

33年目の改庵快居

寒い庵から快適な住まいへ

応募責任者 金子建築工業(株) 金子 一弘



外観

◇建築概要

作品名：33年目の改庵快居
建築主：金子一弘
設計者：金子一弘
施工者：金子建築工業(株)
構造：木造
階数：平屋
延べ面積：163.14㎡
竣工年月：2011年1月

◇設計の概要

この既存住宅の改修工事は、明治28年(1895年)生まれの祖父(当時85歳)が昭和53年に母屋として建てた住まいを改修したものである。この住宅の建築のため祖父はヒノキの山を買い、ヒノキの無節材を揃えた。竣工時には数年を掛けて揃えた無節の東濃ヒノキ柱を来客に自慢するのが楽しみな祖父であった。この祖父も亡くなってから、23年が経過している。「平成22年長期優良住宅先導的モデル事業」の既存改修部門で補助金を頂き、祖父が残した昭和の建物を、次

の世代へ耐震・省エネ改修して受け継ぐことにした。

建物を持ち上げ、無筋の基礎は新たに断熱した基礎として打ち直し、交換したヒノキの土台以外の構造材や土塗壁、造作材、襖、建具、畳、作り付け収納等、使用可能な部材は全て現状のまま再使用することとした。また、一部増築していた部分も当初の形へ戻して改修している。50～100年後、この地方に残る伝統的な昭和の民家として子孫が住み継いでくれることを願っている。その為に耐震性能を高くし、快適な居住性と運用時のエネルギー性能はネット・ゼロ・エネルギー化が可能であることを目指した。

◇ゼロ・エネルギー化改修工事の流れ

a) 調査と施工法の検討

省エネ改修工事では既存の建物の現状を調査し、改修後の省エネ・耐震性能の目標（小型ルームエアコン1台の能力で全館の暖冷房が可能な断熱性能及び新築同等以上の耐震性の確保）から各部位の仕様詳細、施工方法、工事予算等の検討と暖冷房負荷の試算を行う。

調査の結果、竣工後33年が経過した木造平屋建ての建物は4ヶ所にシロアリが摂食した痕跡が発見された。また、一般的にシロアリ被害が多いといわれる玄関周辺と浴室の他、西側外壁内部、広縁の床下等、冬でも日当たりが良く壁体内の温度が上昇する部位や、浴室の浴槽周辺で冬でも暖められる部位も食害されていた。その他は雨漏りの痕跡もなく、小屋裏は乾燥した状態であった。

非定常暖冷房負荷計算（AE-Sim/Heat）ソフトにより、改修前と次世代基準相当及び暖冷房負荷が同量程度となる性能の3条件で試算を行った。改修工事は暖冷房負荷が同量程度になる断熱仕様で実施した。図1は1次エネルギーの年間㎡当たり暖冷房負荷の3条件での試算値と、エアコン（2次エネルギー）による年間暖冷房負荷の実測値である。

b) 断熱・気密施工及び耐震補強

建物をジャッキ・アップし既存の基礎を解体撤去した後、建物を持ち上げた状態で基礎の外側及び底盤に断熱材（立ち上がり部：ポリスチレンフォーム B-Ⅲ種 75mm、基礎底盤外周部内側：ポリスチレンフォー

