換は、ほぼ新築の工事と同様の施工であったため、特に問題なく行うことができた。サッシと窓枠との間の気密化のために気密・防水部材を用いた。	既存モルタル外壁の上に横胴縁を設置し、その間に断熱材を充填した。既存モルタル面の不陸により横胴縁と壁の間に隙間が生じたためその処理に手間が掛かった。外壁は、通気胴縁を設置後、ガルバリウム鋼板を貼付けた。	大引き間に断熱材を受ける桟木を設置し、透湿防水シートを貼付けた後、断熱材を充填した。気密は、合板でとる方法とし、合板の突き付け部は気密テープで処理した。大引きと合板の重なり部には、気密パッキンを使用し気密化した。

- ・施工上で苦労した点は、防湿・気密シートを隙間なく貼り合わせることであった。プチルゴムテープを使用して気密シートを貼り合せたが、テープの接着が悪くシート間に隙間が生じることもあった。応急対応としてコーキングを併用し、シートを接着した。また、既存外壁モルタル面に不陸のある部分では、横桧と既存外壁面に隙間が生じたため、不陸調整として隙間にグラスウールを細かく裂いたものを詰めて対応したが、作業に手間がかかった。

③ 省エネ改修図面

- ・下屋部分の通気層は土台回りを入口とし、下屋の屋根と2階外壁の取合いに出口を設置した。



3) 事後検証の実施

① 改修後のヒアリング

- ・高性能エアコンを 28.5 度～29 度設定で、外気温が 30 度を超すときだけ運転している。
- ・夜は、エアコンによる体の冷え込みが嫌なのでエアコン運転を休止し、窓と換気による外気を入れて快適に就寝できる。

② 気密性能

- 改修前に $20.4[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ であった相当隙間面積は、改修により9割減の $2.1[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ となった。
- これは、平成 11 年基準におけるⅢ・Ⅳ地域の $5.0[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ を上回るだけでなく、寒冷地であるⅠ・Ⅱ地域の $2.0[\text{cm}^3/\text{m}^2]$ に迫る結果となった。
- また、改修前の気密測定では、サッシ回りの目張りの有無などの条件を変えて比較測定した。その結果、サッシの隙間面積は $66[\text{cm}^2]$ であったが、これは改修前の総相当隙間面積の3～4%に過ぎない値であった。
- このことから、サッシ周りからの漏気は比較的少なく、建物躯体に非常に多くの隙間があったことを物語っている。



③ 断熱性能

- 改修前に $4.42[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった熱損失係数は、改修により $1.77[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ となり大幅に向上した。
- 築 34 年の木造住宅であっても、大規模な省エネルギー改修を行うことによって、平成 11 年基準におけるⅣ・Ⅴ地域の $2.7[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ を上回るだけでなく、Ⅱ地域の $1.9[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ をも上回る結果となった。
- 改修前の熱損失係数は、気密性が低かったものの天井・外壁にはグラスウール 50mm が用いられていたこともあり、平成4年基準におけるⅣ地域の $4.2[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ に近い値であり、1974 年に建設された住宅としては、断熱性能の高い住宅であったといえる。
- 熱損失係数の測定では、電気ヒーターにより一定の発熱量で加熱を行った。改修前は平均室温が SAT 温度の変化(外部)に応じて上下しているが(図9)、改修後は、平均室温が時間経過と共に上昇し、省エネルギー改修の効果が現れている(図 10)。

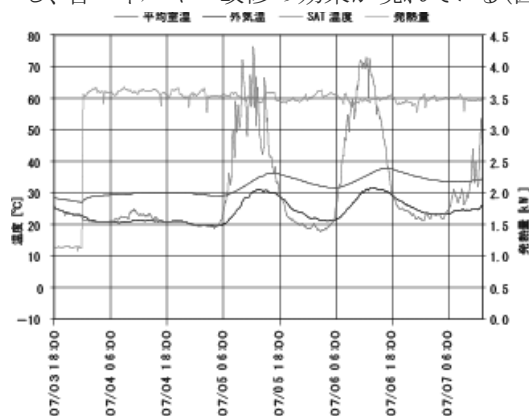


図9 気温などの経時変化(改修前)

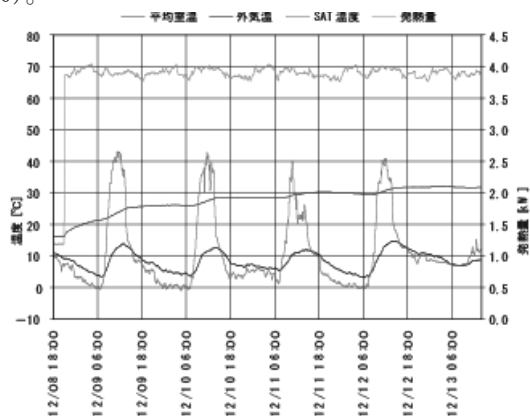


図 10 気温などの経時変化(改修後)

4.3.2 事例④ 山口県 D邸

大規模リフォームによる省エネルギー改修事例

この住宅は山口県に立地し、1972年に竣工した築35年(改修時)の在来木造2階建て一部平屋の住宅(延床面積132.7㎡)です。内外装と設備関連の修繕、耐震改修、一部増築工事とともに、大規模な省エネルギー改修を行った事例です。






