住宅性能診断士ホームズ君「省エネ診断エキスパート」

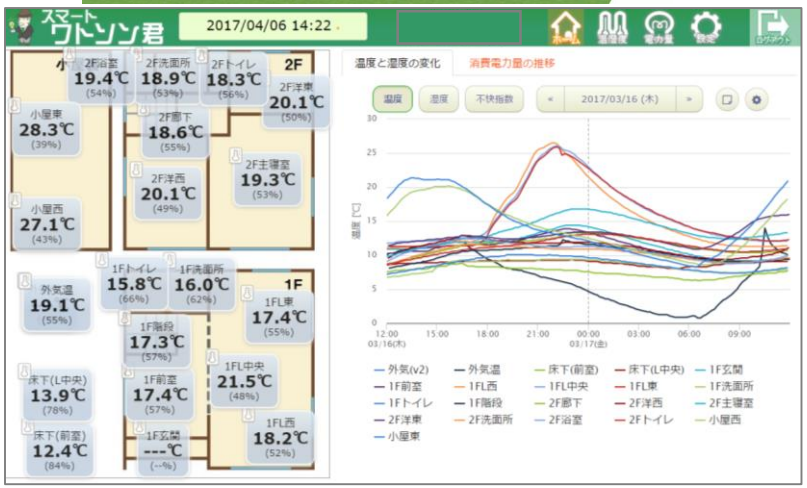
ホームズ君レポート

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【EnergyPlus使用モード】③薪ストーブ編

ホームズ君 省エネ診断 エキスパート

パッシブ設計 オプション



2023/5/26

INTEGRAL®

概要

ホームズ君「省エネ診断エキスパート」パッシブ設計オプションVer4.35では、これまで室温熱負荷計算の計算エンジンとして使用していたEESLISMに加え、新たにEnergyPlusを使用するモードを搭載した。

薪ストーブはエアコン等の機械的な暖房設備と異なり使用方法によって発熱状態が大きく異なる。そのため、EESLISMを用いた室温熱負荷計算の開発時には、実際の建物において薪ストーブを使用して室温を実測し、シミュレーション結果が実測室温に整合するように薪ストーブの稼働スケジュールに対する発熱量を設計した。

EnergyPlus使用モードではEESLISM使用モードと比べ、内部的な各種計算モデルが異なり、薪ストーブを想定した発熱による室温への影響も異なると考えられる。よって、EnergyPlus使用モードについても同様に薪ストーブ使用時の実測値とシミュレーション値を比較することで、薪ストーブの稼働スケジュールに対する時間ごとの発熱量を検討する。

暖房室の室内ドアが閉じている場合と、ドアを開いて大空間とした場合の両方について検証する。

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、薪ストーブによる室温の実測温度と
ホームズ君「パッシブ設計オプション」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　：1.18[W/㎡K]　　Q値：3.38[W/㎡K]

▼主な断熱仕様

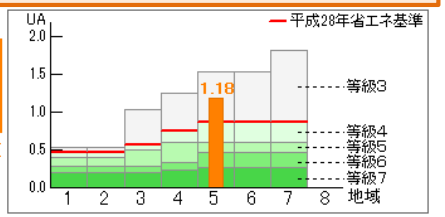
屋根：押出法ポリスチレンフォーム40mm(U値：1.00)
外壁：グラスウール10K75mm(U値：0.92)　※一部無断熱
床　：ビーズ法ポリスチレンフォーム40mm(U値：0.86)
開口：樹脂サッシLowE複層A9 W1
　　樹脂サッシ複層ガラスA10 W2
　　金属サッシ単板＋樹脂サッシ単板 W3
　　金属サッシ単板 W4

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	等級5	等級6	等級7		
1.67 以下	1.54 以下	0.87 以下	0.60 以下	0.46 以下	0.26 以下	1.18	等級3

・「建物内外の温度差が1℃の部位の熱損失量の合計」を「外皮等面積」で除した値
・値が小さいほど熱が通りにくく、省エネ性能が高い
・等級4の基準は、平成28年省エネ基準レベル

〈参考〉熱損失係数Q値 3.38

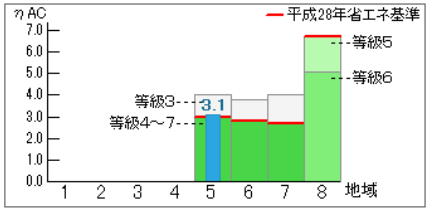


冷房期の平均日射熱取得率 ηAC値

基準値					算定値	判定
等級3	等級4	等級5	等級6	等級7		
4.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	3.0 以下	3.1	等級3

