

地産地消型環境共生住宅

水沼 信*

Environmentally Symbiotic Housing with Local Production for Local Consumption
Makoto Mizunuma

図1 阿知須木と土の家

1. はじめに

筆者らの研究開発成果^{1)~5)}を技術移転した企業体が設計施工した「阿知須木と土の家」(図1)が建築環境・省エネルギー機構主催平成30年度「サステナブル住宅賞」の国土交通大臣賞(最高賞)を受賞した⁶⁾。

環境の価値を重視し、居住環境の豊かさを維持しながら、省エネルギーと環境負荷低減により、サステナブル社会の実現に貢献する優れた点が評価された。地域で培われてきた土壁住宅の良さを活かしながら、欠点であった断熱性能を補う工法を開発し採用している。土壁は県内で生産している竹木舞と壁土を、地元の職人が築造しており、すなわち、地域の伝統的な要素と先進技術を上手く融合させたサステナブル住宅である。さらに木製断熱ルーバー雨戸を開発し、居住者の協力を得て試作品を設置、操作性や耐久性を評価している。瀬戸内は温暖な気候であるが、高気密・

高断熱の定量的データ重視の環境計画に代わる、温熱環境保全へのチャレンジとして注目を集めている。木と土をふんだんに使った温かみのある伝統的構法を採用し、かつ長期優良住宅の認定も取得しており、技術的な普及性も高い。この技術は新築はもちろん増改築にも適応できる。

2. 阿知須木と土の家

瀬戸内海に面し廻船業で栄えた阿知須浦の首邑には居倉造と称する商家の街並みが保存再生されている。小高い丘の上にある地域の菩提寺そばにこの住宅はある。瀬戸内海沿岸部は、背後に山脈を背負い、その影響で日照時間が長く小雨温暖といった共通した気候の特徴を持っている。後背山地は都市部への水の供給源であり木材の生産地も多い。当該住宅の最大の特長は「土壁」であるが、近畿～瀬戸内～北部九州は花崗岩帯にあり、土壁に適した良質な砂質粘土が容易に入手できる。特に瀬戸内海沿岸部は「土壁」の住宅が全国で最も多く建てられている地域であり、現在も

* 経営管理部経営企画室

その施工体制が残っている。さらに海運で栄えた瀬戸内沿岸には歴史的市街地、社寺、民家等をつくってきた大工技術や左官技術など、伝統技術を受け継ぐ技術者が多く存在しており、主な木材であるスギとヒノキは良質であり、後背地の中国、四国、九州、近畿の産地から入手することができる。「阿知須木と土の家」は、地域の中小住宅生産者等と木材加工業者等が連携して省エネルギー性能や耐久性等に優れた木造住宅を整備する国土交通省地域型住宅グリーン化事業を利用し建設した。

3. 土壁外気側充填断熱工法

住宅の室内温熱環境は、健康性、省エネルギー性、快適性の観点から考えなければならない(図2)。これらは相互に影響しているが、全てにおいて正の相関関係にあるわけではない。いかにバランスさせるかが重要である。

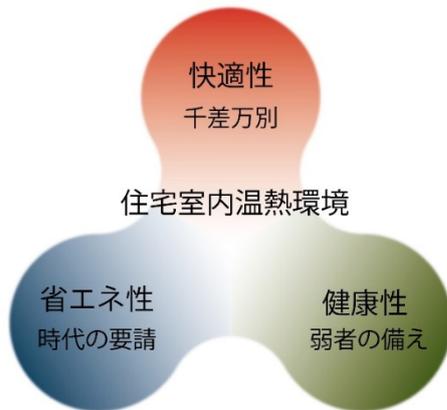


図2 住宅の健康性、省エネルギー性、快適性

住宅の健康性は当初、シックハウス症候群問題として顕在化した。住宅の機械換気が義務化され、ホルムアルデヒドをはじめとする建材などに用いられる材料が制限、改良されることによって現在は沈静化している。一方で室内温熱環境と健康の関係が疫学的調査などにより明らかになっている。ヒトは健康維持の観点では、体を温めているだけでは不十分であり、呼吸もある一定温度以上にすることが必要である。特に高齢者や病人などの健康弱者にとっては重要である。健康弱者となったときの備えとしての健康性能を基本性能として充足しなければならない。さらに快適性については、狭義の快適性のみならず積極的な快適性を加えた住宅の熱的快適性を能動的に実現する性能として考える必要がある。