1) 改修条件の把握と建物診断

① ヒアリングの結果

- ・家族構成は、高齢の夫婦の2名であり、終日在宅している。
- ・気候が温暖な地域であるが、冬のトイレやお風呂は非常に寒く厳しい状況であった。
- ・夏の猛暑時に冷房を利用すると、冷気により足元が冷え、高齢の夫婦には不快で不健康な住環境であった。



既存の壁を解体した際に現われた土壁

改修部位	屋根(2階大屋根・下屋)		開口部
断熱改修方法	手法1 屋根外張断熱工法	小屋裏吹付断熱工法(断熱補強)	サッシ交換
	既存屋根材および垂木を撤去し、新規垂木の上に熱線反射アルミ付き断熱材を貼り付ける	小屋裏側から屋根面に現場発泡断熱材を吹き付ける ※屋根外張断熱の断熱補強	外装の撤去とともにサッシも撤去し、新規に高性能樹脂サッシを設置(部分的にサッシの大きさも変更)
断熱材の種類	熱線反射アルミ付き押出法ポリスチレンフォーム(3b)t=50mm	現場発泡ウレタン t=50mm	樹脂サッシ+Low-E 複層ガラス 空気層 24mm
施工範囲(面積・個所)	・屋根全体	・小屋裏全体	・全てのサッシを交換
	149㎡	108㎡	17箇所(トップライト新設2箇所 玄関含む)
コスト(手法の総額)	約4,900円/㎡(730,000円)	約6,500円/㎡(700,000円)	約85,000円/箇所(1,450,000円)
施工状況	 <p>屋根は、熱線反射アルミ箔付き断熱材を外張り。断熱材のジョイント部分に気密テープを貼り付け隙間を塞ぐ。気密を確保する重要な作業</p>	 <p>吹付けウレタン施工後の屋根面。梁と束の取り合い部分等小屋組みは、金物で補強。合板のジョイント部分にも断熱材を充填</p>	 <p>外壁に断熱材の厚さを考慮した下地を施し、新規に樹脂サッシを設置。外壁を解体してサッシ交換を行う範囲は新築工事と同等であるため、特に問題は生じない</p>

② 建物条件の把握

- ・天井には、従前の改修時に設置した断熱材を確認。1階グラスウールロールタイプ、2階袋入りグラスウール防湿シート付きタイプ、いずれも 10Kt=50mm 程度。
- ・内外壁共に、柱芯に厚さ 60mm 程の土壁があり、これは地域に見られる特徴的なつくりである。熱容量の大きな土壁は、断熱化された後、どのように機能するかがポイント。
- ・外壁も天井と同様に、従前の改修の際に室内側から土壁を取り除いたところに断熱材が部分的に設置された様子が見られたが、無断熱部分が多くを占める。
- ・床は無断熱であり、床下に土間コンクリート等はない。換気口は設置してあるが、湿気が上がり易い状況であるとのこと。部分的にシロアリの被害を受けている柱等があるが、甚大な被害はない。
- ・開口部は、アルミサッシのシングルガラス。サッシ回りの隙間が問題であった。

③ 改修目標の設定

- ・ヒアリングおよび事前診断の結果を踏まえ、内外装と設備関連の修繕工事、耐震改修、一部増築を伴う全面的な省エネルギー改修によって平成 11 年基準(2.7W/m² K 以下)を超える性能を確保することを目標とした。

2) 省エネルギー改修手法と施工状況

① 改修方法の選択

- ・外壁および屋根は、土壁を残すことができる外張断熱工法を採用。屋根は、小屋裏側から現場発泡断熱材による吹付断熱工法で補強。
- ・床は、気流止めを兼ねて床下から現場発泡断熱材による吹付断熱工法を選択した。
- ・開口部は、全て撤去して樹脂サッシ、Low-E 複層ガラスに交換した。