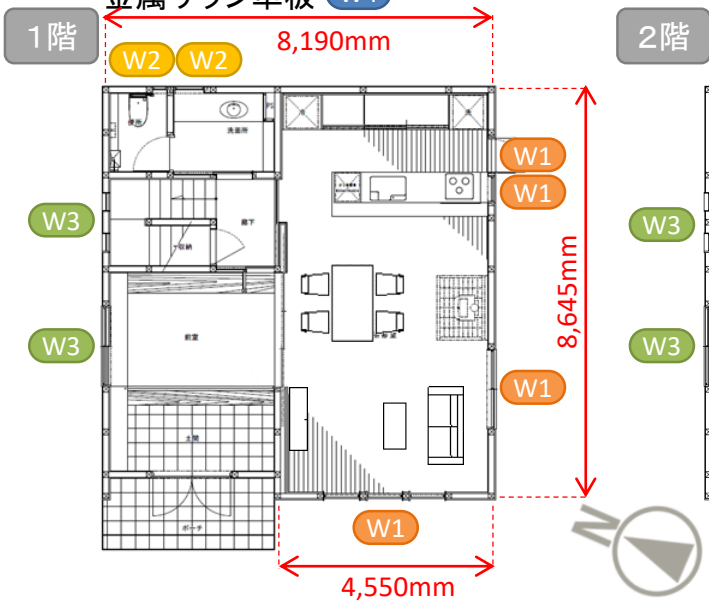
・「冷房期における日射熱取得量」を「外皮等面積」で除した値
・値が小さいほど日射熱を取得しにくく、省エネ性能が高い
・等級4は、平成28年省エネ基準レベル

〈参考〉ηAH値 3.1

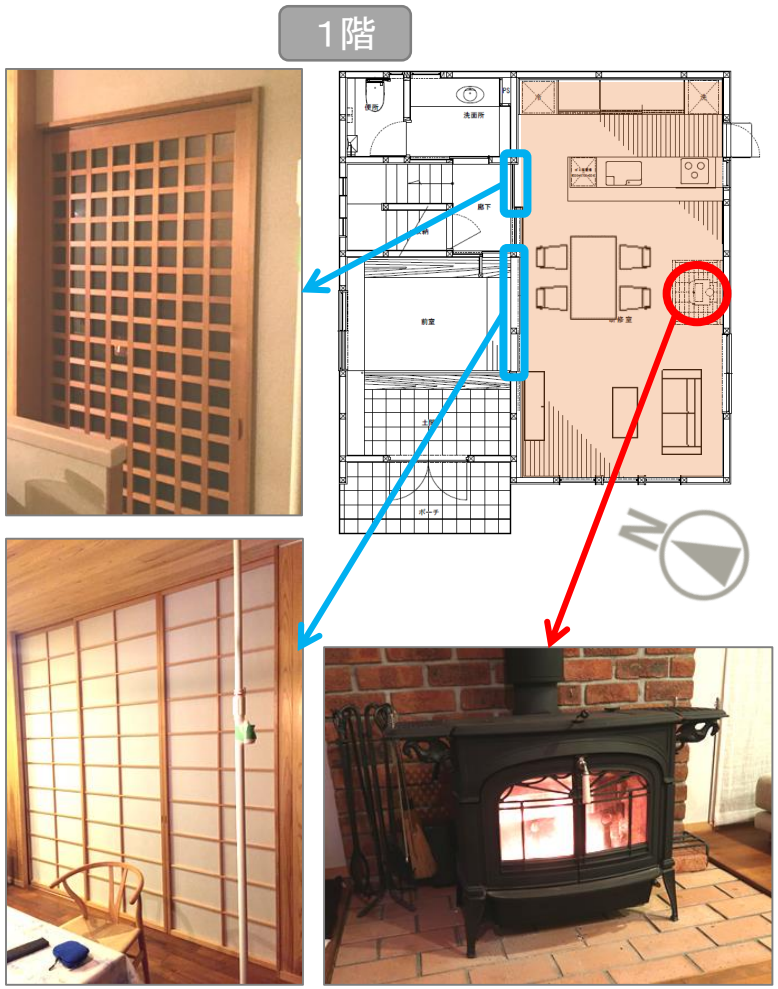


■シミュレーション条件

換気量：0.2回/h　　内部発熱：なし
家財等の熱容量：20kJ/㎡K　外気温等：実測値を用いる



実測環境 (1/2)



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、実測の室温とホームズ君「パッシブ設計オプション」(※)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

2017/03/16　17:00～22:00　外気温：6～11℃

2017/03/17　17:00～22:00　外気温：7～12℃

■内部建具

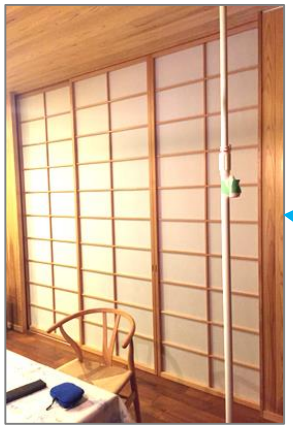
03/16：閉めきり

03/17：開放

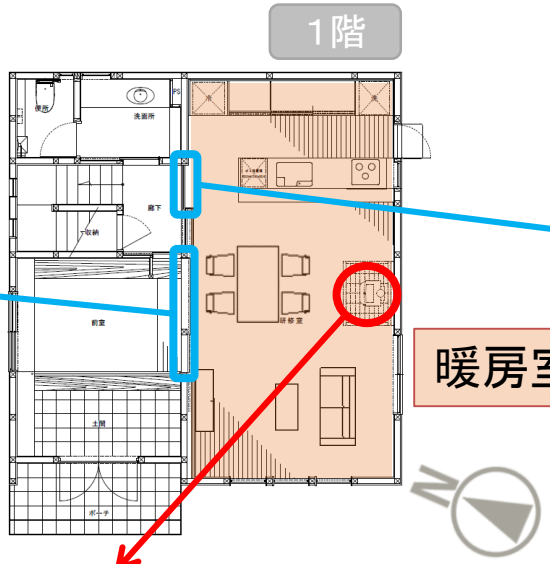
【シミュレーション条件】気象データは、実測した外気温、湿度、および日照時間（気象庁のデータベースから建設地に近い観測点の値）、さらにこれらを元に算出した日射量、夜間放射量を用い、シミュレーションを行った。

