

68 空気集熱式ソーラー改修住宅を利用した EESLISM の検証

会 員 ○楠 崇史（工学院大学） 会 員 宇田川 光弘（工学院大学）
 会 員 盧 炫佑（OMソーラー）

Validation of EESLISM Using a Renovated Solar House

Takafumi KUSUNOKI*, Mitsuhiro UDAGAWA*,
 Hyonwoo ROH**

*Kogakuin University
 1-24-2 Nishi-Shinjuku, Shinjuku-ku, Tokyo, 163-8677, JAPAN
 Fax: +81-3-3340-0150
 E-mail: re12007@ns.kogakuin.ac.jp
 **OM Solar, Inc.

ABSTRACT

In this study, the simulation program EESLISM was validated with comparing the simulation results and the measured data of the two-story detached house provided with the solar air heating system. While small differences were shown, the measured data and the simulation results showed generally good agreement for the collector performance, the DHW heating system and the room thermal environment. In order to improve the simulation results, it is necessary to examine the system component models and the ventilation schedule of the house.

キーワード：シミュレーション，空気集熱式ソーラー，検証
 Keywords: simulation, solar air heating system, validation

1. はじめに

最適な改修設計を行うためにはシミュレーションプログラムによる性能評価が有効である。本研究では断熱改修とソーラー改修を行った愛知県愛知郡長久手町に実在する木造二階建ての戸建て住宅（以下N邸とする）を検証用モデルとし、室内熱環境、空気集熱式ソーラーシステム、給湯システムについて、測定データと比較することにより建築熱環境エネルギーシステムプログラムEESLISMの検証を行う。



Fig.1 Outside view of the renovated Model house

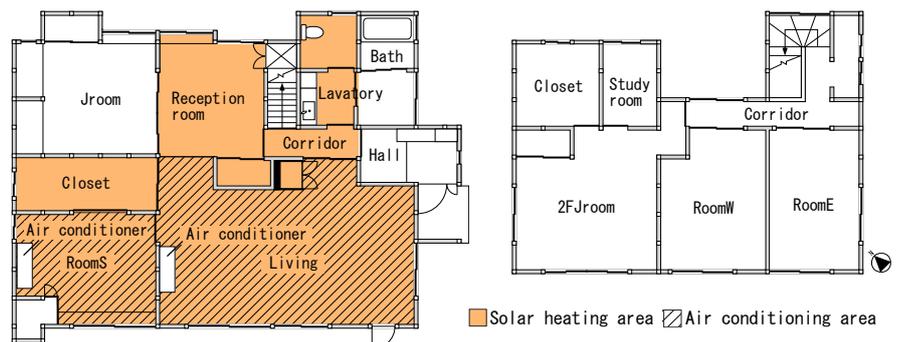


Fig.2 Floor plan

2. シミュレーション検証モデル

図1に本報でモデルとしたN邸の写真、図2に平面図、図3に南立面図と東立面図を示す。N邸の改修範囲は1階のみで、2階部分は改修を行わず既存のままとしているが、今回のシミュレーションでは建物全体での計算を行った。エアコンは居間(Living)と主寝室(RoomS)に2台あり、空調対象面積は合計で58m²である。家族構成は大人2名で1階のみで生活を行っている。調理はIHクッキングヒーターでガスの使用は給湯用ボイラのみである。図4に示すように空気集熱システムは南東と南西の2面に設置してあり、面積はそれぞれ22.5m²と14.1m²である。傾斜角は24°で方位はそれぞれ真南より45°振れている。ここでは南東側経路を東側集熱器、南西側経路を南側集熱器として扱う。それぞれの集熱システムは独立して運転制御している。ハンドリングボックスは、東側集熱系統は洗面所の天井裏、南側集熱系統は主寝室南西にある機械室に設置している。冬期の暖房運転時と夏期の夜間冷却運転時には、集熱空気がハンドリングボックスを通過し、ダクトを通過して床下空間に吹き出された後、太陽熱供給部分に集熱空気を吹き出す。床下は改修工事によって100mm厚のコンクリートで覆い、躯体に蓄熱を行うように施工した。東側集熱器のみ給湯加熱用熱交換器が備わっており、集熱空気で不凍液を加熱し給湯の予熱を行う。夏期と中間期は集熱による給湯加熱を行い、加熱後集熱空気は排気される。冬期は室温が23℃以上になった場合に給湯加熱を行う。南側集熱器は給湯用熱交換を行わず、冬期の直接床下を介した暖房専用で使用される。夏期と中間期の日中には、集熱器裏側の小屋裏温度上昇を抑制するために排気運転を行う。

