

木造住宅の開口部の違いが暖房負荷に及ぼす影響*

熊本県阿蘇市における熱負荷計算

岡 部 省 吾**
須 貝 高**
石 田 卓**

Influence of the Opening of the Wooden House on the Heating Load Thermal Load Calculation in Kumamoto Prefecture Aso City

Shogo OKABE** Takashi SUGAI** and Taku ISHIDA**

Heating load will be many for the lowest temperature in year is 10 °C below zero in Kumamoto Prefecture Aso city of cold region. This report is investigated the heating load by differences of opening in house that was compliant with the thermal insulation of the next-generation energy conservation standards.

Type of opening is as follows.

- 1) A type: aluminum sash + double glazing + lace curtain
- 2) W type: aluminum sash + double glazing + Shoji (Japanese paper)

We used "SMASH for Windows ver.2" (No.1, Ministry of Land, Infrastructure and Transport Minister certification) to calculate the heating load. Meteorological data are used EA (expanded AMEDAS) weather data (standard year). Observation point of EA weather data is entered in Kumamoto prefecture Aso city Kurokawa. The result of the calculation, W type is the effect of energy saving of 62% from A type. It should be noted that the heating temperature in the room is 18 °C. If such this phenomenon follow every year, it would be a significant energy saving. Namely, We know that countermeasure of the opening is the most important energy-saving houses in cold environments, it's impossible to miss the thermal principle of Shoji of one of Japanese traditional material.

Key Words : Wooden House, Heating Load, Shoji(Japanese Paper), Lace Curtain,
Room Temperature, Floor Surface Temperature

1. 目的

日本の人口も高齢化社会になっている。特に寒い地域では、住宅の省エネルギー化、それに伴う熱的視点での居住者の健康性なども問題になっている。具体的には、室温の低さ、特に日本人は素足で生活しているので、靴下一枚で生活しているため、唯一住宅に接している床面

温度の低下なども大きな問題である。そこで、住宅全体からの失熱を検討すると、天井、壁、床などに比べ、開口部から逃げる熱が圧倒的に多い。そのため九州では、大変寒い環境の熊本県阿蘇市において、同じ面積の住宅モデル（戸建木造住宅）を用いて、A住宅とW住宅を比較した。2住宅には次世代省エネ基準に合うように、天井、壁、床面に各々の別々の断熱材を入れた。A住宅は次世代省エネ基準の最低値の断熱材を入れ、また開口部

* 平成 26 年 11 月 30 日受付
** 建築学科

はアルミサッシ・複層ガラス・レースカーテンとした。一方、W住宅は開口部をアルミサッシ・複層ガラスに断熱性の高い和障子を付加した。A住宅は天井、壁の断熱性能が高いが、開口部は低い。そこでA住宅とW住宅とで、いずれが暖房負荷が小さいかを分析する。

その分析は阿蘇市に近い気象データを用いて両住宅の暖房負荷の算出、室温、床表面温度の比較を行う。それによって、年間の暖房負荷、室温・床面温度を明確にする。いずれも省エネルギーになれば、居住者の温熱環境の面から健康的な住宅になる。そこで、阿蘇市に近い黒川の拡張アメダス気象データ(標準年)内の外気温度を表1に示す。熊本県阿蘇市は寒い地域であり、暖房負荷が大変多いことが予想される。

表1 熊本県阿蘇市黒川の外気温度

季節	温度(°C)		
	最高	平均	最低
夏 (7~8月)	30.5 〔 7/29 14:00 〕	23.0	15.0 〔 8/30 5:00 〕
冬 (1~2月)	18.3 〔 2/16 12:00 〕	1.8	-10.3 〔 2/26 20:00 〕

同表から、冬の暖房負荷が圧倒的に多い。冬季には阿蘇市の平均温度が1.8°Cである。

2. W住宅とA住宅との断熱性の違い

W住宅とA住宅の天井・壁・床・開口部の断熱性の違いを表2に示す。

A住宅の方がW住宅に比べ天井では1.38倍、壁では2.34倍高いが、開口部では0.69倍と低いことがわかった。ここで冬季に熱の逃げる開口部のレースカーテンと和障子の断熱性について分析する。

省エネ基準改正前^{注1)}の第IV地域である次世代省エネ基準の開口部の最低基準はアルミサッシ+複層ガラス+レースカーテンがあった。レースカーテンは日射の侵入

を防止するため、開口部に取り付けるものであり、冬季で考察するとレースカーテンは上下ともに、開放であると省エネ基準内に定めている(図1)。そのため、熱抵抗は0である。