従来から建築温熱環境分野で用いられている快適性は、狭義の快適性であり一般に熱的不快を感じない状態をいう。住宅の省エネルギー基準は居住時のエネルギー消費量の削減を目指すと同時に、居住者が「心地よい」と感じられる環境を形成することを目指す。この「心地よい」とはあくまでも狭義の快適性といえる。本来、「心地よい」と感じる環境の質は、居住者の居住歴、年齢や好みによって個人差がある。また、同じ居住者でも、住宅の立地条件により希求する環境の質は変わりうるものである。すなわち、居住者の希求する「心地よい」環境は千差万別でかつ変容するものである。

狭義の快適性に対して、積極的な「快適性」も存在する。オフィスのように空調で自動制御された均一的な環境と比較して在室者が自らの意志で選択、調整できる非定常な環境の方が快適域を広げることができる。行動の自由が大幅に制限される被験者の実験結果と比較して、着衣、代謝量の調整、窓の開閉、滞在環境の選択といった環境適応の自由度が高いほど不満足率が平準化し快適環境範囲が広がることが既往研究で明らかにされている。居住者自ら環境の調整に積極的に関わることにより、人が快適と感じる範囲が広がる。このことは結果として冷暖房など空調機器の使用頻度を下げることになり、省エネルギーにもつながる。

省エネルギー性能は時代の要請であるから仕方ないことと諦念し消極的に受け入れていないか。実は健康性能、快適性能を充足することが結果として省エネルギー性能の向上につながる。

健康性、省エネ性、快適性、3つの観点を総合的に考えて、住宅の室内温熱環境において第一義に必要な性能は断熱性能である。

さて、土壁と柱で構成された真壁は完成された技術であり「木と土の家」の美しさを表現する重要な要素である。これまでの研究で土壁の耐力メカニズムが明らかになり正しく施工・配置された土壁は耐力壁として十分信頼できることが分かった。一方、土壁住宅は断熱性能が低いという欠点をもつ。山口県内に立地する土壁住宅を実測した結果、漏気の大さと断熱性能の低さが明らかになった¹⁾。

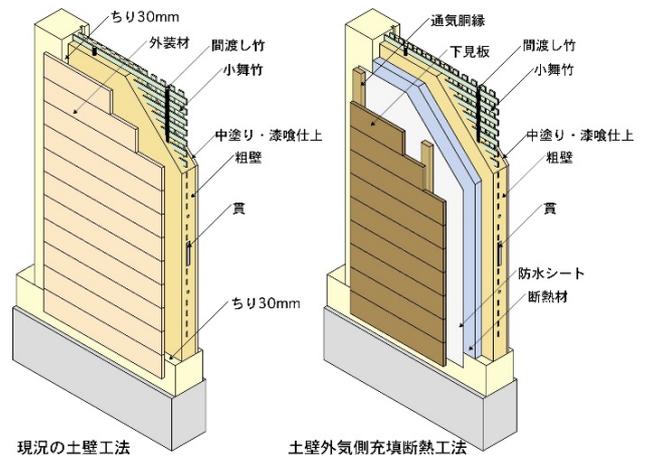


図3 土壁外気側充填断熱工法

この問題を解決するためには住宅のどの部位を改良すれば有効かを検討し、土壁外気側充填断熱工法にたどり着いた⁵⁾。

従来の土壁住宅の外壁は、柱表面に外装材を直接打ち付ける納まりが一般的であった。この場合、土壁と外装材の間に30mm程度の空隙「ちり」が生じる。土壁外気側充填断熱工法は「ちり」を有効活用する工法である。具体的には、「ちり」に断熱材を充填する、断熱材の外気側に防水シートを貼付する、外装材と防水シートの間に通気層をとる、だけの簡単な工法である(図3)。

