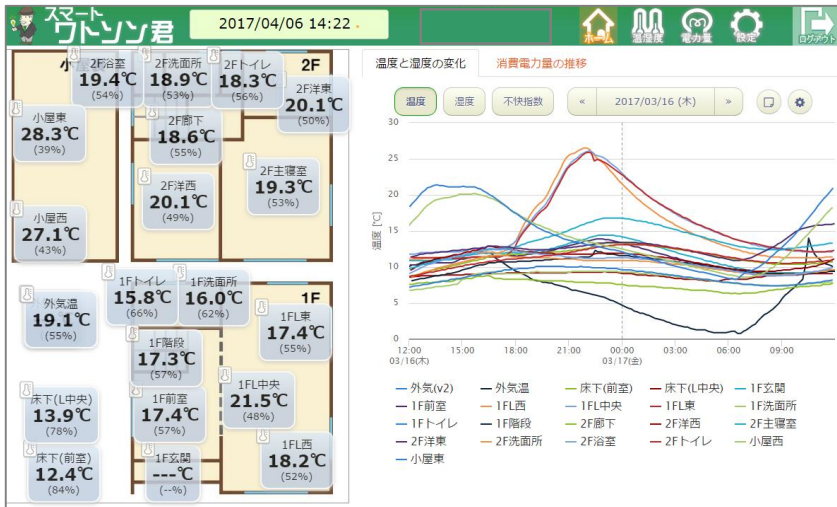


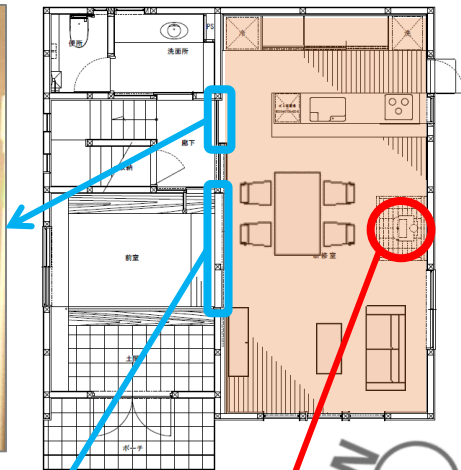
パッシブ設計オプション 室温シミュレーションと実測温度の比較 薪ストーブ編



2018/5/25

概要

1階



1階リビングに設置された薪ストーブを17時～22時まで稼働した場合の、実測の室温と「パッシブ設計」(*)のシミュレーションで求めた室温との比較を行う。

■暖房器具

薪ストーブ(輻射式) 最大出力：13.7kW
バーモントキャスティングス社
アンコール model 2550

■薪ストーブの稼働日時

※薪ストーブで薪を焚いている時間

2017/3/16 17:00～22:00 外気温：6～11℃

2017/3/17 17:00～22:00 外気温：7～12℃

■内部建具

3/16：閉めきり

3/17：開放

■居住者

あり

【シミュレーション条件】 気象データは、実測した外気温、湿度、および日照時間（気象庁のデータベースから建設地に近い観測点の値）、さらにこれらを元に算出した日射量、夜間放射量を用い、シミュレーションを行った。

※ホームズ君「省エネ診断エキスパート」のオプション、室温・動的熱負荷計算が行える

建物概要および確認項目

リフォーム歴のある既存物件において、薪ストーブ暖房による室温の実測温度と「パッシブ設計」の室温シミュレーション結果の比較を行う

▼建物情報

竣工年：1997年（リフォーム歴あり、リフォーム前Q値：4.03）

建築地：茨城県つくば市（地域：5）

床面積：139.95㎡（1F：69.15㎡ 2F：70.80㎡）

UA値：1.09[W/m²K] Q値：2.74[W/m²K]

▼主な断熱仕様

屋根：押出法ポリスチレンフォーム40mm(U値：1.00)

外壁：グラスウール10K75mm(U値：0.92)