また、2013年10月1日の省エネ基準改正(施行)後の省エネ基準ではレースカーテン、内側ブラインドなどで居住者により竣工後に取り換えられるものは認めず、建築的に取り付けられる開口部の付属部材(和障子、外付けブラインド)しか認めないことになった。そこで寒い阿蘇市にあるW住宅では改正前から各室にカーテンの代わりに、和障子を設けていた(図2)。和障子を設けると複層ガラスとの間に断熱性の高い密閉空間ができ、さらに和障子の表面は紙の毛羽立った空気層が生じ、室内は風速が弱いため、両側(外側・内側)には大きな熱伝達抵抗の効果が発生する。そのため開口部は大きな断熱力を持つことになる。

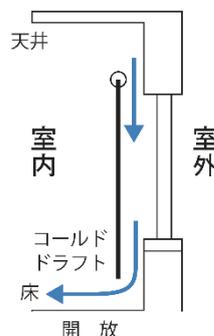


図1 冬季、レースカーテンの熱抵抗は0

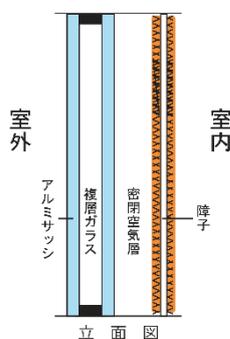


図2 和障子をもった開口部の断熱力の効果

複層ガラスの内側に和障子(和紙)を設ける。そこに密閉空気層ができ、さらに和障子の表面は紙の毛羽立った空気層が生じ、室内の風速が弱いため、外側・内側に大きな熱伝達抵抗の効果が発生する。そのため開口部は大きな断熱力を持つ。

表2 2棟の断熱材の種類・厚み・熱伝導率

住宅		天井	壁	床	開口部
A住宅	断熱材の種類	押出法 ポリスチレン フォーム3種	同左	同左	アルミサッシ 複層ガラス(A12) レースカーテン
	厚み(mm)(d)	40	23.5	40	3.89
	熱伝導率(W/m・k)(λ)	0.028	0.028	0.028	
	断熱材の値 d/λ(W/m ² ・k)	1.43	0.84	1.43	
W住宅	断熱材の種類	ロックウール	同左	押出法 ポリスチレン フォーム3種	アルミサッシ 複層ガラス(A12) 和障子
	厚み(mm)(d)	75	75	40	2.68
	熱伝導率(W/m・k)(λ)	0.038	0.038	0.028	
	断熱材の値 d/λ(W/m ² ・k)	1.97	1.97	1.43	
A住宅とW住宅の 断熱材の値(W/m ² ・k)の比較		A住宅はW住宅の 1.38倍高い	A住宅はW住宅より 2.34倍高い	同じ	A住宅はW住宅より 0.69倍低い

3. 分析

ここでレースカーテンを用いたA住宅と和障子を用いたW住宅との年間暖房負荷、室温、床表面温度を同じ住宅モデルで分析する。

3-1. 分析内容

- A. 住宅モデルは「建築学会標準問題戸建住宅モデル（IV地域）（1階の床面積：60.86㎡，2階の床面積：60.87㎡，延床面積：121.73㎡）」とする。（図3）
- B. 分析するソフトは住宅用熱負荷計算プログラムSMASH for windows ver.2（国土交通大臣認定第1号）を使用し、拡張アメダス気象データ（標準年）はW住宅の近くの阿蘇市黒川の値を入力する。
- C. 室内の温度設定は、省エネ基準改正前の、全室を暖房18℃，冷房27℃にして、年間暖冷房負荷の最低基準値460[MJ/㎡・年]内であるかを判断する。次世代省エネルギー基準を満たす開口部の最低仕様はA住宅でアルミサッシ+複層ガラス+レースカーテンである。W住宅の場合はレースカーテンのかわりに和障子を設けた和障子は次のようにソフトを考慮した。冬・夏の昼間は日射熱が入るように全面開，夜間は熱損失を抑制するため閉にした^{注1)}。ただしを設けない箇所は，1階では台所・浴室で，2階では納戸・階段・クローゼットである。
- D. 最も寒い期間の部屋の室温及び素足で生活するために床表面温度を分析する。