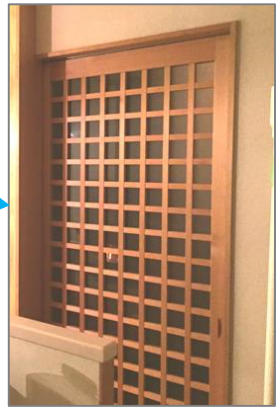
※ホームズ君「省エネ診断エキスパート」のオプション、室温・動的熱負荷計算が行える

実測環境 (2/2)



障子





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

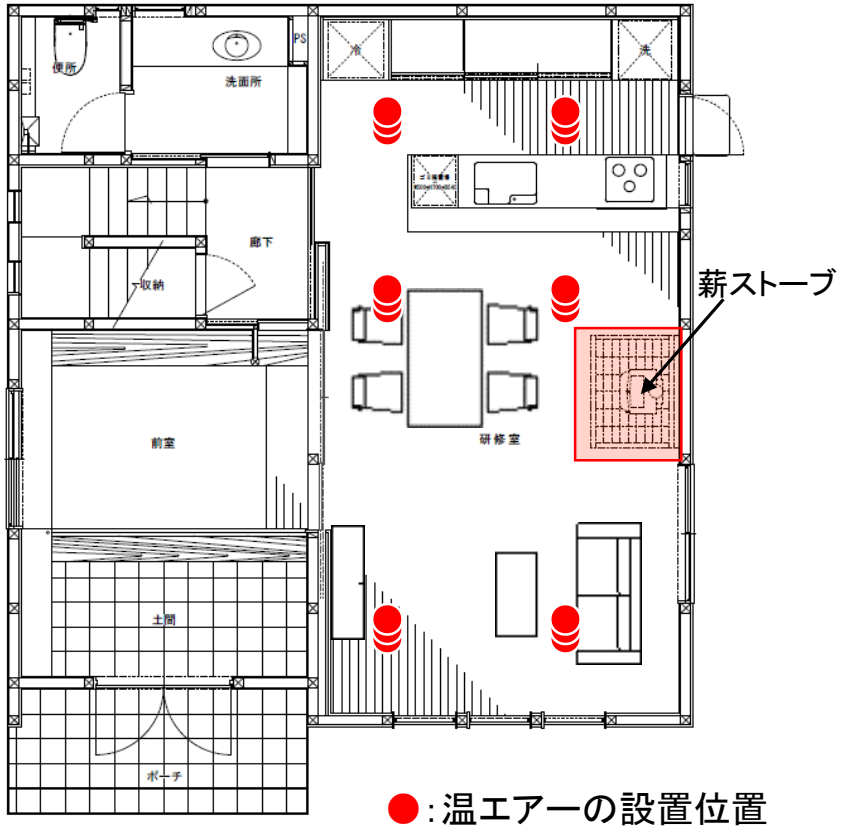
燃焼効率:76.7%

（VERMONT CASTINGS社のカタログより）

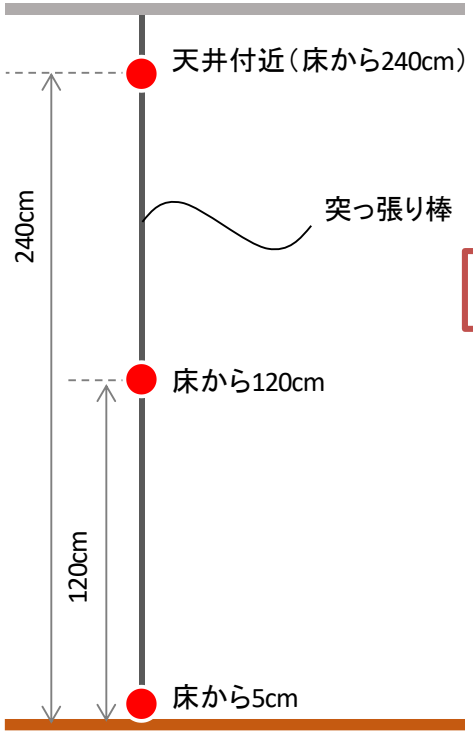
温度計の設置位置