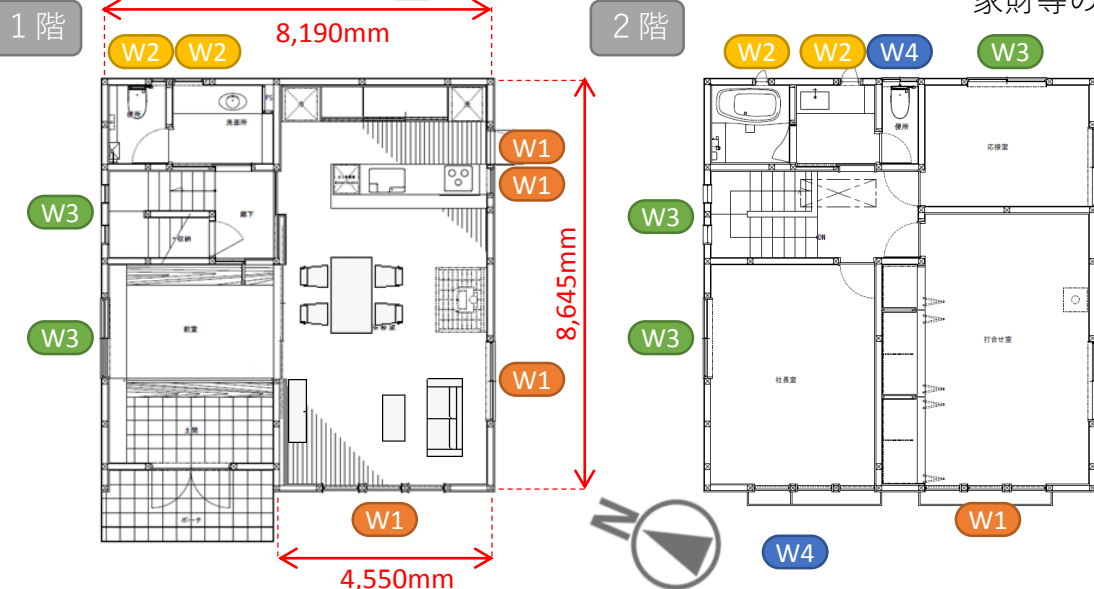
床：ビーズ法ポリスチレンフォーム40mm(U値：0.86)

開口：樹脂サッシLowE複層A9 (W1)

樹脂サッシ複層ガラスA10 (W2)

金属サッシ単板+樹脂サッシ単板 (W3)

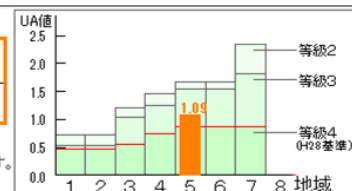
金属サッシ単板 (W4)



外皮平均熱貫流率 UA値 (W/m²K)

| 基準値 | | | 算定値 | 判定 |
|--------|--------|--------|------|-----|
| 等級2 | 等級3 | 等級4 | | |
| 1.67以下 | 1.54以下 | 0.87以下 | 1.09 | 等級3 |

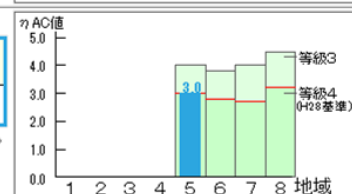
「建物内外の温度差が1℃の場合の部位の熱損失量の合計」を「外皮等面積」で除した値です。値が小さいほど熱が逃げにくいので、省エネ性能が高いといえます。等級4の基準は、平成28年省エネ基準レベルです。



冷房期の平均日射熱取得率 ηAC値

| 基準値 | | 算定値 | 判定 |
|-------|-------|-----|-----|
| 等級3 | 等級4 | | |
| 4.0以下 | 3.0以下 | 3.0 | 等級4 |

「冷房期における日射熱取得量」を「外皮等面積」で除した値です。値が大きいほど日射熱を取得しにくいので、省エネ性能が高いといえます。等級4の基準は、平成28年省エネ基準レベルです。