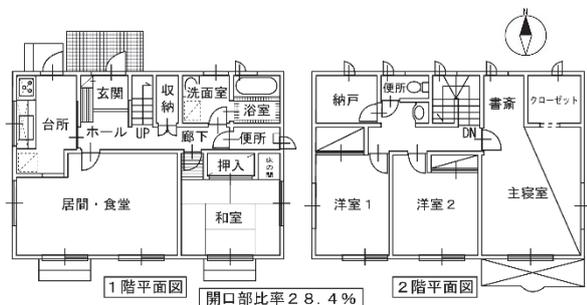


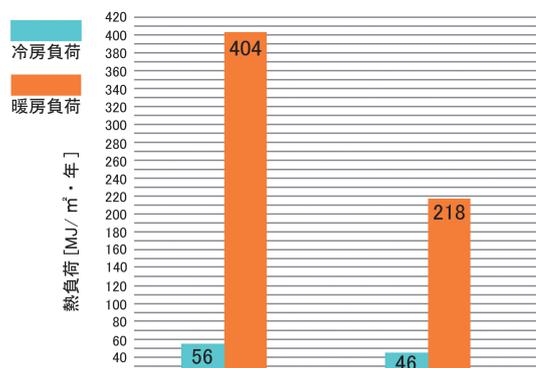
図3 住宅モデル図

（延床面積：121.73㎡，開口部比率＝開口部面積/床面積×100で，28.4%は地域IVでは一般的な値）

3-2. 住宅とW住宅との年間暖冷房負荷の比較

両住宅の年間暖冷房負荷を算出した結果が，図4である。いずれの住宅も年間暖冷房負荷の最低基準値460(MJ/㎡・年)内であるので，次世代省エネ基準に入っている。また圧倒的に大きいのが暖房負荷である。図4から暖房温度は18℃で算出しているので，A住宅に対して，W住宅の効果は＝43%（＝100－57%）の省エネルギー化である。毎年このような現象が生じることになり，大幅な省エネルギー住宅になる。このことは天井・壁・床に十分な断熱力を持たせることは大切であるが，最も熱の逃げ易い開口部の断熱化が何と言っても重要で

あることが理解できる。またW住宅の設計・施工社は省エネ基準改正前から開口部には精度の高い和障子を設けていた。



住宅		A住宅	W住宅
開口部	ガラスなど	複層+レースカーテン ※1	複層+和障子 ※2
	サッシ	アルミ	アルミ
年間暖冷房負荷 (MJ/㎡・年)		460 (100%)	264 (57.4%)
暖房負荷 (MJ/㎡・年)		404	218
割合		100 (%)	54.0 (%)
冷房負荷 (MJ/㎡・年)		56	46
割合		100 (%)	82.1 (%)

※1 冬はレースカーテンの熱抵抗は0
 ※2 和障子を取り付けない箇所
 1F(台所,浴室) 2F(納戸,階段室,クローゼット)
 使用ソフト
 SMASH for Windows ver2 住宅用熱負荷計算プログラム
 (国土交通大臣認定第1号)
 暖冷房の設定
 室温 18℃暖房, 暖房期間以外は室温 27℃冷房, 換気は第三種
 (財団法人建築環境・省エネルギー機構が定めた)

図4 熊本県阿蘇市のA住宅とW住宅との年間暖冷房負荷の比較

5地域（阿蘇市黒川の標準気象データで分析）

3-3. A住宅とW住宅との居間・和室を20℃にした時の各室の温度変化

最も寒い外気条件下（2/23～3/1）で，両住宅の居間・和室を20℃にした時の温度変化を分析する。分析する項目は2つあり，1つは室温，次は床表面温度である。日本人は住宅内では素足で生活するので，足裏の温度の低下は血圧の急激な上昇をもたらし，身体上にも有害な悪影響が生じる。両住宅の各室の温度・床表面温度の変化を図5～12に示す。表3にはA住宅とW住宅との各室毎の温度差に対する分析を行った。いずれの各室の温度もW住宅の方が高かった。特に，室温に差がついたのは，明け方の6時頃である。2階では2.5～3℃と高く，1階では2～2.5℃高い。室温が高い理由は各室の天井面，壁面，開口部の表面温度も高いことによる。このような現象は冬の期間中に生じている。

一方では床表面温度の両者の差は2階では2.2～2.5℃位であり，1階では2℃位高い。特に1階の洗面所及びトイレでは2℃高い。特に開口部に和障子を設けることによって，このように住宅全体の温度を上昇させてい