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ヵ所

● 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

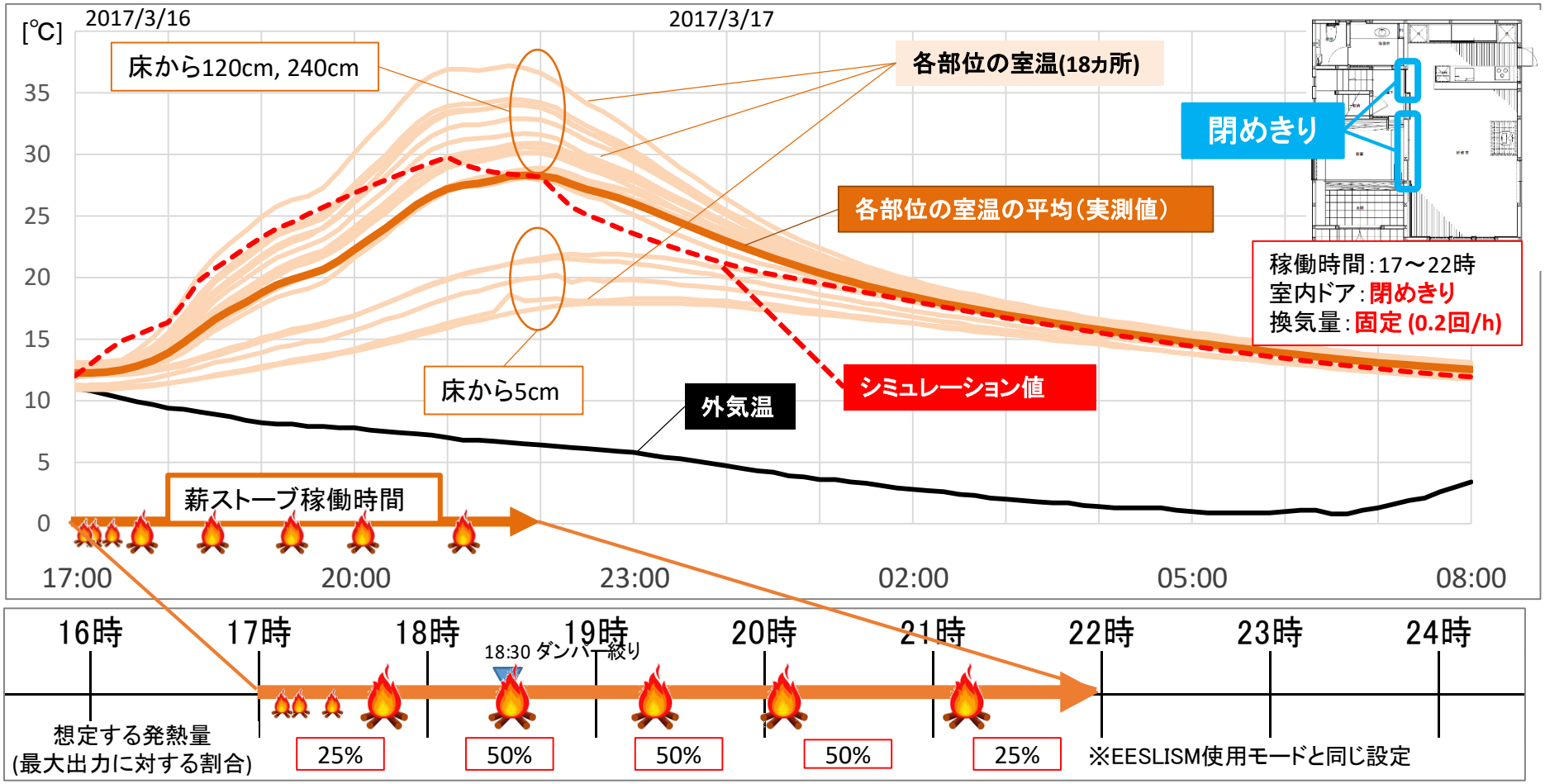
一般的に薪1kgを燃焼した際の発熱量は以下の値と言われている
含水率20%（2年程度乾燥）　:発熱量　約4.4kWh/kg
含水率50%（立ち木）　:発熱量　約2.6kWh/kg
⇒今回の実験では1年程度乾燥させた薪のため
含水率は30%程度　発熱量　約3.8kWh/kg 程度　と推測される