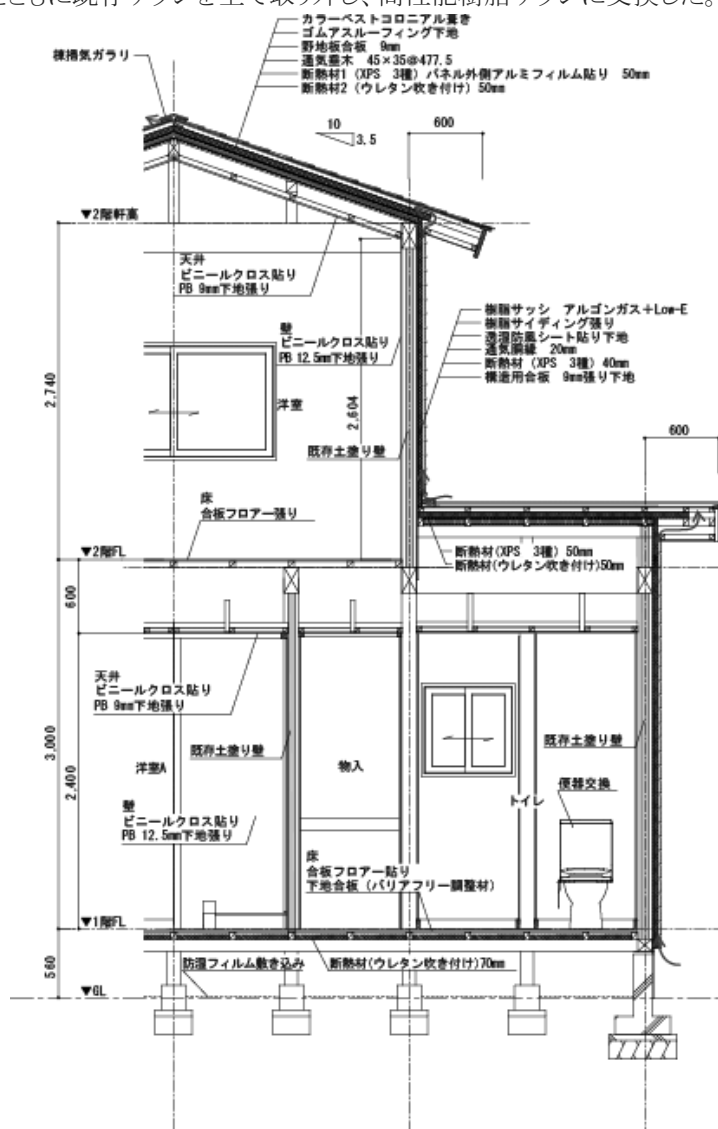
外壁	床(1階床下)	
手法7 外壁外張断熱工法	床下吹付断熱工法 (床下から吹き付け)	床下気流止め (吹付断熱工法)
既存外装を剥がし、壁体内の土壁を残して、軸組みの外側に、断熱材を貼り付ける	床下から根太間に現場発泡断熱材を吹き付ける	土台と根太の隙間から現場発泡断熱材を壁体下端に吹き付ける
押出法ポリスチレンフォーム(3b)t=40mm	現場発泡断熱材 t=70mm	現場発泡断熱材
・外壁全体	・床下全体	・外壁、内壁(間仕切壁)
161 m ²	95 m ²	左記に含む
約 2,700 m ² /円(440,000 円)	約 6,500 m ² /円(620,000 円)	左記に含む
 <p>既存の軸組みの外側に構造用合板(9mm)を下地調整しながら設置し、面剛性を確保。その上に断熱材を外張りし、通気層を形成</p>	 <p>床下からの吹き付け作業は、高さ約40cm程度での作業。地面には、防湿シートを敷き込んだ</p>	 <p>既存壁の土壁を残した範囲は、床下から吹付けた断熱材が隙間を塞ぎ、気流止めとなった</p>

② 施工状況

- ・屋根、外壁の外張断熱工事の難しさに、既存住宅の躯体(柱、梁)の歪みや不陸への対応が挙げられる。特に外壁は、隙間が生じやすい。
- ・断熱材に現場発泡ウレタンによる吹付工法を採用したことで、木材の収縮で隙間があった屋根と床の気密性能を高めることができ、建物全体の気密性の向上に結びついたと考えられる。

③ 省エネ改修図面

- ・外壁は、外装材を撤去した上で軸組みの外側に断熱材を外張りする外壁外張断熱工法を採用した。下屋回りは、2階外壁の取り合う水切り部分に通気口を設置した。
- ・外壁と同様に屋根も、外張断熱工法を採用し、かつ、小屋裏から屋根面への現場発泡ウレタンによる断熱補強を行うことで、高断熱化を図った。
- ・床は、床下から根太間に現場発泡ウレタンを吹き付けた。床下地面には防湿フィルムを敷き込み、ジョイント部分にプチルゴムテープを貼り付けた。
- ・外装材の撤去とともに既存サッシを全て取り外し、高性能樹脂サッシに交換した。



3) 事後検証の実施

① 気密性能

- 改修前に $19.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ であった相当隙間面積は、改修により $1.3 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ となった。
- 現場発泡断熱材を面的に使用したことで、複雑な取り合い部分の隙間を塞ぐことができ、かつ、サッシを全て交換したことによる気密性の向上が大きく寄与していると考えられる。

② 断熱性能

- 改修前に $5.26 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった熱損失係数は、改修により $1.42 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ へと大幅に向上した。
- 築 35 年の木造住宅であっても、大規模な省エネルギー改修を行うことによって、平成 11 年基準におけるⅣ・Ⅴ地域の $2.7 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ を上回るだけでなく、Ⅱ地域の $1.9 [\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ をも上回る結果となった。
- 図 11 は、夏期冷房運転時の建物西側の居室温度と外壁からの侵入熱流量の日変化を示したものである。断熱改修によって外壁からの侵入熱流量が減少し、改修後は空気温度が高いにもかかわらず、体感温度(グローブ温度)が大幅に改善されたことを読み取ることができる。
- 写真 1 及び写真 2 は、断熱改修前後の外壁及び間仕切壁の熱画像である。これからも、断熱改修によって壁や床の表面温度が上昇し、特に隅角部や間仕切壁下端の温度低下が改善されたことが分かる。

・グローブ温度

開口部や壁面からの放射熱の影響を加味した温度で、快適性の評価に用いられます。エアコンの使用を前提とすれば、空気温度に比べ夏季は高く、冬季は低いほど躯体の断熱性能が低いと考えられます。