■「パッシブ設計」シミュレーション条件

換気量：0.2回/h

内部発熱：なし

家財等の熱容量：20kJ/m²K

外気温等：実測値を用いる

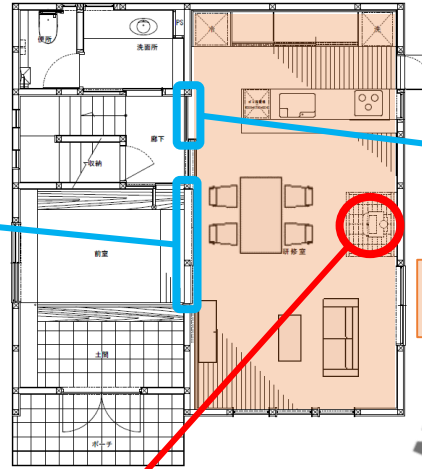


実測環境



障子

1階



暖房室



ガラス+格子戸



- 薪 (ナラ)
乾燥期間1年
質量2.5kg~3.0kg/本



- 薪ストーブ
製品名:バーモントキャスティングス
アンコール model 2550



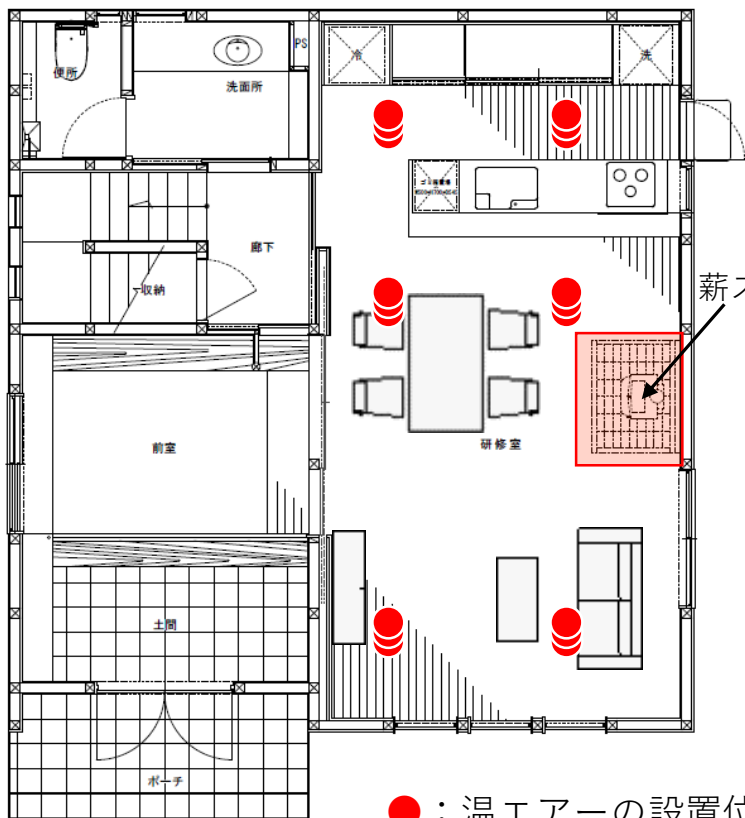
最大暖房面積：約50坪
最大出力：13.7kW
燃焼効率：76.7%
(VERMONT CASTINGS社のカタログより)

温度計の設置位置

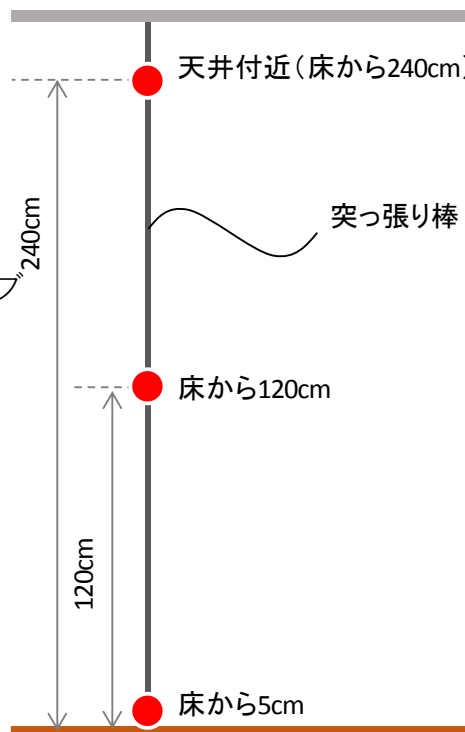
平面図上の6地点において、高さごとに3個
 温湿度計(温エアー)を設置した。
 ※合計18カ所



● 温エアー
 (インテグラル製 無線温湿度計)



● : 温エアーの設置位置



温エアー



温サーフェス
 (インテグラル製 表面温度計)
 ※このレポートでは未使用

温エアー

薪ストーブのシミュレーションについて

薪ストーブは他の暖房機器と異なり、住まい手によって使い方が異なることを前提に、シミュレーションの結果を検証した。

薪ストーブの使用では、住まい手の感覚で実際の室温に対して薪の投入量を変化させる。その日の外気温との温度差でも室温が変わるためこれによっても薪の投入量が変化する。また、発熱量は、薪のサイズ・含水率や供給空気量によっても変化し、必ずしも発熱量は一定とはならない。よって、本シミュレーションでは他の暖房機器のように、目標とする室温等の評価指標をもとに行われる正確な稼働計画を前提に予測することが困難である。そこで、本レポートでは”着火後の一時間は薪ストーブを温めるために薪をある程度投入し、その後は燃焼維持のために適度に投入する”といった、おおまかな稼働計画を前提とした実験を実施した。