■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

分析１：発熱量の確認（EESLISM使用モードと同一設定）

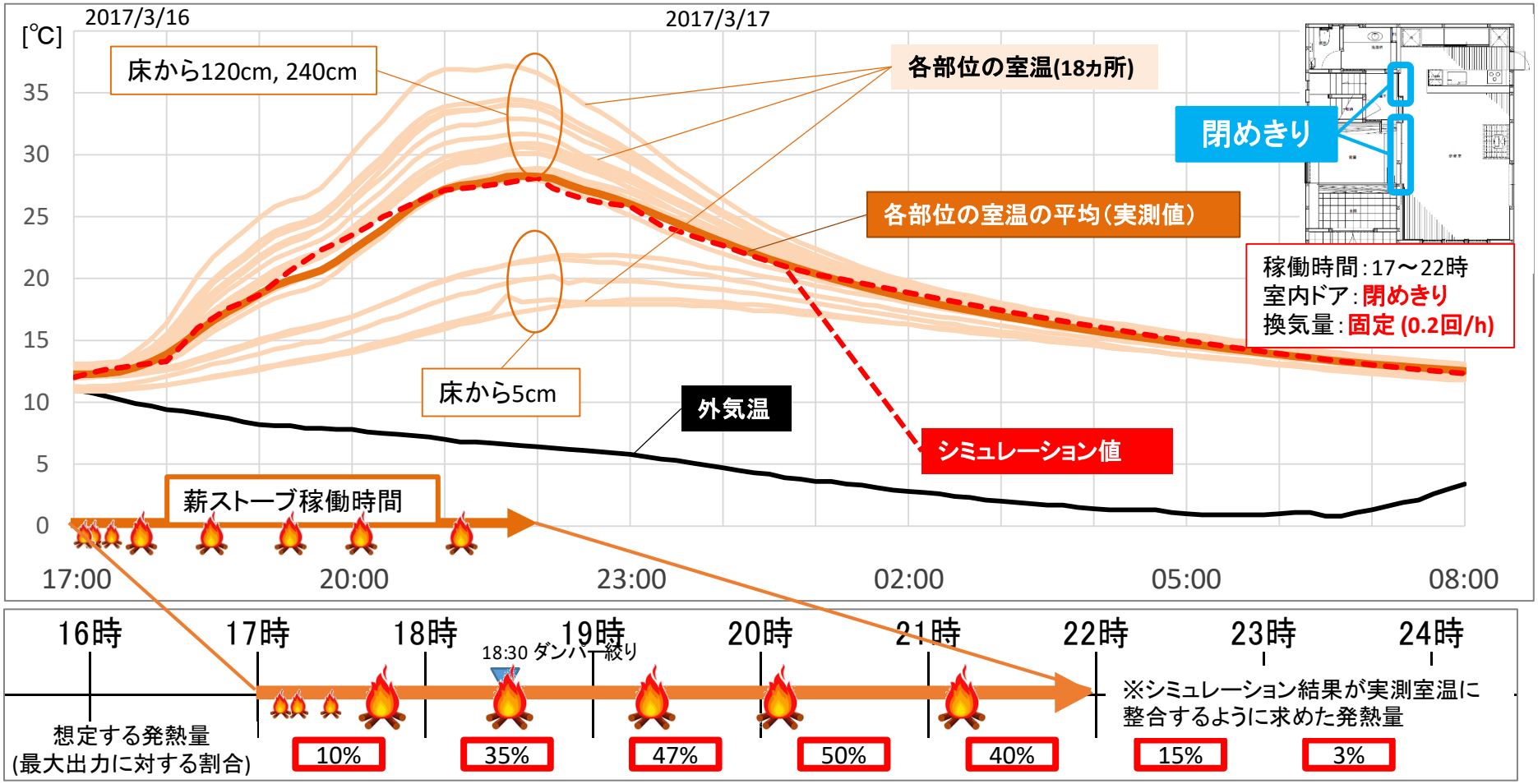
※室温の実測値は上下で温度ムラがあるが、シミュレーションでは室内が均一の温度となる想定で計算しているため、実測値の平均と比較する



薪ストーブの発熱量をEESLISM使用モードと同じ設定としてEnergyPlus使用モードで計算を行った。実測室温と比較して、シミュレーション結果の方が暖房中の温度上昇がより速く、また薪ストーブ停止後の温度降下もより速かった。
壁面の表面熱伝達率や家財の熱容量など、EESLISMとの計算モデルの違いが室温の変化の差異に影響していると考えられる。

分析２：発熱量の調整（室内ドア閉めきり/換気量固定）

※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



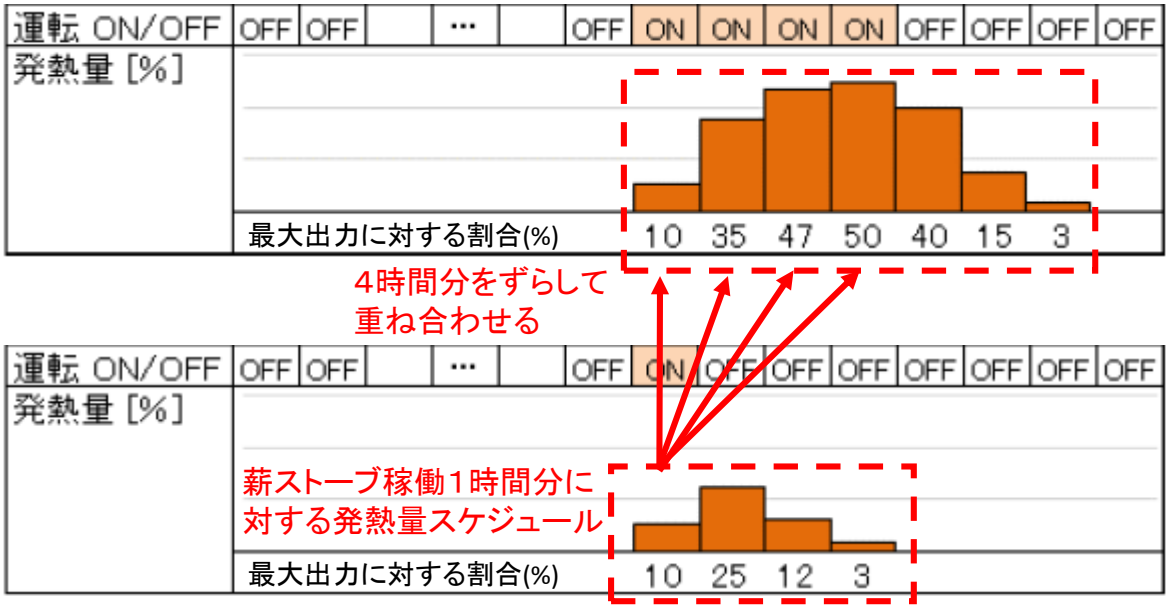
シミュレーションで用いる薪ストーブの時間ごとの発熱量を調整しながら計算を繰り返し、EnergyPlus使用モードでの計算結果が実測の室温と整合するような発熱量を求めたところ、上図のような発熱量のスケジュール設定となった。