表3 A住宅とW住宅との最低値住宅との各室の温度差 (期間: 2月23日~3月1日)

温度		両住宅に温度差 が最もある箇所 (夜間・℃) 2月27日	寒かった時の 温度・A住宅 (夜間・℃) 2月27日	温度差が 最もある箇所 (日中・℃) 2月28日	暖かかった時の 温度・W住宅 (日中・℃)	当期間の 平均温度とその差 (℃) W住宅-A住宅		
室名								
2階 洋室1	室温	3.0	1.0	6.5	23.5	W住宅 11.8	A住宅 8.4	3.4
	床表面 温度	2.5	4.0	9.0	29.5	W住宅 14.3	A住宅 10.9	
2階 主寝室	室温	2.5	0.5	5.0	18.0	W住宅 11.0	A住宅 8.1	2.9
	床表面 温度	2.2	4.0	6.0	21.0	W住宅 13.4	A住宅 10.5	
1階 トイレ	室温	2.0	7.0	3.0	17.0	W住宅 13.8	A住宅 11.7	2.1
	床表面 温度	2.0	7.0	9.0	26.0	W住宅 14.9	A住宅 12.2	
1階 洗面室	室温	2.5	5.0	2.0	16.0	W住宅 12.4	A住宅 10.2	2.2
	床表面 温度	2.0	5.5	2.0	16.5	W住宅 12.5	A住宅 10.3	

る。ただし、1~2月の最低温度はマイナス10℃位と低く、2階は無暖房であるので夜間の温度は低い。1階は居間・和室を暖房しているので、水廻り空間（トイレ、洗面室）でも多少高い。また当期間の平均温度及び両住宅の差は2.1~3.4℃との差があった。

4. まとめ

熊本県阿蘇市黒川の拡張アメダス気象データ(標準年)では、冬季最低温度がマイナス10.3℃になっている。そこでW住宅では天井・壁の断熱性は低下していたが、最も熱の逃げる開口部の熱性能を上昇させようとレースカーテンを和障子に変えた。省エネ基準改正前の省エネ基準では開口部はアルミサッシ、複層ガラス、さらに夏の日射の侵入防止のため、レースカーテンになっていた。しかし、冬季の熱抵抗は0である。一方、W住宅では冬季の寒さ防止のため、最も重要な開口部はレースカーテンではなく、断熱性の高い和障子にしていた。冬季の暖房負荷を分析すると、次世代省エネ基準の中に入っているアルミサッシ、複層ガラス、レースカーテンが100%とすると、レースカーテンの代わりに和障子を設けると62%になっており、約43%の節約になっていた。さらに省エネ基準改正後では建築的に取り付けられる開口部の付属部材は和障子・外付けブラインドしか認めないことになった。冬季、寒い環境下では開口部の熱的強化が最も大事である。日本の伝統的な和障子そのものの熱的原理が明確になり、住宅全体の省エネルギー化に対する効果も十分あることが分かった。

注1) 省エネ基準改正前の施行日とは、2013年10月1日以前である。その後改正は経過措置(1年半)として2015年4月1日までとしている。

注2) 和障子の日射遮蔽係数と熱貫流率を考慮して、和障子を昼に全開、夜に閉にした。

表1 気候特性と和障子の日射遮蔽係数・熱貫流率・開閉など

季節	昼・夜	気候特性	日射遮蔽係数 ※1	熱貫流率 (W/m ² ・k) ※1	和障子の開・閉
冬	昼	表1より平均温度は1.8℃日射熱の侵入と蓄熱	0.898	4.65	開
	夜	表1より最低温度は-10.3℃熱損失の抑制	0.432	3.38	閉
夏	昼	表1より平均温度は23℃	0.898	4.65	開
	夜	表1より最低温度は15℃	0.432	3.38	閉