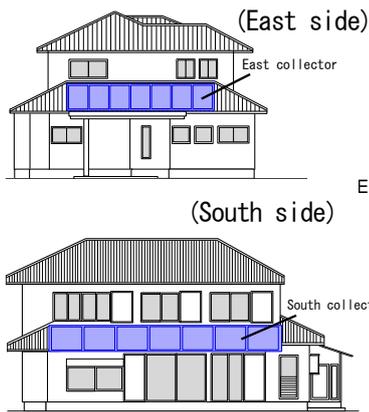


Fig. 3 Elevation of the model house

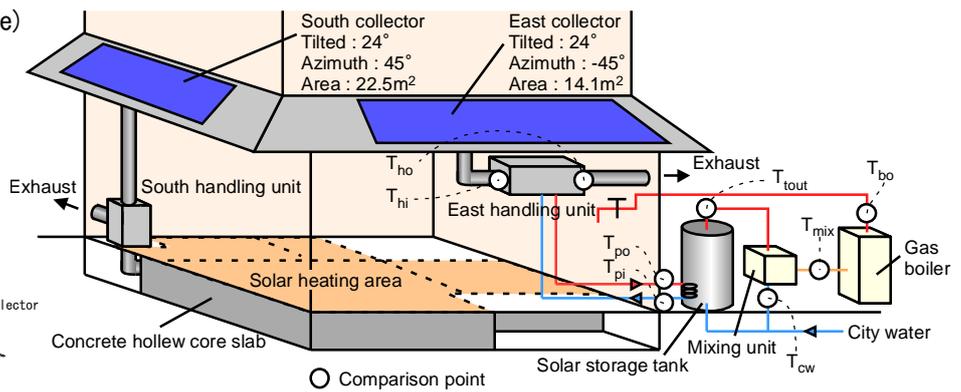


Fig. 4 System diagram of solar system

3. 測定方法

この改修住宅の測定は2012年3月から開始し、現在も測定を行っている。測定項目は気象観測、室内温湿度、給湯温度、給湯流量、電力使用量、ガス使用量である。室内温湿度は各部屋1箇所測定している。測定間隔は、気象観測は1分間隔、室内温湿度と電力とガスは10分間隔、給湯温度と給湯流量は10秒間隔で行っている。電力量は家全体の電力使用量の他に、エアコンの消費電力を測定している。ソーラー改修によって追加された機器の集熱ファンと熱交換用ポンプについても電力を測定している。また、空気集熱のモニタリングシステムによる集熱経路内温度や風量を15分間隔で出力した値から、集熱量を算出してシミュレーション値との比較に用いた。

4. シミュレーション設定条件

シミュレーションの実行に必要な設定条件は、測定結果を基に作成した。換気に関しては外気導入量、室間相互換気量等を室内の温湿度測定結果より想定した。室内発熱は時間毎にスケジュールを作成し、シミュレーションの条件として入力できるようにした。照明と機器発熱については、室内温湿度の変動やエアコンの稼働状況から判断し、家全体の電力使用量から、エアコンと冷蔵庫の45Wを想定した合計値を除いた残りの電力量を各部屋に分配した値を入力している。在室人数も居住者へ行ったアンケートと測定結果から各部屋の在室スケジュールを作成してシミュレーションに設定を行った。図4に集熱経路と給湯経路のシステムを示す。経路は全部で東側集熱、南側集熱、給湯熱交換、給湯の4経路がある。東側集熱経路内に給湯加熱用熱交換器があり、集熱空気と不凍液で熱交換を行う。熱交換器を通過後の空気は冬期の集熱時には、ダクトと床下を通過して各居室部分に吹出される。また、夏期と中間期の集熱時は熱交換後直接外へ排気される。給湯経路は蓄熱槽の最下部から市水が流入し、最上部から流出してガスボイラで補助加熱し給湯する。ボイラ入口には混合弁があり、ボイラ入口の

Tab.1 Solar collector parameters⁴⁾

Parameter		East collector	South collector
Transmittance × Absorptance	tra	0.86	0.86
Upper heat loss coefficient	Ksu	6.37	6.43
Lower heat loss coefficient	Ksd	0.74	0.74
Upper efficiency coefficient	fcu	0.7	0.62
Lower efficiency coefficient	fud	0.85	0.78