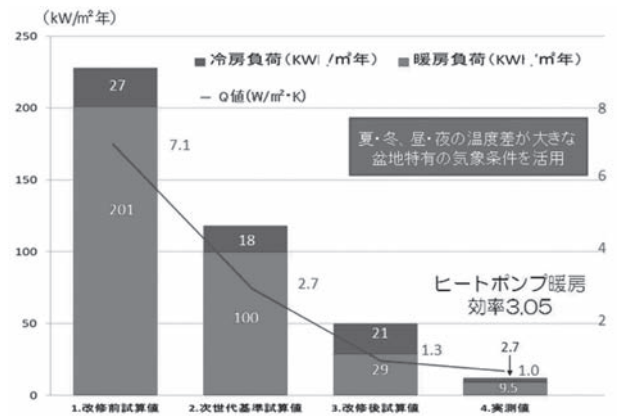


図1 年間冷房負荷のシミュレーションと実測値の比較

ム B-Ⅲ種 30mm) を配置し、配筋した後にコンクリートを打設。

この新しい基礎に気密部材を挟み新材と交換したヒノキ土台を敷き（外周部は蟻返しを設置）、この土台に建物を降ろしてホールダウン金物等で補強した。この後、外周部は荒壁と柱チリの隙間へ発泡フェノールフォーム 30mm（防湿層を兼ねる）を充填した後、耐力壁と気密層を兼ねた耐力面材（MDF 9mm）を施工している。この外周の耐力面材の他、新たに筋交や間仕切り壁に耐力壁を設け、建築基準法上の壁量の1.5倍とした。また、耐力面材のMDFは、偏芯率を考慮し釘間隔を調整している。この面材の上に45×60mmの付加断熱材の下地材を455mm間隔で横方向へ取り付け、32kg/㎡ 60mmのGWを付加断熱として充填した。

天井は桁上に下地を組み構造用合板12mmを張った後、防湿シート⑦0.2ミリを連続して張り、セルロースファイバー密度25kg/㎡ 300mmを吹き込んでいる。

c) 換気

換気はドイツ・インヴェンダー社製、第1種全熱交換型ダクトレス換気システムを常時換気として採用し、トイレや脱衣室・浴室・キッチンには第3種局所換気とした。常時換気に採用した換気扇は熱交換効率がカタログ値で91%と高効率で、DCモーターを採用している為消費電力も少なく省エネ効果が期待できる。

d) 蓄熱部位

これまで木造住宅の高断熱化を進める中で、暖房エネルギーの削減の為に熱損失を小さくすると、晴天日にはオーバーヒートや過換気による乾燥が問題となっていた。また、高断熱化をしても夜間には暖房が必要

な為、暖房設備の選定や設備の保守点検、暖房エネルギー量等、暖房設備の運用上の問題も残っている。

この問題は木造住宅に不足する熱容量をバランス良く付加することで解決ができる。その具体的な対策として、建物全体に広い面積で熱容量を付加し、吸・放熱させて室温の安定を図ること（土塗壁と蓄熱ブロック・断熱基礎コンクリートの採用）で解決している。

また、土塗壁やコンクリートブロックは多孔質で調湿機能も併せ持つ為、床下の夏型結露の発生も防ぎ室温と湿度を安定させる効果がある。木造住宅に欠落する熱容量を、温・湿度の調整機能を持つ土塗壁やコンクリートブロックを利用して補い、室温・湿度を安定させることで昼夜の温度差を小さくした上で、不足する暖冷房エネルギー分だけ小型エアコン1台を連続運転することにより、住宅全体の連続暖冷房を可能にしている。

◇暖冷房エネルギーのネット・ゼロ・エネルギー化

住宅運用時に必要なエネルギーは冷房、暖房、給湯、家電・調理と大まかに4項目に分ける事ができる。この中で暖冷房エネルギーは建物の断熱性能（熱損失量）、冬の南面開口部の窓面積（熱取得量）、熱を吸収・放出する蓄熱体の表面積（吸熱・放熱速度）、熱を蓄える蓄熱体の蓄熱量（室温の安定性）の4つの要素のバランスが快適な室温を形成する。

一般的に木造住宅は、建物の高断熱化と南面開口部からの日射を利用したパッシブ設計による暖房負荷の削減手法が用いられるが、中間期のオーバー・ヒートや、平均室温は高く出来るが日温度差（昼夜間で10℃以上の室温差）が付くなど、快適な室内温熱環境とすることが難しい。こうした木造住宅の高断熱化に伴い発生する課題を、我々は地元に残る土塗壁と基礎コンクリートの熱容量を利用し解決（土塗壁木造住宅の高断熱化）している。

a) 暖房

今回の省エネ改修工事では、33年経過した既存住宅の土塗壁の熱容量と基礎の打ち直しによる断熱基礎コンクリートで熱容量を付加した。また、床面積に対し不足する既存の南面開口面積は床下に設置した小型

高効率エアコン（2.5kW1台）の連続暖房運転で補っている。このエアコンも厳冬期の夜間には暖房能力が不足する為、床下の蓄熱コンクリートブロック（628個）をエアコンの運転効率が良い昼の間に温め、蓄熱量を確保し夜間の保温効果を得ている（図2及び図3）。