※1) 数値はアルミサッシ+普通複層ガラスに和障子の有無を考慮した値

謝辞

渡辺建設(株)の方々に、木造住宅(W住宅)の図面、断熱図などの資料について、協力を頂きました。心から感謝の意を表します。

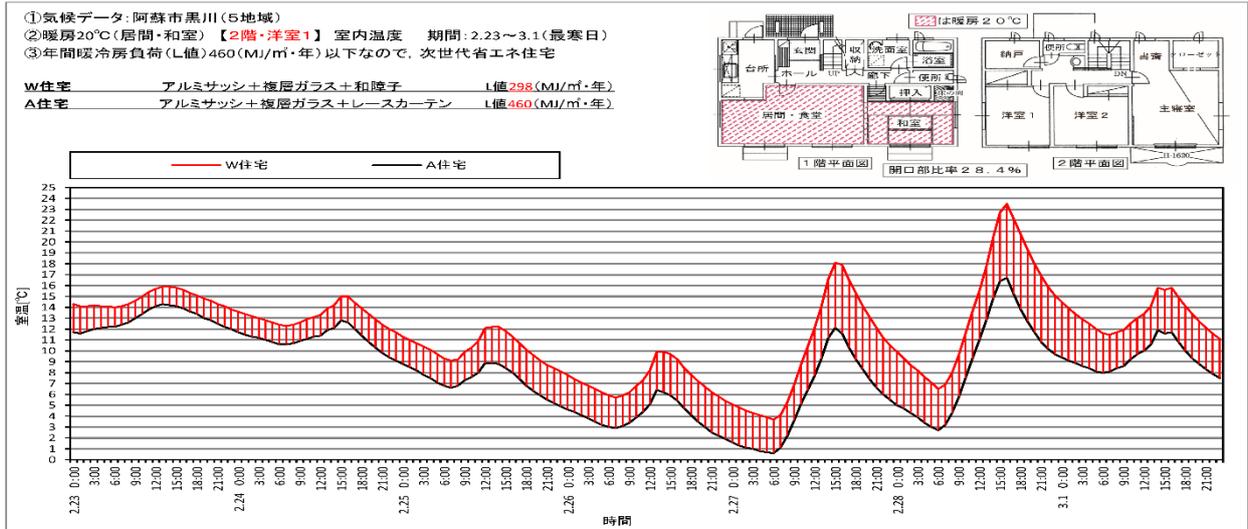


図5 両住宅の居間・和室を20°Cにした時の2階・洋室1の室温