分析３：時間ごとの薪ストーブ発熱量の設定

①実測結果との比較から求めた、薪投入4時間分に相当する発熱量

逆算する

②薪投入1時間分に相当する発熱量



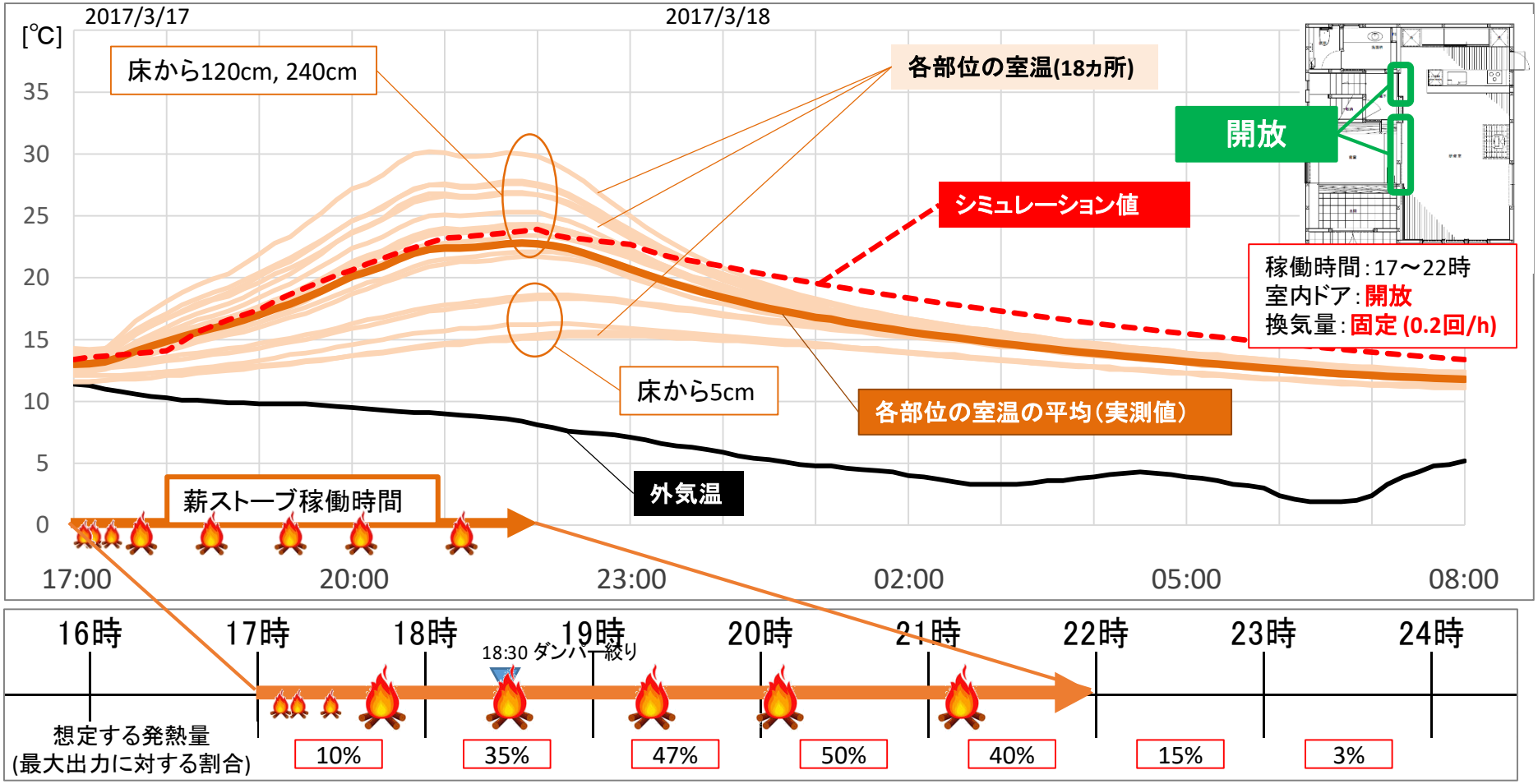
・分析2の実験で求めた薪ストーブの発熱量は、17:00から22:00までの薪ストーブの運転に対するものである。ここで消化前の最後の1時間を除外し、4時間分の薪投入に対する発熱と考える（EESLISM使用モードと同様）。

・4時間分の薪投入に対する発熱量スケジュール(①)から逆算して、薪投入１時間分の発熱量スケジュール(②)を決定する。
（②を4時間分ずらして積み重ねた結果が、①に一致するようにする。）