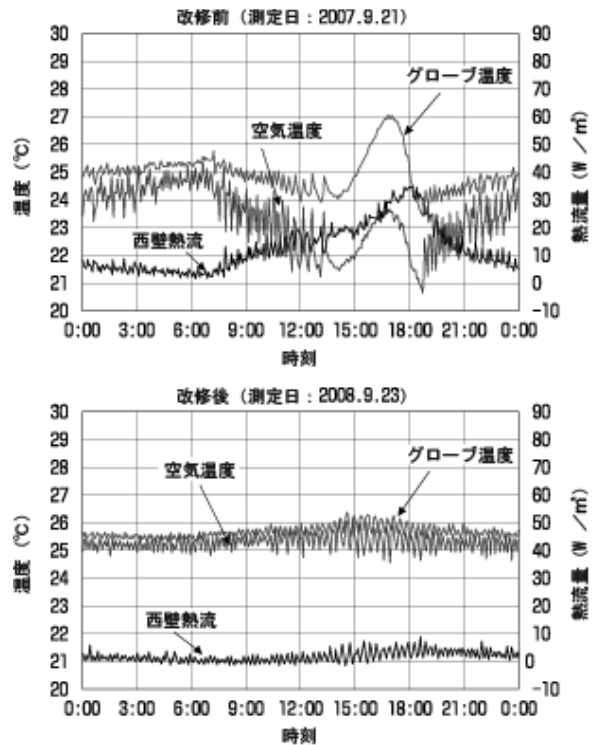


図 11 夏期の外壁からの熱流および室温の測定結果

改修前

改修後



写真 1 1階南東隅角表面温度分布(改修前:室内 20.3°C 、外気 7.8°C 、改修後:室内 32.3°C 、外気 9.3°C)

改修前

改修後



写真 2 1階廊下間仕切壁表面温度分布(改修前:室内 20.3°C 、外気 7.8°C 、改修後:室内 32.3°C 、外気 9.3°C)

4.4 新しい工法による改修事例

4.4.1 事例⑤ つくば戸建実験住宅

リビング・ダイニング、キッチンを中心に真空断熱材を用いた部分断熱改修

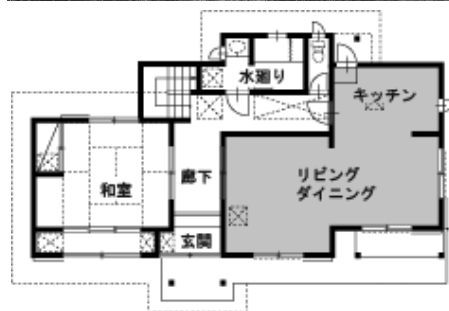
この住宅は、つくば市にある独立行政法人建築研究所内に建てられた戸建実験住宅(延床面積 134.9 m²)です。この実験住宅の詳細については2章、3章にも記載してありますが、築20～30年の一般的な在来軸組木造住宅の仕様や断熱・気密性能を想定して建設されました。






1) 改修要件の把握と建物診断

① 建物条件の把握

- 改修前の断熱仕様は、外壁に10Kt=50mmのグラスウールが充填されているのみで、床、天井は無断熱である。また、窓はアルミサッシのシングルガラスが設置されている。
- 改修前のLDKの保温性能をP15の方法にて実測した結果、5.29[W/m² K]であった。また、気密性能は、19.7[cm³/m²]であった。



改修部位	天井	外壁・間仕切壁	
断熱改修方法	天井内張断熱工法	外壁・間仕切壁内張断熱工法	
	既存天井に、直接真空断熱材を貼り付ける	既存内壁面に、直接真空断熱材を貼り付ける	
断熱材の種類	真空断熱材t=8mm	真空断熱材t=8mm	
施工範囲 (面積・箇所)	・LDK 天井(1階)	・LDK 外壁・間仕切壁	
	35.0 m ²	71.0 m ²	
施工状況			
	既存天井に真空断熱材をタッカーによって固定した後、みみの部分に胴縁を設置する	既存壁面に真空断熱材をタッカーによって固定する。コンセントボックス周りや入隅など真空断熱材を貼り付けられない部分は、発泡プラスチック系断熱材を貼り付ける	真空断熱材を貼り付けた後、みみの部分に重ねて胴縁を設置する

② 改修手法の選択

- ・改修工事は、部屋単位で断熱性能を向上させることを目的とした。
- ・そのため、既存仕上材(天井・壁・床)の内側に断熱材を貼り付ける手法が検討され、高性能で厚みが薄い真空断熱材による施工が試行された。
- ・開口部(雨戸と内部建具)についても、真空断熱材を使用した製品(試作品)へと交換した。

2) 施工状況

① 真空断熱材の制作

- ・真空断熱材は、現場での寸法調整ができないため、あらかじめ工場にて製作されたものを使用した。製作サイズは、施工範囲の事前実測によりいくつかのモジュールを検討し、その組み合わせにより決定した。
- ・真空断熱材を貼ることのできない(モジュールに合わない)部分には、同じ厚みの発泡プラスチック系断熱材を使用して断熱処置した。