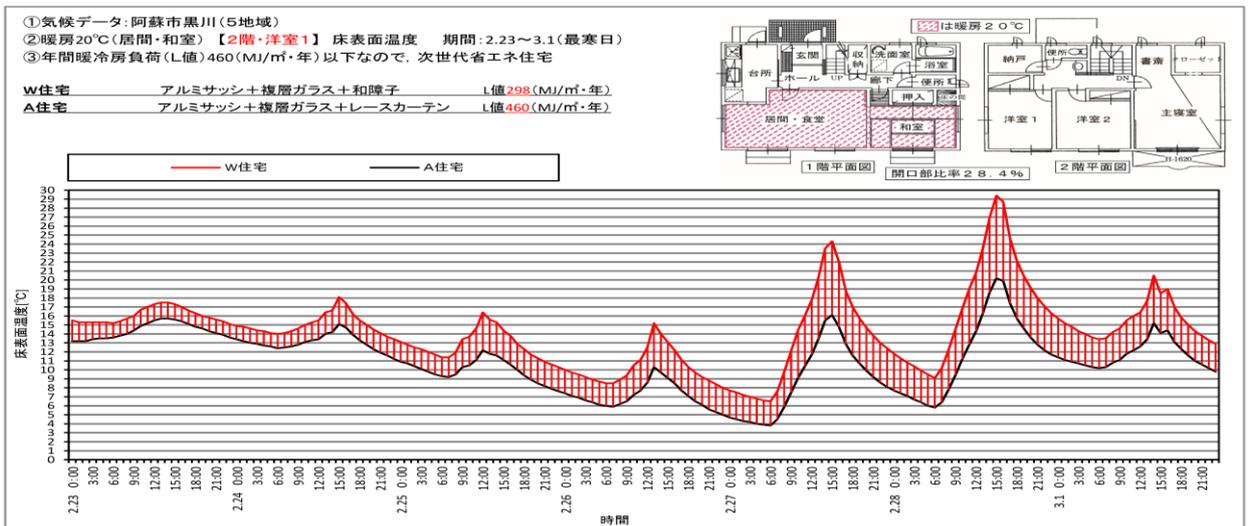


図6 両住宅の居間・和室を20°Cにした時の2階・洋室1の床表面温度

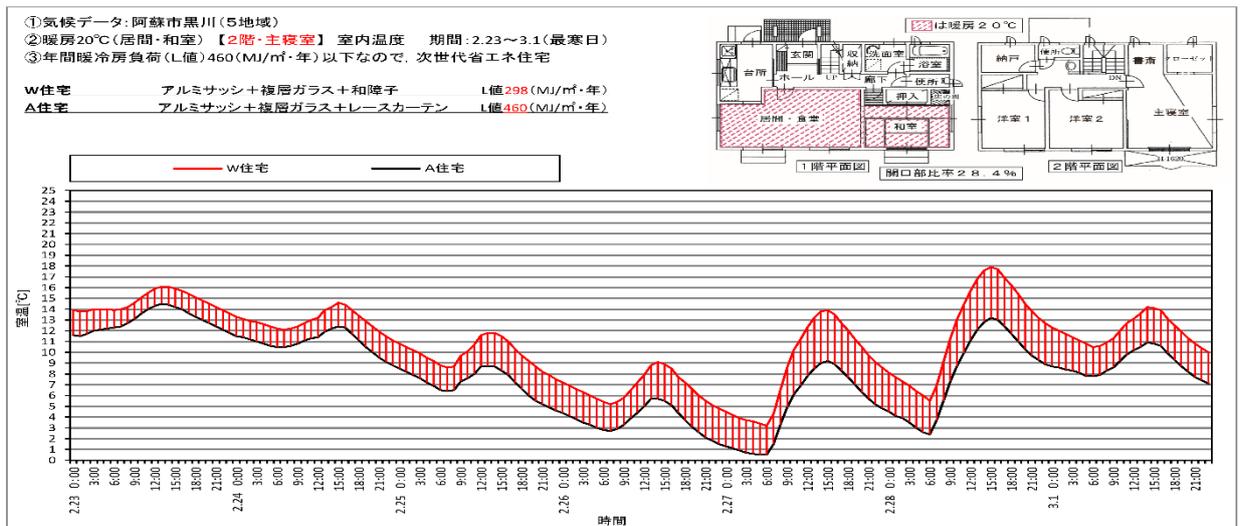


図7 両住宅の居間・和室を20°Cにした時の2階・主寝室の室温

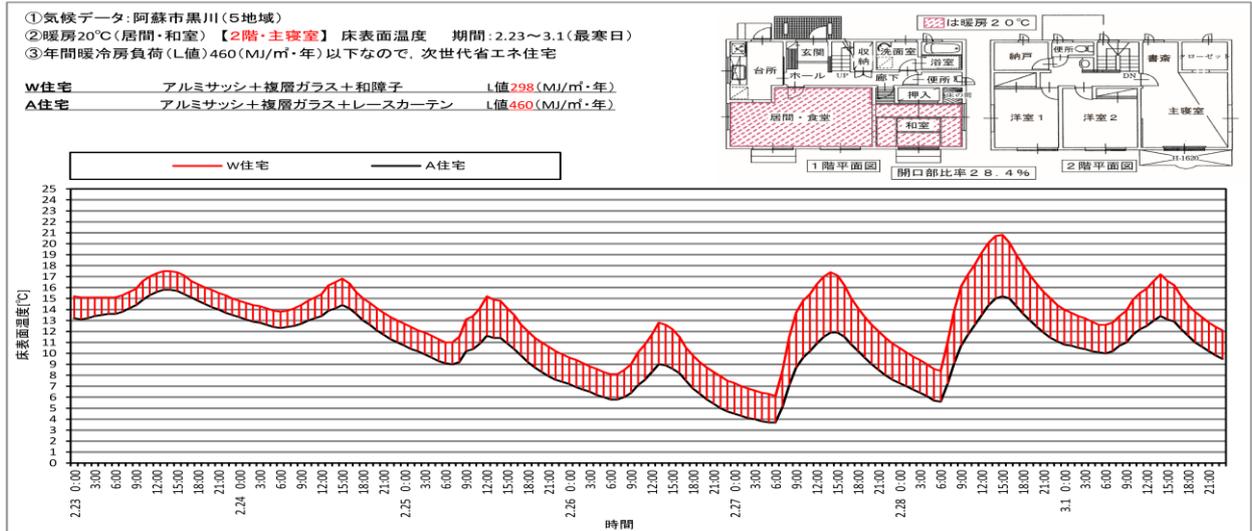