外皮断熱化の際、懸念される問題点のひとつが壁体内部結露である。かつて北海道において断熱材が急速に普及した際、壁体内部結露により木材が腐朽する問題が頻発した。この結果、断熱材の室内側に気密シートを貼付する仕様が標準となった。しかし気密シートの施工は精緻かつ熟練技術を要する。わずかな欠損からでも壁体内部に湿気が侵入し結露する危険性がある。

気密シートを省略し各種断熱材を用いた土壁外気側充

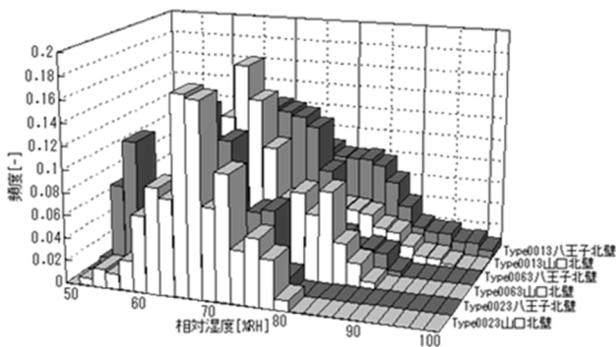


図4 壁体内部結露判定シミュレーション結果

表1 熱容量効果計算条件

外壁仕様	湿式	乾式
外壁	土壁+PF1種50mm+通気工法	PB12.5+PF1種50mm+通気工法
間仕切り壁	土壁	PB12.5+間柱+PB12.5

外気温: 山口の拡張アメダスデータ。主室において9時から15時の間、20°Cに設定したエアコンを稼働。

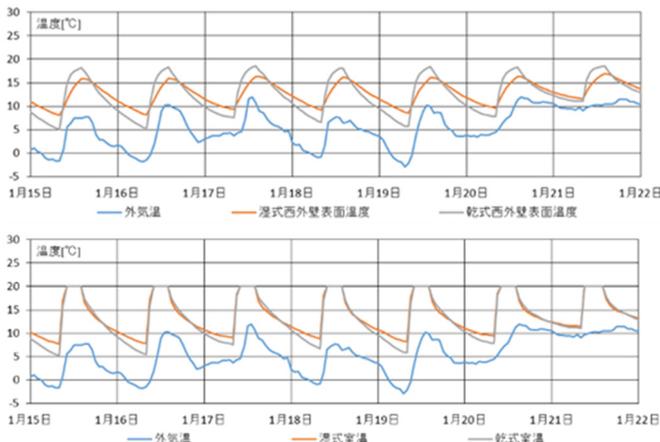


図5 土壁熱容量シミュレーション結果

填断熱工法を対象に各地(省エネ基準VI地域)のアメダスデータを外気条件とした結露判定シミュレーションをおこなった。ごく一部の条件を除き内部結露(相対湿度98%RH以上を結露と判定する)は発生しない結果となった(図4)。さらに実験室実験と実住宅実験を実施した結果、いずれも壁体内部結露は認められなかった。

土壁の特長のひとつに大きな熱容量がある。壁を土壁仕様、石膏ボード仕様にした場合の寒冷期における温熱効果をシミュレーションにより比較した。計算の結果、土壁仕様の方がエアコン停止後の室温低下が緩やかであり、ボード仕様と比較して最低温度が2、3°C高く、外気温の日変動幅が大きいほど、この差が大きくなった。また外壁室内側表面温度の最高値はボード仕様の方が高いが、変動幅は土壁仕様の方が小さかった。このことから土壁の熱容量が温度を安定させる効果が示された(表1、図5)。

4. 木製断熱ルーバー雨戸

人間は生理的に心理的にそして行動によって環境に適応しようとする(図6)。

生理的適応は例えば蒸暑期の発汗による冷却、寒冷期の身震いによる発熱である。特定の環境でこの反応が恒常的に発現するようになるには長期間を要する。心理的適応は最も影響が大きいと考えられているが定量的な評価は未解明である。「夏は暑いのが当たり前」といった心の準備がこれにあたる。行動的適応は窓の開閉、着衣の調節、活動量の変化といったものであり日常生活のなかで最も頻度が高いものである。行動的適応の自由度が高いほど快適と感じる温熱環境の範囲が広がることわがわっている。図7に示すように、行動的適応により、室内の快適性を表す指標