こうした要素技術のバランスは室温を安定させ（図4）、ヒートポンプの定常負荷運転による高効率な室内への熱補給で熱損失分を補い、快適で安定した室内温熱環境（図5及び図6）を実現している。

b) 冷房

夏は庇による日射遮蔽の他、庭の植栽や西側窓の外部に設置した電動ブラインドや南北に風が通る地窓等により日射の影響による室温の上昇を抑え、盛夏にも室内発生熱を1台のエアコンの連続運転で処理し住宅全体の冷房を可能にしている（図7）。この冷房期間の消費電力は暖房期間の1/4以下である。冷房期間は昼間の日照時間も長く太陽光発電との相性が良く熱容量の大きな住宅を小型高効率エアコンの定常負荷運転で連続冷房する手法は今後、普及するものと考えている。

このエアコン1台の能力による全館連続暖冷房では約1,700kWh/年の電力を消費した。この暖冷房に必要な電力量は、住宅の屋根に設置した太陽光発電パネル1.6kW分の年間発電量で賄うことが出来る。

こうした建物の断熱性能は気象データに基づき非常暖冷房負荷（AE-Sim/Heatによる）シミュレーションを行い、改修前の一次エネルギーで1/7、年間暖冷房負荷がほぼ同量に近い性能を目指した（図1）。図8及び図9は改修工事後の熱損失係数（Q値）の実測値で、試算値（1.27W/m²K）より小さな値（0.96W/m²K）となっている。

◇給湯エネルギーの削減

図10から東海地方における暖冷房エネルギー量は比較的少なく（部分間欠暖冷房が一般的）、照明・家電とほぼ同量のエネルギーが給湯に使われていることが分かる。この給湯エネルギーを効率良く削減することが、住宅の省エネには重要である。