図 12 真空断熱材



図 13 壁面の改修状況

真空断熱材で被覆できない部分(例えばエアコンやコンセントボックス周り)は、発泡プラスチック系断熱材を充填した

床	建具・雨戸
床上内張断熱工法	建具・雨戸交換
既存フローリング床面の上に、真空断熱材の破袋防止用に養生シートを敷く。その後、胴縁を設置しその間に真空断熱材を貼付ける	既存の雨戸、内部建具を、真空断熱材を使用したものに交換する
真空断熱材t=8mm	真空断熱材t=8mm
・LDK 床(1階)	・雨戸:LDK3箇所 ・建具:リビング引戸1箇所 キッチン開き戸1箇所
35.0 m ²	5箇所
 <p>既存床面に、養生シートを敷きその上に胴縁を設置する</p>	 <p>設置した胴縁の間に真空断熱材を充填し、みみの部分を胴縁に固定する</p>
	 <p>既存の雨戸と内部建具を、真空断熱材を挟み込んだものと交換する</p>

- ・真空断熱材は、床・壁・天井とも既存仕上材を撤去せずに直接貼り付けた。
- ・真空断熱材の固定は、芯材を取囲む目地(みみ)部分をタッカーで固定した。さらに、内装下地用の胴縁をみみの部分に重ねて設置した。
- ・真空断熱材のみみは断熱性能がないため熱橋(ヒートブリッジ)となる。そのため、胴縁には断熱性能のある発泡プラスチック系断熱材を使用した。ただし、荷重のかかる床では、断熱性とある程度の硬さを併せ持つコルクで代用した。
- ・真空断熱材の上に石膏ボードを貼る際に、タッカーの刃がみみからそれて芯材に穴を空けてしまうことがあった(穴が開くと性能がいちじるしく下がる)。
- ・壁面への施工では、窓やコンセントボックス回りなどで発泡プラスチック系断熱材の加工が必要となったため、こうした加工の少ない天井や床に比べて作業に時間を要した。

② 省エネ改修図面

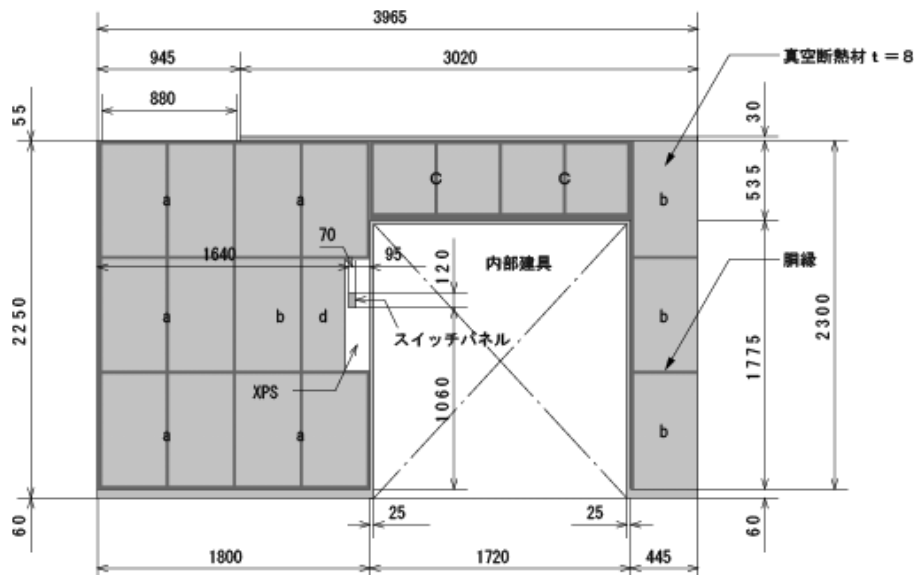


図 14 真空断熱材の割付図の例。壁面の寸法に合わせて真空断熱材のモジュールを割り付ける
(a、b、c、dはそれぞれ真空断熱材のモジュール記号を表す)

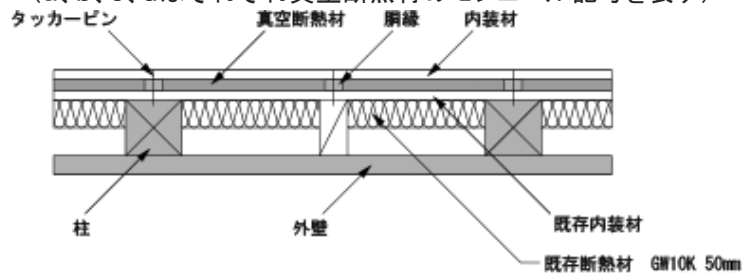


図 15 壁面の断面構成図

3) 事後検証の実施

① 断熱性能

- 断熱性能を検証するため、LDK 内を均一な温度に加熱し、外部や周囲の居室、廊下等への熱損失量 (LDK の保温性能) の実態を測定した。
- 改修前に $5.29[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ であった LDK 保温性能は、改修により $2.47[\text{W}/\text{m}^2 \text{K}]$ となり、約 50%性能が向上した。
- 改修前の測定データ(図 16)は、LDK を一定温度に加熱した結果、LDK 上部に位置する2階洋室3の温度が玄関(非暖房室)に比べ、 4°C 高くなった。これは、LDK の熱が上部へ逃げていることが原因である。
- 一方、改修後の測定データ(図 17)は、2階洋室3と玄関の温度差がほとんどみられず、改修の効果が現れている。