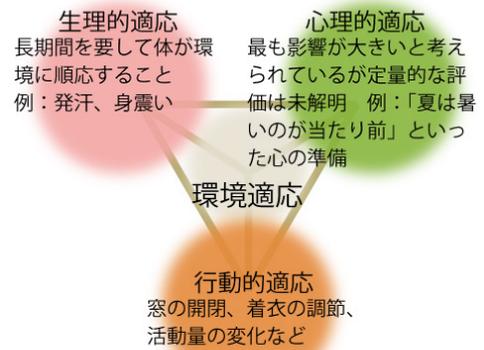


図6 環境適応

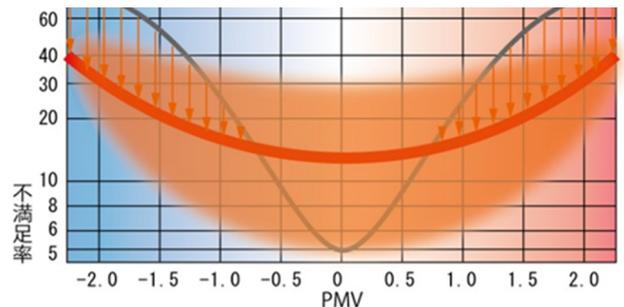


図7 行動的適応によるPMVへの影響

である PMV(予測温冷感申告)に対する不満足率が平準化するイメージである。

風や日射など季節や時間で変化する周辺の自然環境を居住者自らの意志と行動で選択できる(衣替える)仕掛けを建物自体が備えていることが重要である。この住宅に設置している「木製断熱ルーバー雨戸」は行動的適応による快適域拡大と積極的な快適性を誘引するため、自らの意志で選択可能な温熱環境調整装置(衣替える仕掛け)である。

シミュレーションの結果、蒸暑期の冷房時間、寒冷期の暖房時間を低減する上で開口部断熱の影響が大きいことがわかった。雨戸など付属品を用いることで開口部の断熱性能を向上させることが可能である。アルミサッシが普及するとともに、かつては当たり前であった夜間に雨戸を立てる光景は温暖地を中心に見られなくなった。また、夏場には通風を目的としてヨシやハギなどを組み込んだ簾戸(すだ)を紙貼り障子と入れ替えて使う、ガラス戸を網戸と入れ替えるといった習慣もなくなっている。国内全域を対象にしたアンケートにより雨戸の使い方を尋ねた結果、回答者の6割が台風など風雨対策と捉えており、防寒対策との回答は3割であった。このように雨戸の断熱効果についての認識は小さい。

「木製断熱ルーバー雨戸」は、ルーバー構造にすることで断熱機能だけでなく通風、日射遮蔽の機能も有するよう工夫している(図8)。①蒸暑期における省エネルギー対策として外皮の断熱とともに日射遮蔽が重要である。水平ルーバーにより日射遮蔽することが可能である。②日射遮蔽同様、通風も蒸暑期における省エネルギー対策として重要である。垂直ルーバーは外気を室内に取り込むウインドキャチャーとして機能する(図9)。

参考文献

- 1) 水沼 信, 澤地孝男ほか: 地域的特性を有す戸建住宅の室内温熱環境に関する実態調査研究 その2 山口県の土塗り壁住宅について, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, p. 119-120, (2000).
- 2) 水沼 信, 鈴木大隆ほか: 土壁住宅の断熱技術に関する研究 その2 山口県における実験室実験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, p. 77-78, (2002).
- 3) 水沼 信, 中園真人, 中村安弘 : もみ殻を充填した二重落とし込み木板パネルの断熱性能実験, 日本建築学会技術報告集第 22 号, p. 269-273, (2005).
- 4) 水沼 信, 中村安弘, 中園真人: 稲藁ともみ殻を主原料とするリサイクル断熱材の開発と基本性能評価, 日本建築学会環境系論文第 616 号, p. 37-43, (2007).
- 5) 水沼 信, 澤地孝男ほか: 温暖地における土壁住宅の外気側充填断熱工法の提案と断熱防露性能の検証, 日本建築学会環境系論文第 624 号, p. 175-182, (2008).
- 6) 山口民家作事組: 阿知須・木と土の家～地産地消型環境共生住宅「木と土の家」～, 建築環境・省エネルギー情報 I B E C, NO. 229, Vol139-4, p. 12-17, (2019).