改修した住宅が建つ岐阜県東濃地方は年間の日照時間1,941.6時間と日照量が多く、暖房期間（外気温平均15℃以下）の日照時間も771.9時間と比較的日照

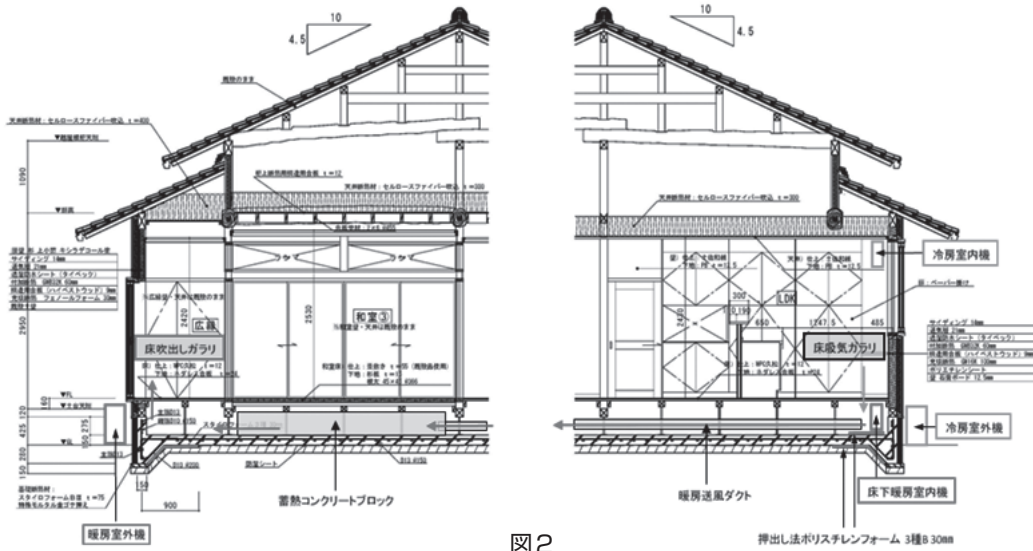


図2

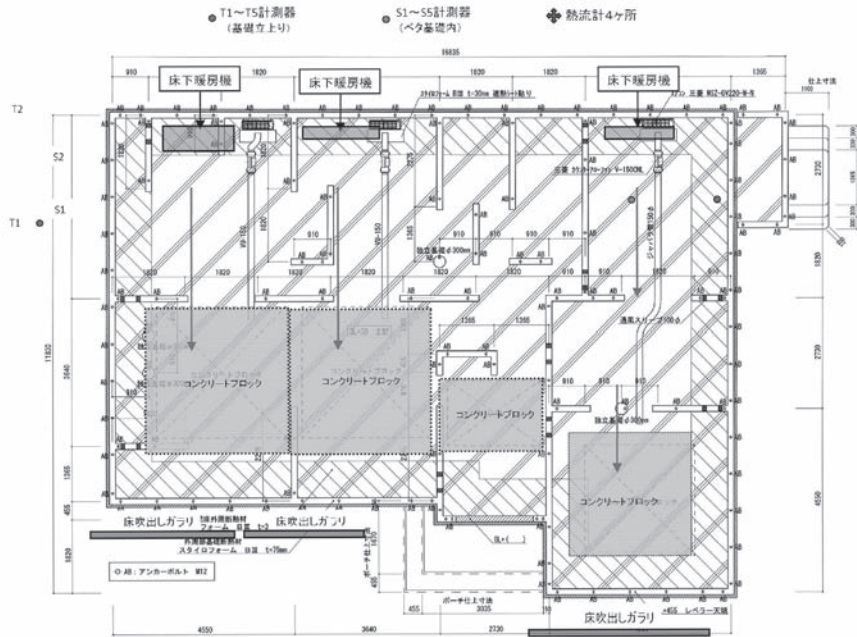


図3

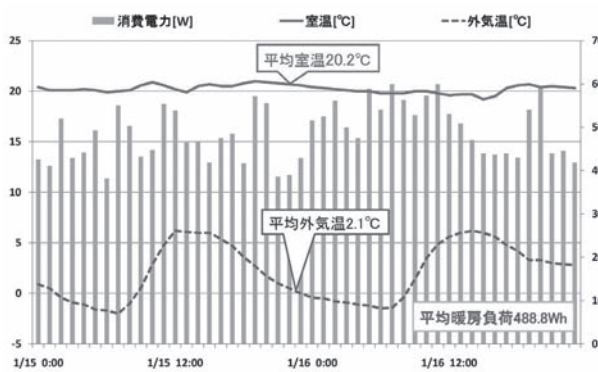


図4 冬季暖房時のエアコン消費電力量

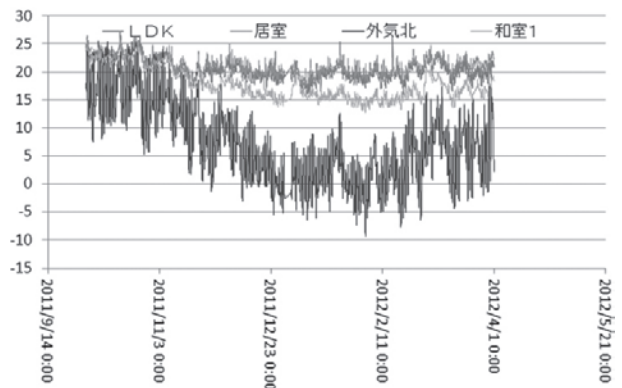


図5 エアコン暖房による暖房期間の室温の推移



築30年以上の住宅も省エネ・耐震リフォームと太陽光発電+太陽熱利用でゼロエミッション化も可能になる。

図6 昭和52年建築の自宅の耐震・断熱改修の前・後

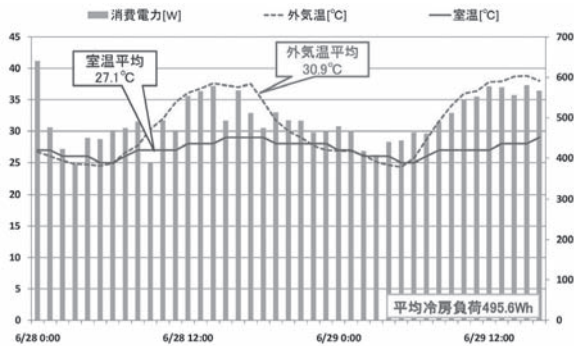


図7 夏季冷房時のエアコン消費電力量

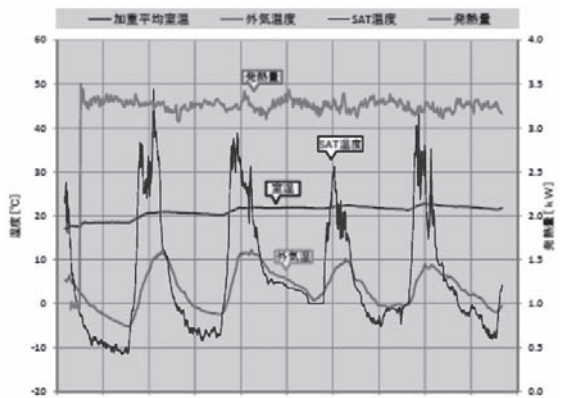


図8 平均室温及び SAT、外気温度の測定結果

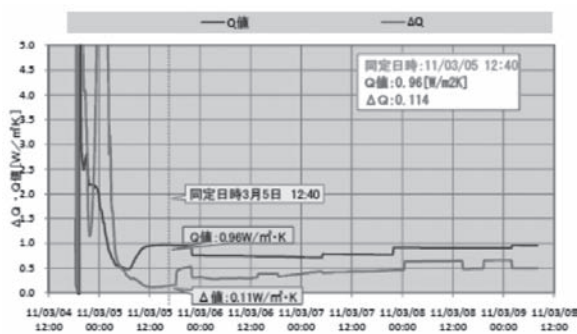