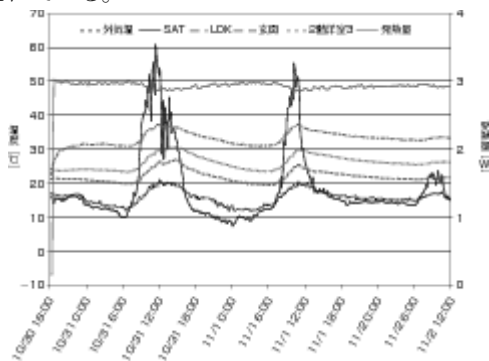


図 16 改修前の測定データ(2007.10.30~11.02)

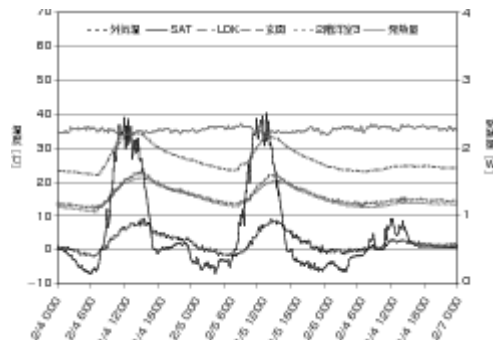


図 17 改修後の測定データ(2008.02.04~02.07)

- 図 18 は体感温度に相当するグローブ温度と空気温度(乾球温度)間の差と、室内外温度差の関係を比較したグラフである。断熱改修により壁面温度が上昇し、体感温度が 1°C 程度向上したことが読み取れる。
- 図 19 は暖房運転時における LDK の上下温度差(床上 50mm と 900mm)と室内外温度差の関係を示したものである。断熱改修により足元温度が上昇し、温熱環境の快適性が向上したことを示している。

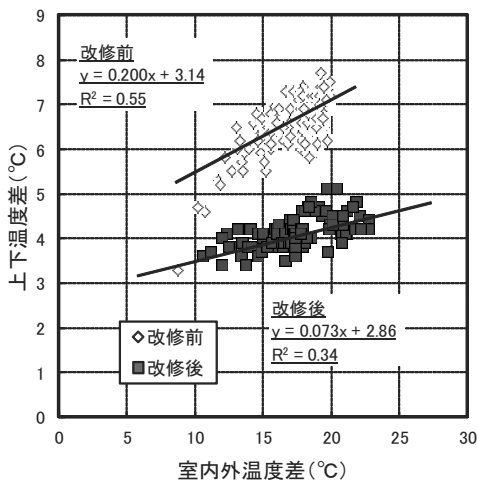


図 18 グローブ温度と乾球温度の差

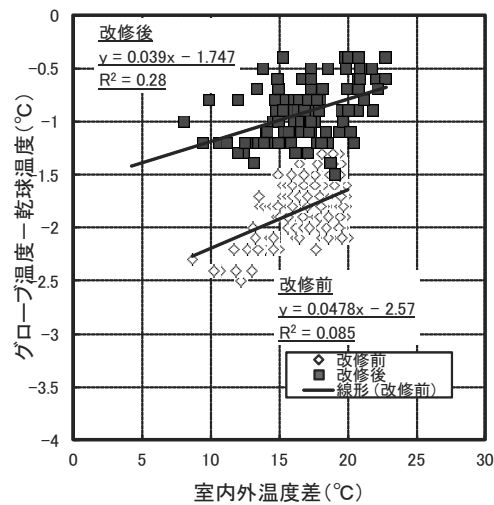


図 19 上下温度差

4.4.2 事例⑥ 東京都 集合住宅

内装リフォームに伴う部分的な断熱改修

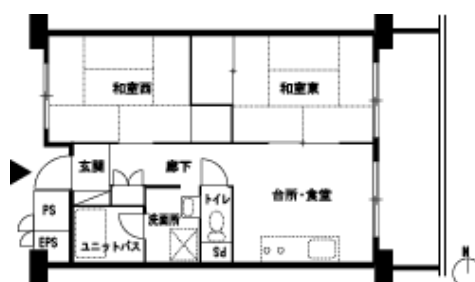
この住宅は、東京都荒川区に立地し、1977年に竣工した築30年(改修時)のSRC(梁・床・壁はPC構造)10階建て集合住宅(企業の社宅、延床面積40.3㎡/戸)です。



1) 改修条件の把握と建物診断




① 改修計画の経緯

事例の改修工事は、集合住宅の住戸単位における断熱改修工事の施工性の把握と、その効果の検証を目的に行った。そのため、仕上げ工事を実施していないなど一般住宅での改修工事と異なる点があり、また、断熱材として使用した真空断熱材は現在流通していない商品であるため、この改修事例は参考例として紹介する。



② 建物条件の把握

- 改修を実施した住戸は1階の中住戸で、改修前の断熱仕様は外壁に押出法ポリスチレンフォーム25mm、床面(東西和室)にネダフォーム70mm、基礎スラブ下に押出法ポリスチレンフォーム25mmであった。
- 開口部は、アルミサッシ単板ガラスであった。
- ユニットバスを撤去したところ、外壁PCと上階床スラブとの取り合いに隙間が生じていることが確認された。