熱移動のモデルとしては、エアコンでは「対流成分」を、床暖房では「伝導成分と放射成分」を中心としているのに対し、薪ストーブでは、「放射成分と対流成分」からなる計算とし、「パッシブ設計」のシミュレーション値が実測に近いふるまいをするかを確認することを目的とした。

薪ストーブの実験の条件

■ 燃焼した薪の質量

3月16日 17.22kg(燃焼時間:5時間) 大5本(2.5~3.0kg/本) + 焚付け用小3本

3月17日 15.17kg(燃焼時間:5時間) 大5本(2.5~3.0kg/本) + 焚付け用小3本

■ 燃焼した薪の含水率と発熱量

一般的に薪1kgを燃焼した際の発熱量は以下の値と言われている

含水率20% (2年程度乾燥) : 発熱量 約4.4kWh/kg

含水率50% (立ち木) : 発熱量 約2.6kWh/kg

⇒ 今回の実験では1年程度乾燥させた薪のため

含水率は30%程度 発熱量 約3.8kWh/kg 程度と推測される

■ 薪の投入方法

着火時最初の1時間

⇒ 薪ストーブを温めるために薪を断続的に投入

上記以降

⇒ 2.5~3.0kgの薪を燃焼維持のため適度に(1時間に1本程度)で投入



「パッシブ設計」の設定条件

薪ストーブ - 機器選択・運転スケジュール

薪ストーブ
部屋ブロック名: 研修室等

【設計プラン】プラン1 地域 5 UA Q
【気象観測点】茨城県 (つくば)

| | | | |
|------------|-------|------|------|
| UA値 | 0.87 | 1.54 | 1.67 |
| 1.09 (等級3) | (等級4) | (3) | (2) |
| AC値 | 3.0 | 4.0 | |
| 2.9 (等級4) | (等級4) | (3) | |

■機器選択

暖房面積: 11坪~34坪 (22畳~68畳)
最大出力: 7.8 kW
燃焼効率: 85.0 %
暖房方式: 輻射式

・バーモントキャスティング社 「イントレピットII」相当
・ヨソール社 「F3」相当

暖房面積: 18坪~50坪 (36畳~100畳)
最大出力: 15.5 kW
燃焼効率: 85.0 %
暖房方式: 輻射式

・バーモントキャスティング社 「アンコール」相当
・ヨソール社 「F600J」相当

任意設定

最大出力: 13.7 kW
燃焼効率: 76.7 %
暖房方式: 輻射式

設置しない

■薪単価、発熱量
単 価: 60 円/kg 発熱量: 4.4 kWh/kg

■運転スケジュール
 平日と休日を分けずに設定する(平日休日共通) 平日と休日を分けて設定する

平日 休日 内の項目を設定してください。 1日あたりの薪代(目安): 487円/日

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|-----|-----|-----|
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 |
| OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | OFF | ON | ON | ON | ON | OFF | OFF | OFF |