図9 熱損失係数 (Q値) の同定結果 0.96W/ m² K

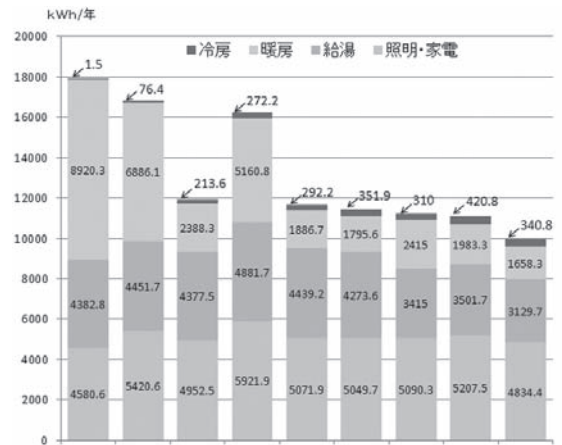


図10 運用時2次エネルギー消費量 家庭用エネルギーハンドブック 2007年版

量が多い気象条件である (図11)。また、冬には天空放射で冷え込みが厳しく、連日気温が氷点下になる。

今回の改修工事では、氷点下の外気温であっても集熱可能な真空管式太陽熱集熱器 (PV パネルと DC モーター不凍液循環ポンプを組み合わせた) と貯湯槽を組み合わせた独自の太陽熱給湯システムを採用している (図12)。この真空管集熱器は1月の太陽光入射角に合わせ、50°の角度で屋根に設置している。図13は太陽熱給湯システムの給湯負荷削減率のシミュレーション値及び月別給湯灯油消費 (1次エネルギー) 実績である。8月、9月は水道給水温が高く、1ヶ月間の給湯灯油消費量は10ℓ以下と太陽熱給湯システムの依存度が高い。

このグラフから、給湯負荷が季節により大きく変動することが解る。この冬場の給湯エネルギーの削減が、今後の住宅のゼロ・エネルギー化の鍵となる。

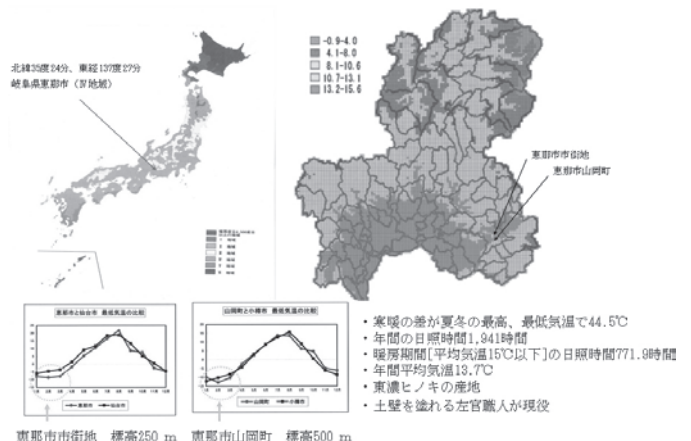


図11 研究の背景 (岐阜県恵那市の気象特性)