図8 両住宅の居間・和室を20°Cにした時の2階・主寝室の床表面温度

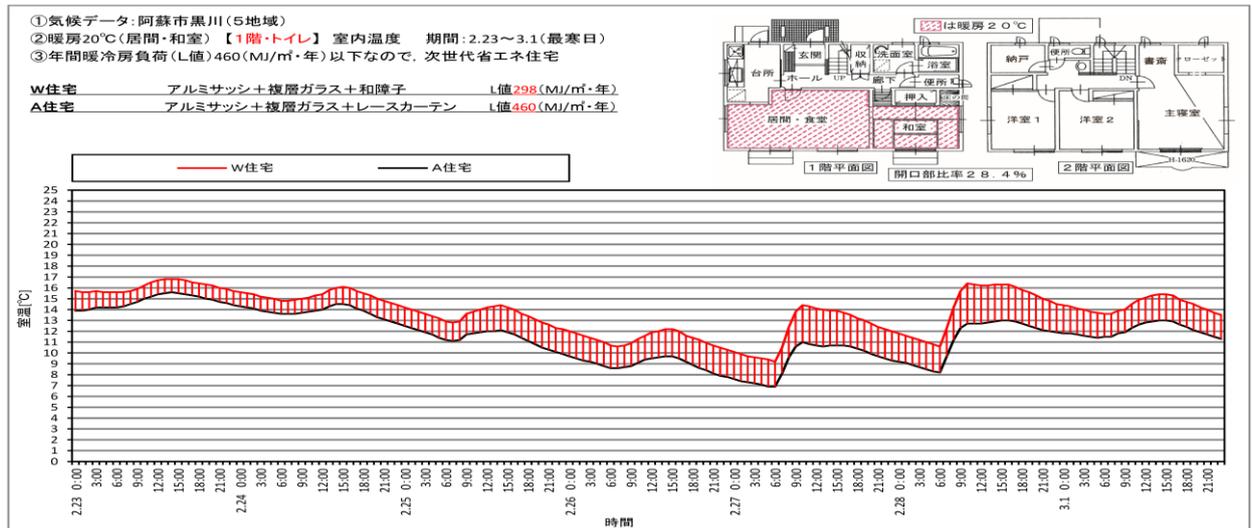


図9 両住宅の居間・和室を20°Cにした時の1階・トイレの室温

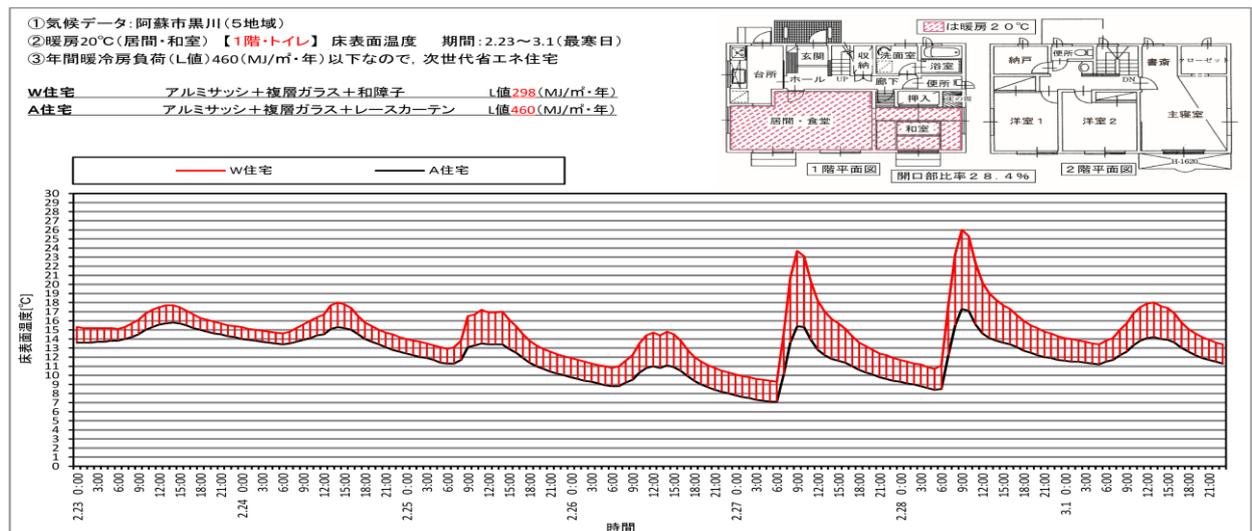