OK キャンセル

室温シミュレーションには以下の項目が影響する

- ・最大出力：13.7kW
- ・暖房方式：輻射式

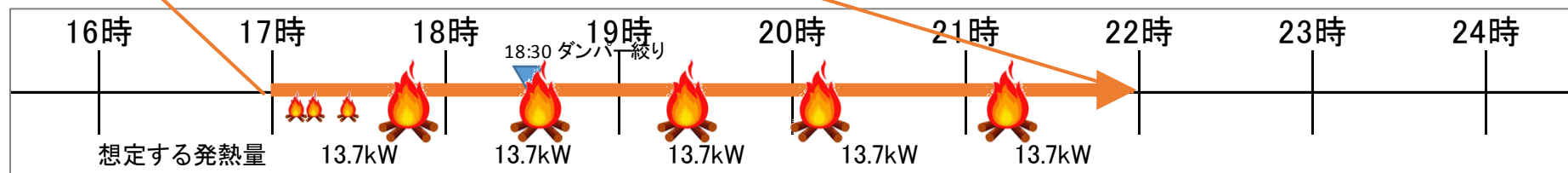
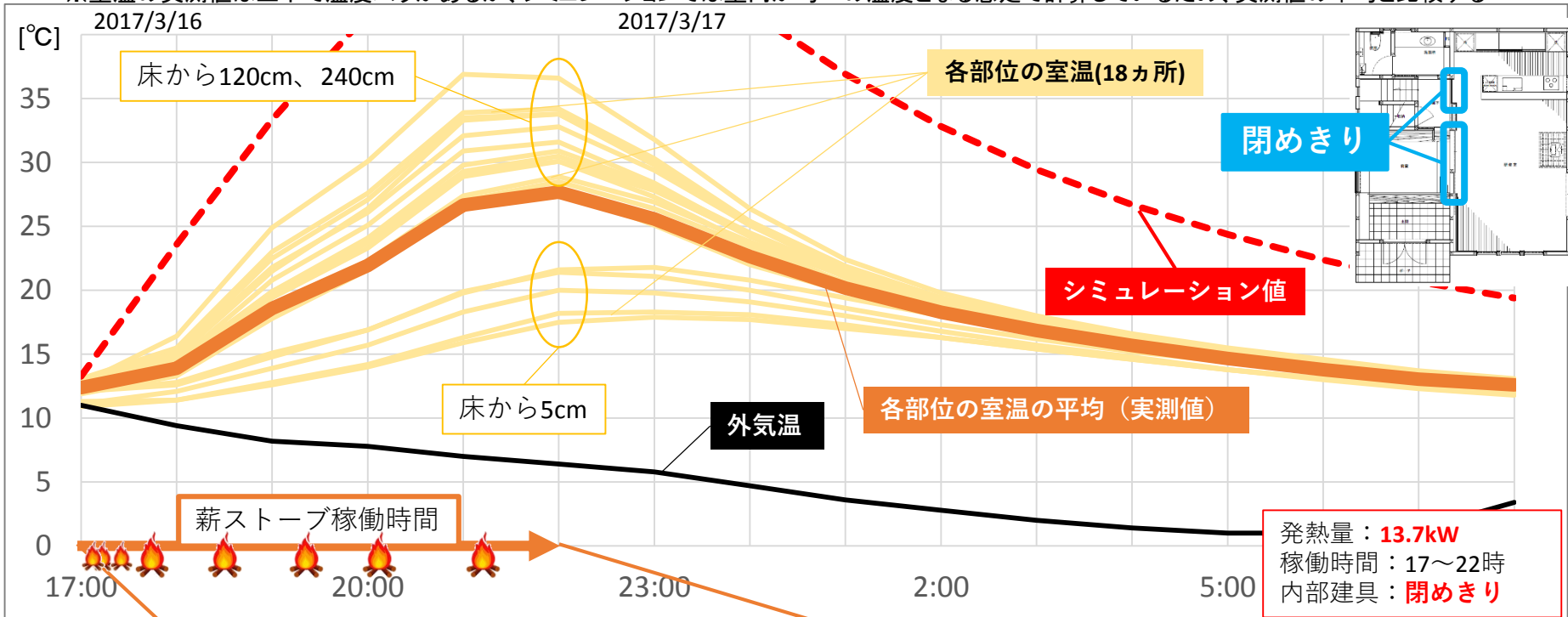
※燃焼効率は光熱費計算にのみ影響する

「パッシブ設計」においては、発熱量の設定は、薪投入開始後の1時間、投入終了後の1時間は最大出力の25% 燃焼維持のための中間期の時間帯は最大出力の50%としている