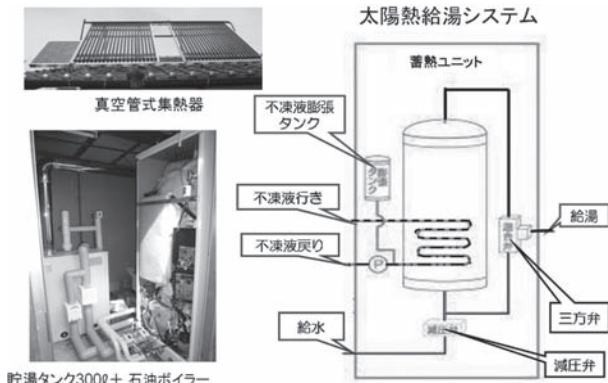


図12 恵那市における太陽熱給湯システム実測値

集熱器真空管式 真空管式2台			K邸既改修工事太陽熱給湯システム給湯負荷の試算(恵那市)					
集熱器種別(m ²)	集熱効率		BECモードを適用		貯湯タンク			
真空管	3	0.6	使用熱量	42	45	60	貯湯量	300L
			使用熱量	199	180	22		

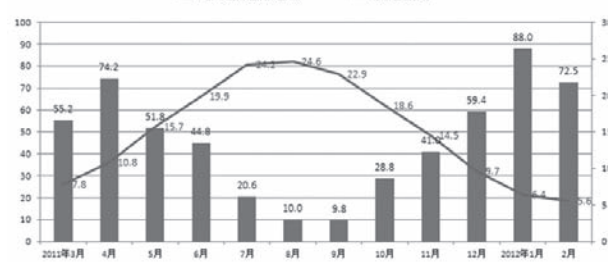


図13 太陽熱依存率と給湯用ボイラー灯油消費量(月別)

◇照明・家電(調理)の削減

改修した住宅では蛍光灯やLED照明の採用、省エネ家電(冷蔵庫、テレビ、ポット etc)への買い替えにより省エネを図っている。しかし、調理にIHヒーターを採用した点ではエネルギー効率が悪く、今後は災害の停電時にも使用可能なガスコンロの導入を検討する。

暖冷房や給湯と同様に、照明や家電のエネルギー削減には生活者の省エネに対する意識が最も重要である。

◇まとめ

この既存住宅のネット・ゼロ・エネルギー化改修は、これからの地域工務店の取り組む分野を先取りした事業となっている。図14には暖冷房エネルギー消費量及び給湯・照明・家電・調理を含む1年間の改修住宅のエネルギー消費量と太陽光発電量をグラフにした。

このグラフより太陽光発電パネル2.9kWを増設すれば全館連続暖冷房しながらネット・ゼロ・エネルギー化が可能となる。

現在の5,700万戸の住宅ストックは国民2.2人に1戸の割合で住宅が充足しており、700万戸以上の空き家があると言われ、住宅の飽和状態が定常化している。

しかし、数の上での充足状態は建物の質が伴わず、2020年の新築住宅の省エネ基準の義務化、2030年の新築住宅のネット・ゼロ・エネルギー化と共に2,500万戸の戸建て既存住宅のネット・ゼロ・エネルギー化改修工事等、住宅の省エネ化に関する仕事がこのからの地域工務店の重要な市場となり、こうした建物の省エネ改修に関する技術力が今後、地域工務店には求められると考えている。

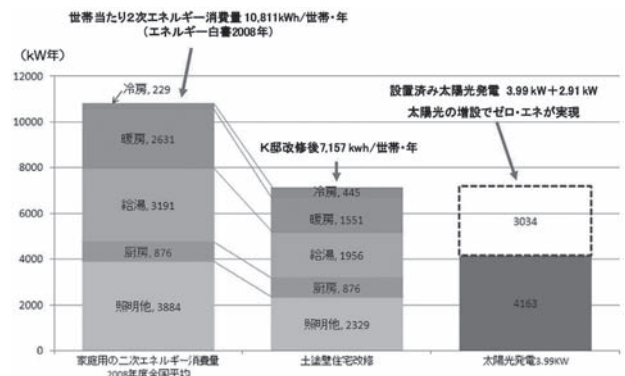


図14 既存改修木造住宅に高効率ヒートポンプ+太陽熱給湯+太陽光発電でゼロ・エネ



1・配筋 2・高圧洗浄 3・高圧洗浄前 4・高圧洗浄後 5・天端リスト 6・天端リスト 7・ジヤットアップ 8・丸太梁気密処理 9・天井気密シート 10・天井断熱(セルロースファイバー) 11・玄関扉下通気口 12・外周部ボルト熱橋処理前 13・外周部ボルトウレタン充填 14・配線気密 15・隅角部気密 16・充填断熱 17・充填断熱材と構造物材との間に気密パッキン 18・天井気密シート 19・天井照明ボックス