改修部位	開口部(和室東)	開口部(和室西)	熱橋
断熱改修方法	手法14 2重化工法	手法14 2重化工法	手法8 外壁内張断熱工法
	床スラブに東を設置しその上に新規窓台を設置し二重化する	既存窓枠を撤去し、そこに新規の窓枠を嵌め込んで二重化する	押出法ポリスチレンフォームを貼り付ける
断熱材の種類	樹脂サッシ(単板ガラス)	樹脂サッシ(単板ガラス)	押出法ポリスチレンフォーム3種 b t=30mm
施工範囲(面積・個所)	和室東窓(掃き出し窓)	和室西窓(腰窓)	台所/ ユニットバス
施工状況	 <p>既存枠を撤去せず、新規の枠を付け足す工法とした</p>	 <p>既存窓枠を撤去し、新規の枠はめ込む工法とした。窓障子の重さに対応するため、枠下端には金属製のL字アンクルを設置し補強した</p>	 <p>ユニットバスや、台所周りの熱橋部には、押出法ポリスチレンフォームを使用し断熱補強した</p>



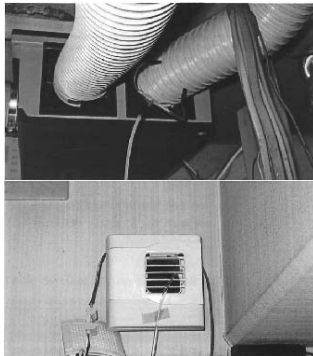
2) 改修計画と施工状況

① 改修手法の選択

- ・壁面の断熱化は、室内側からの貼付け工法のため、薄くて断熱性能の高い真空断熱材での施工を試行した。
- ・窓の断熱化は、室内側から新規の窓を付加する2重化工法を採用した。
- ・改修工事はまず窓の二重化を実施し(窓工事)、その後壁面及び熱橋の断熱改修を実施した(壁工事)。

② 施工状況

- ・掃出し窓の二重化は、既存の木枠を残し、スラブに木束を設置してその上に新規の窓枠(あらかじめ採寸し現場サイズに工場で加工されたもの)を設置した。窓障子がのった時に枠の下部がたわまないように注意する必要があり、本工事では、木束を設置した。
- ・腰窓の二重化は、既存木枠を撤去し新たな窓枠をはめ込む方法とした。ただし、既存木枠にはめ込むだけでは、新規の窓枠が障子の重量を支え切れないため、枠の下部に金属製のL型アングルを取り付け、新規の木枠を補強した。
- ・戸境壁の施工では、まず壁面に縦胴縁を設置し、その間に真空断熱材を貼り付けた。真空断熱材の4辺のみみ(30mm程度)と胴縁をタッカーによって固定した。
- ・ただし、真空断熱材は、現場でサイズの加工ができないため、あらかじめ工場で製作されたもの(現場の寸法に合わせていくつかのモジュールに加工)を使用した。
- ・そのため、真空断熱材を貼ることのできない(部材のモジュールに合わない)部分には、同厚の発泡プラスチック系断熱材を使用して断熱処置した。
- ・事前調査時に確認されたPC板の隙間には、現場発泡断熱材(スプレー缶タイプ)を吹付けた。

外壁面	戸境壁	換気改修
手法8 外壁内張断熱工法	戸境壁内張断熱工法	換気システム交換
外壁面に、断熱材一体型のプラスターボードを貼付ける。	戸境壁に、縦胴縁を設置しその胴縁間に真空断熱材を貼付ける。	
断熱材一体型のプラスターボード(40mm+9.5mm)	真空断熱材t=8mm	湿度を感知して排気風量を変動させるダクト式第3種換気システム
・和室、台所・食堂外壁面	・東西和室戸境壁面 ・和室西外壁面	—
 <p>既存壁面に断熱材一体型のプラスターボードを貼付ける。換気口やコンセントボックス周りなどはボードを切欠き設置する</p>	 <p>縦胴縁の間に真空断熱材を貼付ける。固定は、真空断熱材の耳を縦胴縁にタッカーによって固定する</p>	

③ 省エネ改修図面

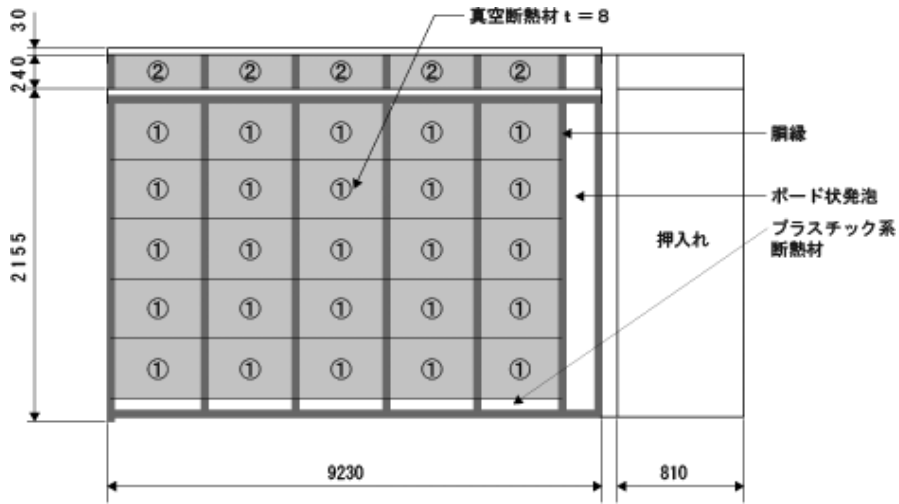


図 20 真空断熱材の割付図の例(和室西戸境壁面)