図10 両住宅の居間・和室を20°Cにした時の1階・トイレの床表面温度

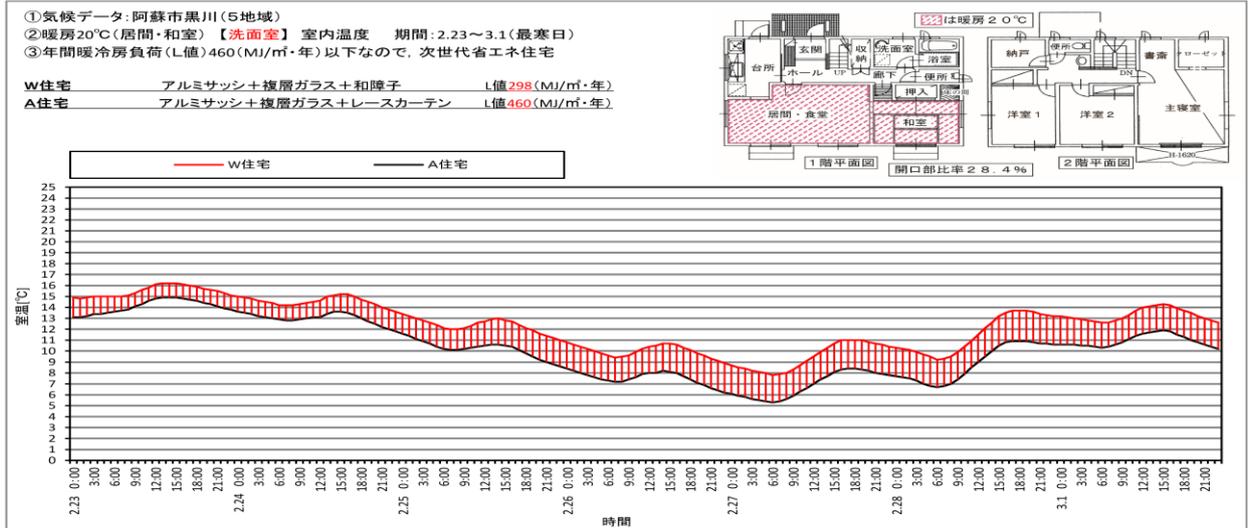


図 11 両住宅の居間・和室を 20°Cにした時の 1 階・洗面室の室温

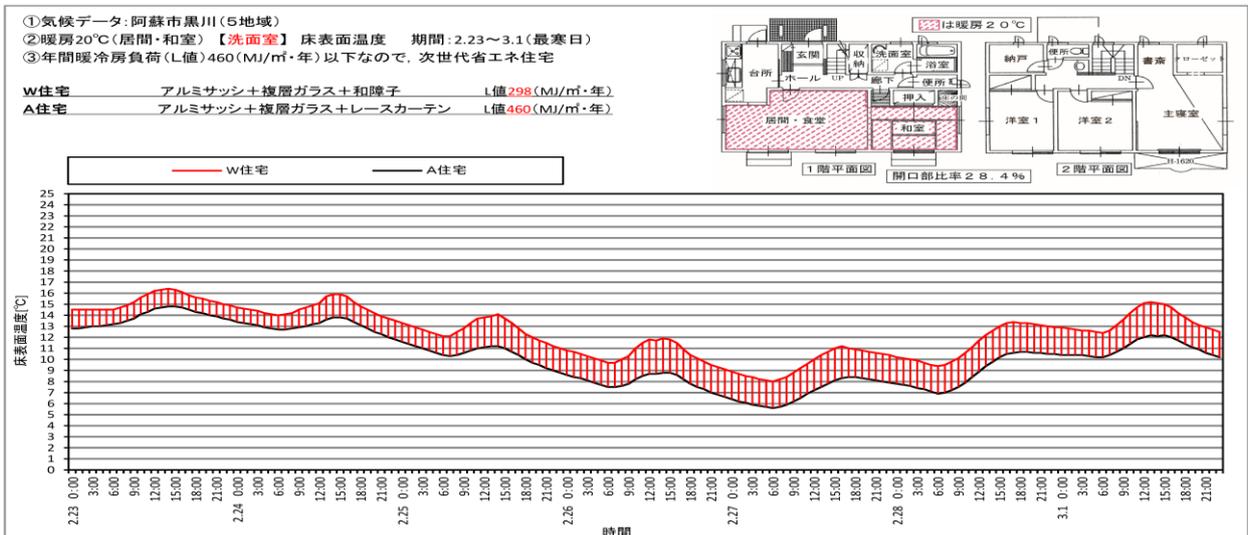


図 12 両住宅の居間・和室を 20°Cにした時の 1 階・洗面室の床表面温度