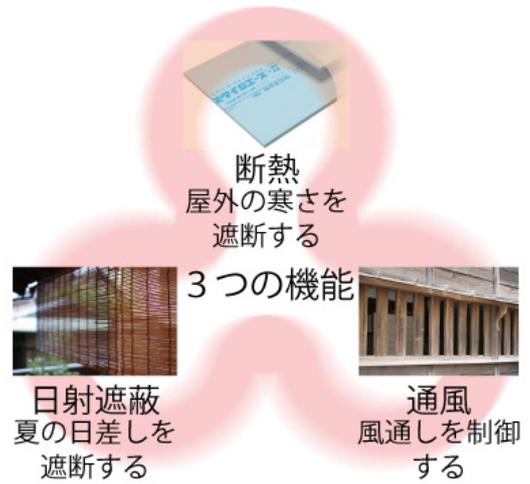


図8 木製断熱ルーバー雨戸機能

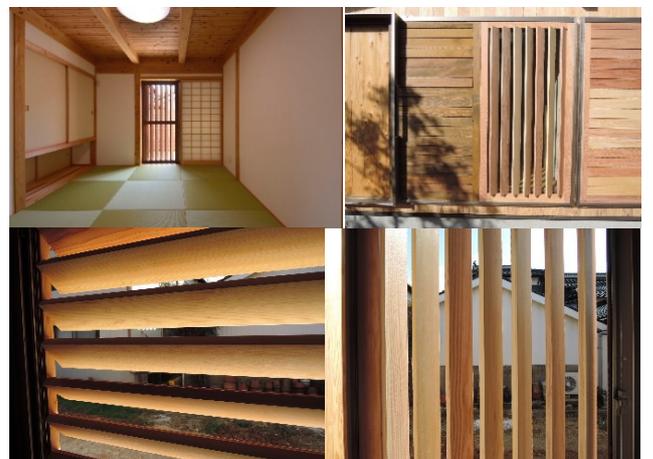
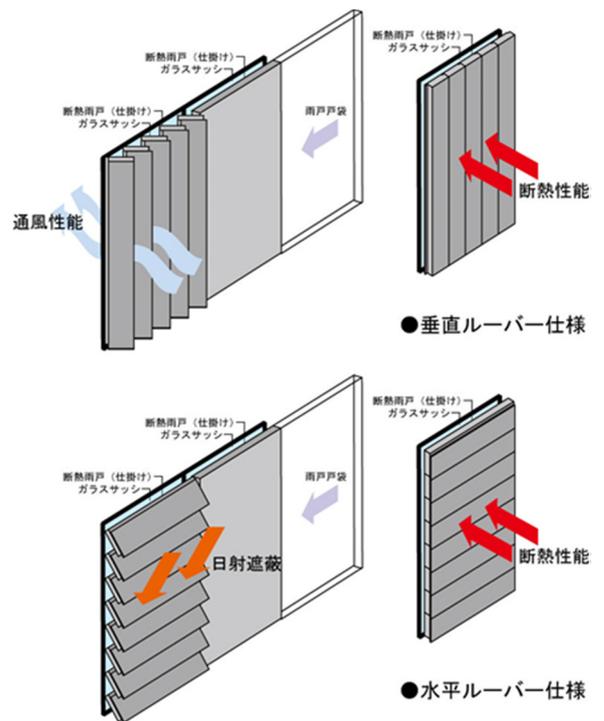


図9 木製断熱ルーバー雨戸