17~18時：25% 18~20時：50% 20~21時：25%

分析 1：発熱量の確認（最大出力(13.7kW)の場合）

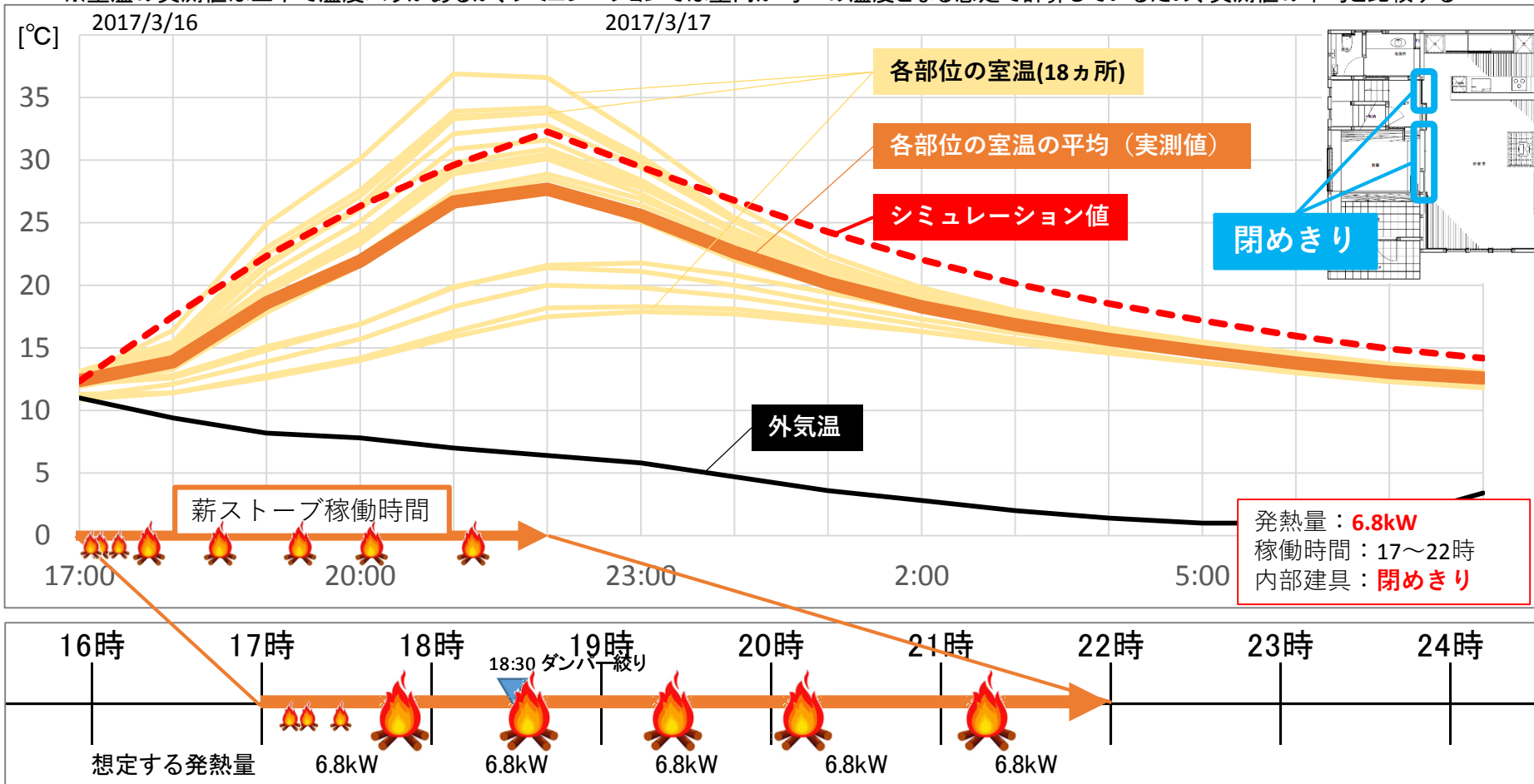
※室温の実測値は上下で温度ムラがあるが、シミュレーションでは室内が均一の温度となる想定で計算しているため、実測値の平均と比較する



「パッシブ設計」で薪ストーブの発熱量として、カタログ仕様の最大出力である13.7kWを設定して計算した場合、シミュレーション値が、実測値よりもかなり高い結果となった。今回の実験条件での薪の投入量は最大出力（最大投入可能量）ではないと考えられるため、想定した通りの結果と言える。

分析 1：発熱量の確認 (最大出力の50%(6.8kW)の場合)