・EnergyPlus使用モードの薪ストーブの運転スケジュールに対して、薪ストーブの稼働1時間ごとに、②の発熱量を重ね合わせてシミュレーションで用いる発熱量とする。

分析４：室温比較（室内ドア開放/換気量固定）

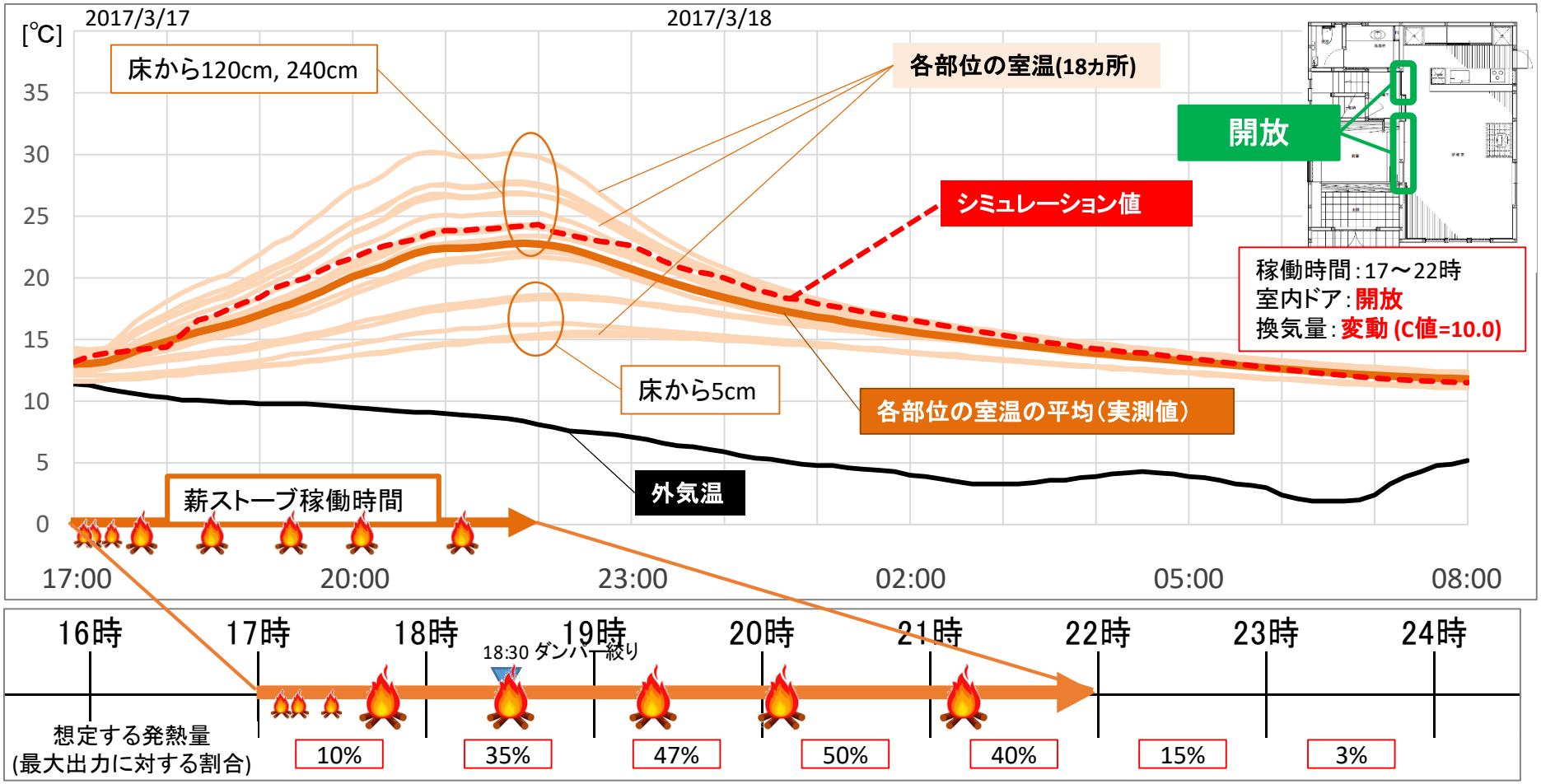
※室温の実測値は上下で温度ムラがあるが、シミュレーションでは室内が均一の温度となる想定で計算しているため、実測値の平均と比較する



分析3で求めた薪ストーブの発熱量を用いて、室内ドアを開放した場合についても実測とシミュレーションの比較を行った。
薪ストーブ燃焼中の暖房の過程については概ね近い室温となったが、薪ストーブ停止後の室温低下の過程では計算結果の方が2～3℃程度高い室温となった。
差異の原因として、部屋間の空気移動量が実測とのズレがある可能性が考えられる。