和室西戸境壁では、①と②というモジュールの真空断熱材を使用した。被覆できない部分については、ボード状発泡プラスチック系断熱材を使用した。

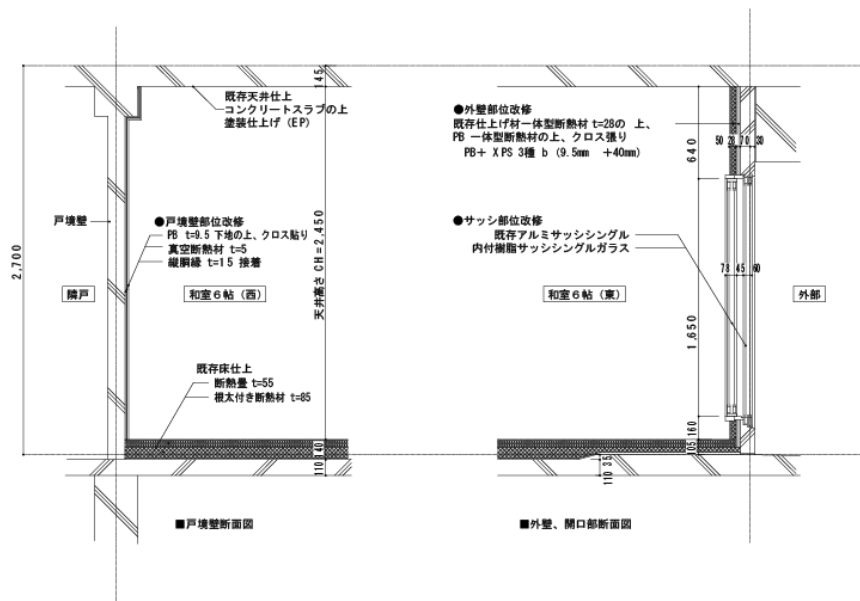


図 21 戸境壁と外壁(東面)の断面図

3) 事後検証の実施

断熱改修による性能検証として、住戸内を一定に加熱して各部位の熱流を測定しました。また、熱画像の撮影と、気密測定も実施しました。

① 気密性能

- 改修前に $5.8 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ であった相当隙間面積は、改修後に $1.6 \text{ cm}^3/\text{m}^2$ に向上した。躯体の隙間をスプレー缶タイプの現場発泡断熱材で塞いだことや、サッシの2重化による効果と考えられる。
- 図 22 は室内と外気の日平均絶対湿度の相関を示したものである。各プロットが図中の実線に近い程、室内の絶対湿度が外気の値に近いことを意味している。
- なお、開口部改修によって気密性能の向上とともに室内絶対湿度が高くなり、RC 集合住宅でよく報告される低温部分での表面結露が懸念される。この問題に対しては、換気システムの設置・運転により、絶対湿度が改修前のレベルに低下したことが示されている。

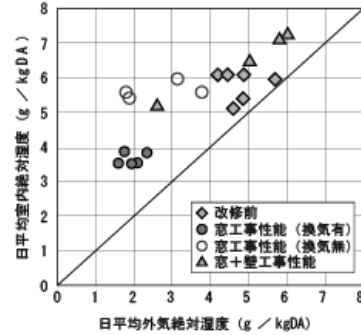
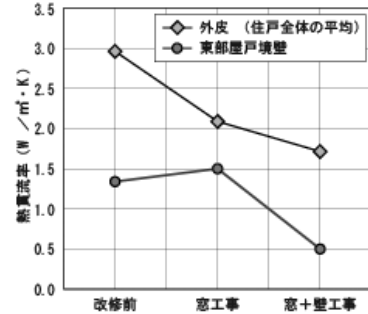


図 22 室内と外気の日平均絶対湿度の相関

② 断熱性能

- 改修前後の外皮と戸境壁の熱貫流率を実験結果に基づき推定した。
- 図 23 が示すように、開口部改修により外皮の熱貫流率が低減され、壁工事後は戸境壁の断熱性能が大幅に改善された。
- また、集合住宅においては、戸境壁の断熱強化が重要であることが示された。

図 23 改修前後の部位別断熱性能



③ 熱画像等による確認

- 赤外線カメラにより改修前後の表面温度の変化を比較した。改修前の画像では、戸境壁の入り隅部の温度が低いことが分かる。
- 特に床に近い部分は室内側に向かって温度の低い部分が広がっている。
- 壁面を断熱改修した壁工事後は、壁面の温度が高くなっていることが分かる。
- ただし、壁面に設置した同縁部分は真空断熱材に比べて温度が低く、熱橋(ヒートブリッジ)になっていることが伺える。



図 24 改修前(和室西戸境壁入り隅)(改修前:室内 24.5°C 、外気 1.5°C)



図 25 改修後(和室西戸境壁入り隅)(改修後:室内 31.5°C 、外気 12.5°C)