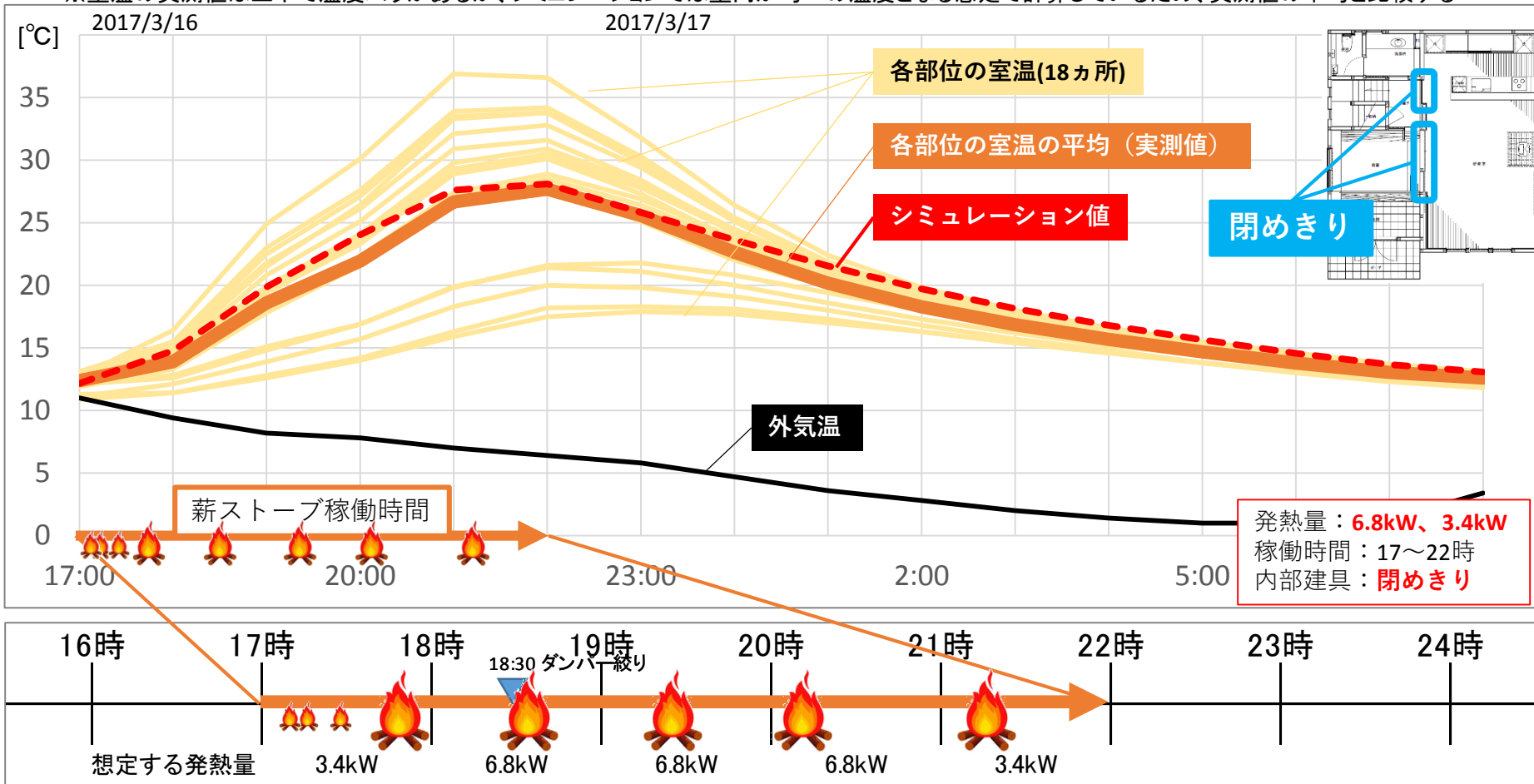
※室温の実測値は上下で温度ムラがあるが、シミュレーションでは室内が均一の温度となる想定で計算しているため、実測値の平均と比較する



「パッシブ設計」で薪ストーブの発熱量を最大出力の50%(6.8kW)とした場合、シミュレーション値と実測値は比較的近い結果となった。よって燃焼維持のための適度な薪の投入による発熱量は最大能力の50%程度であると考えられる。しかし、着火時と消火時の温度の変動(上昇・下降)が異なる。着火からの1時間、消火までの1時間については、発熱量をさらに小さく想定する必要があると思われる。

分析 2 : 立上りの室温変動の確認 (最初と最後の1時間 : 3.4kW)