分析５：室温比較（室内ドア開放/換気量変動）

※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

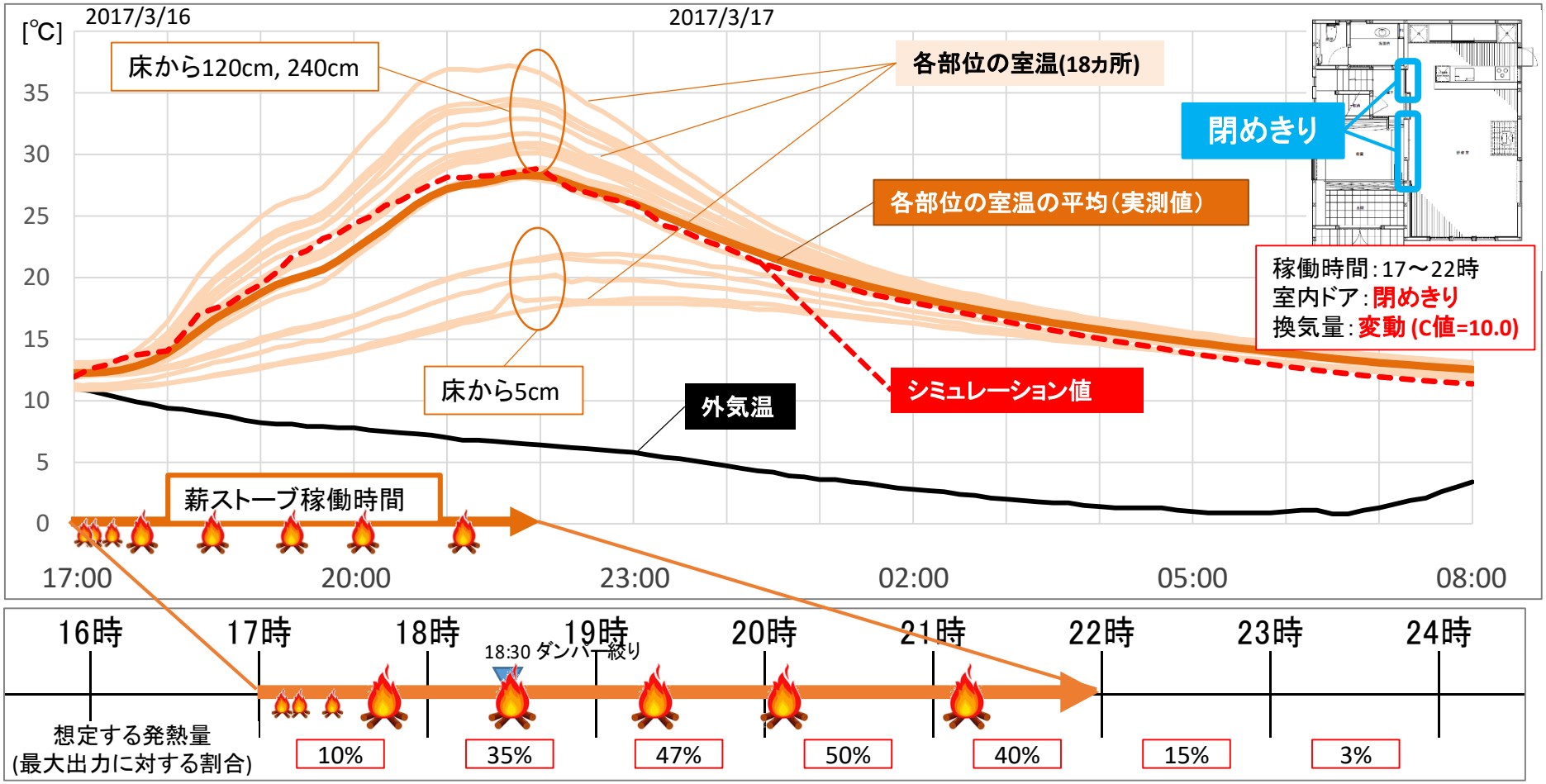


室内ドアを開放した場合について、EnergyPlusの動的換気量計算の機能※を用いて各部屋の漏気量や部屋間の空気移動量を動的に計算し、実測との比較を行った。
その結果、実測室温との差は1～2℃程度となり、換気量固定でシミュレーションを行った場合（分析4）に比べ、より実測室温に整合する計算結果を得ることができた。

※建物の隙間や開口部による空気の移動量を動的に計算する機能。ホームズ君の将来のバージョンで搭載を検討中。

分析６：室温比較（室内ドア閉めきり/換気量変動）

※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



室内ドアを閉めきった場合についても、EnergyPlusの動的換気量計算機能を用いた計算結果と実測室温を比較した。
実測室温との差は1～2℃程度となり、概ね整合することが確認できた。

比較結果(まとめ)

・室内ドアを閉めきった状態での薪ストーブを使用した実測時の室温を基準として、シミュレーション結果が整合するようにパラメータを調整することで、EnergyPlus使用モードにおける薪ストーブの熱モデル、および着火後、消火前の特有の挙動について再現する発熱量を決定した。ただし、今回行った検証は一例であり、薪ストーブの運転には薪の種類、投入量、空気供給量や燃焼効率などによって実際の発熱量には揺らぎがあることに注意が必要である。

・室内ドアを閉めきった状態でのシミュレーションで実測室温を概ね再現することができた。また、ドアを開放して大空間とした場合のシミュレーションでは実測室温との差異が最大で約3℃程度となりややズレがあった。

・EnergyPlusの動的に換気量を計算する機能を用いることで、ドアを開放した大空間でのシミュレーションでより実測に近い結果を得られることを確認した。ホームズ君の今後のバージョンアップで、動的に換気量を計算する機能の対応を目指す。