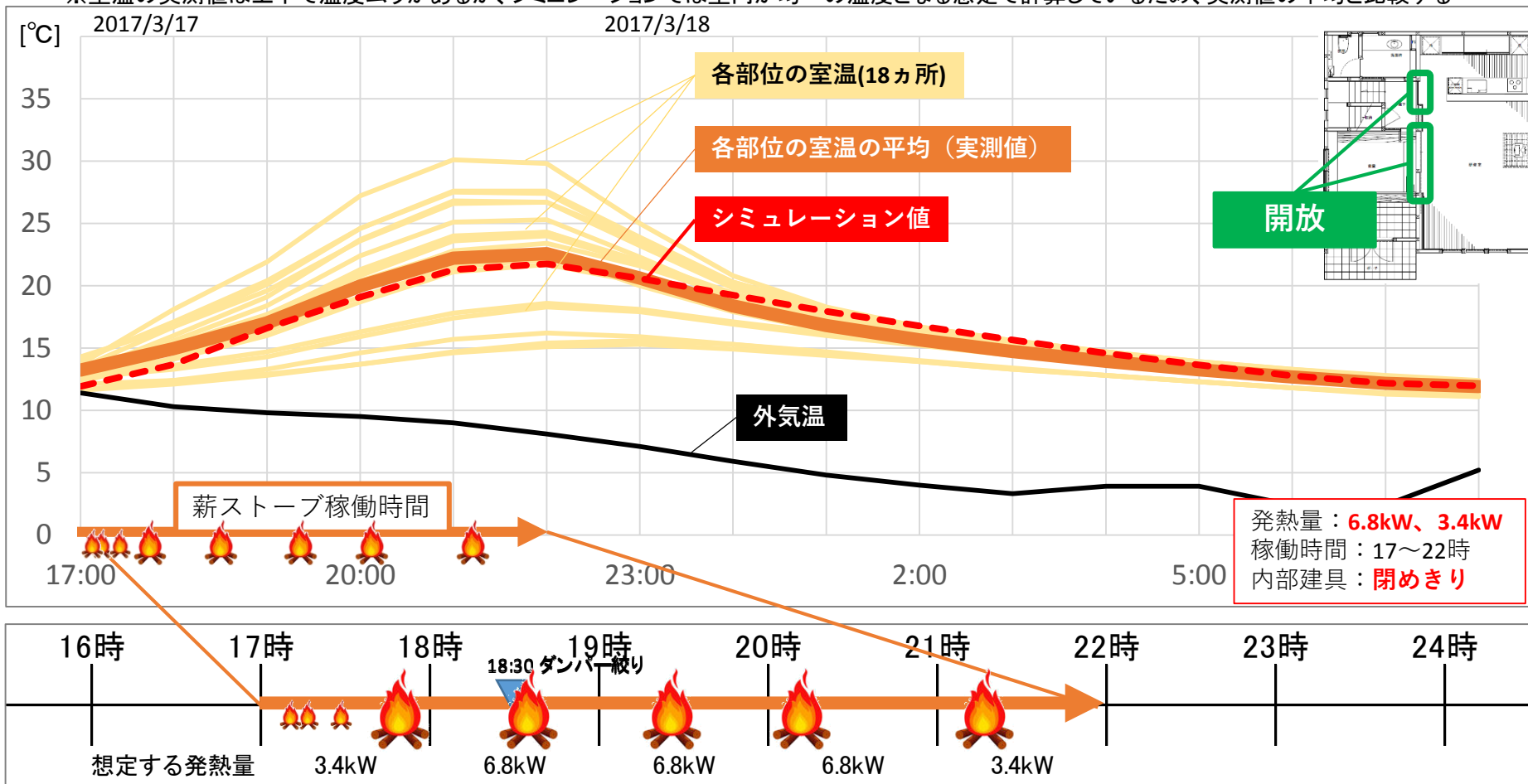
※室温の実測値は上下で温度ムラがあるが、シミュレーションでは室内が均一の温度となる想定で計算しているため、実測値の平均と比較する



分析 1 では着火時～消火まで平均的に発熱するとしてシミュレーションしていた。薪ストーブではストーブが温まるまではストーブ外への発熱が小さく、最後の薪を投入したあとは徐々に発熱量が小さくなるといった特徴を次のように取り入れた。着火後の1時間および消火前の1時間の発熱量を最大出力の25%(3.4kW)、あいだの時間の発熱量を最大発熱量の50%(6.8kW)としたところ、シミュレーション値と実測値がおおむね近い結果となった。

分析 3 : 大空間での確認 (内部建具閉めきり⇒開放)

※室温の実測値は上下で温度ムラがあるが、シミュレーションでは室内が均一の温度となる想定で計算しているため、実測値の平均と比較する



薪ストーブの設置してある部屋の内部建具を全て開放した大空間で、シミュレーション値と実測値を比較した結果、内部建具を閉めきりとしている場合と同様に、おおむね近い結果となった。薪ストーブの特徴である放射と対流による熱モデルの配分がおおむね近いふるまいを再現していることを確認した。

比較結果(まとめ)

- ・今回の実験において、薪ストーブのカタログに記載の最大出力に対して、以下の発熱量を想定したところ、シミュレーション値の室温の変動が実測値に近くなった。

薪着火後の1時間、薪投入終了後の1時間は25%

上記以外の薪が燃焼している時間帯は50%

(「パッシブ設計」においては、上記を設定値としている)

また、薪ストーブを設置している部屋の内部建具を閉めきった場合、開放した場合の両方において、実測値と近い結果となり、ホームズ君「パッシブ設計」の薪ストーブの熱伝達の熱モデル、及び、着火後、消火前の特有の挙動について再現ができていることを確認した。

- ・今回行った検証では、実測値とシミュレーション値がかなり近い結果となったが、薪ストーブは、薪の種類や時間当たりの薪の投入量、空気供給量、燃焼効率等により発熱量にゆらぎがあるため、実測値とシミュレーション値ではズレが発生しやすい。これらの課題解決には、実測値との検証を重ねることが重要と思われる。