設定水温を超えないように市水を混合する。冷暖房は居間と主寝室の2室に仮想空調機モデル(エアコン)を想定した。制御方式はCAV方式として風量をそれぞれ240m³/hとした。設定温度は各室で測定した空気温度となるように制御する。外気換気量と室間換気量は室内温湿度の測定結果から開閉を推定して設定した。エアコンのある居間と主寝室については各容積の0.1回/hを外気換気量とし、2室間の換気量は終日主寝室容積基準で3回/hとしている。

集熱経路の運転条件にはファン風量の測定値を発停の条件とし、またファン風量をシミュレーションへ入力して行った。シミュレーションへ入力した集熱器特性は表1に示す。熱交換経路は東側ファン運転時に熱媒不凍液ポンプが運転される。不凍液流量は4.80/minとした。熱交換器と貯湯槽内蔵熱交換器有効率は測定データから算出した。算出に用いる貯湯槽内水温には、貯湯槽側面上部で計測した表面温度を代用した。算出には集熱運転が安定して運転されていた5日間のデータから計算した結果、給湯加熱用熱交換器有効率0.35、貯湯槽内蔵熱交換率0.6が得られ、これらの数値を入力した。給湯流量には混合弁で合流する貯湯槽と混合用給水の2経路に測定値を入力した。給湯の温度は補助ボイラ出口温度で制御するように設定しており、ボイラ入口温度が設定温度より低い場合に加熱される。

気象データは、検証建物のある敷地内に設置した気象観測装置で観測した気温、湿度、日射量をシミュレーションの気象条件として入力した。夜間放射は名古屋気象台の雲量を用いて計算した。計算間隔は1時間間隔で行った。

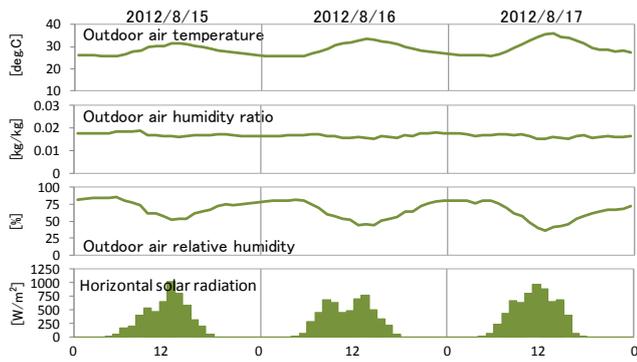


Fig. 5 Weather data

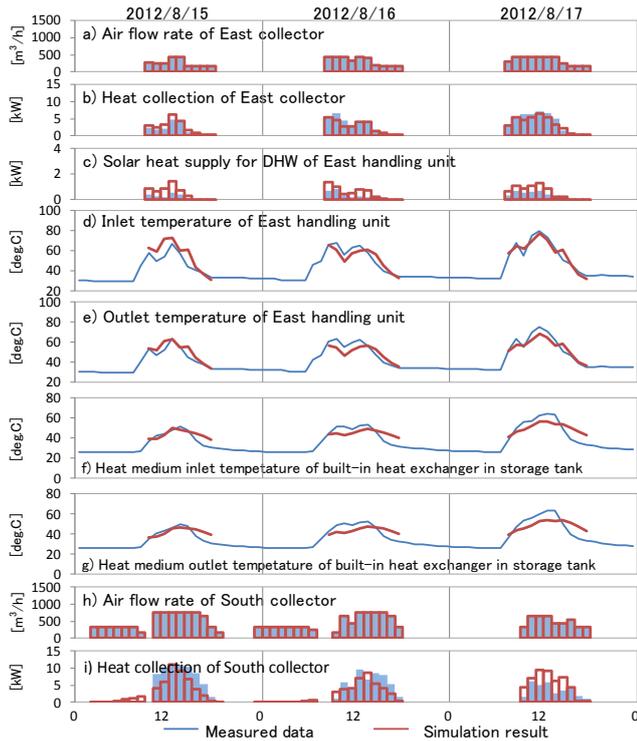


Fig. 6 Comparison of measured and simulated results of the solar collector system

5. シミュレーション結果

本報では夏期の運転状態について行うこととし、8月15日から8月17日の3日間の検証結果を述べる。図5に検証期間の気象観測値の外気温湿度と水平面日射量を示した。16日は昼に日射が少々小さくなる。3日間とも外気温度が30°Cを超える晴天日である。

(1) 集熱システム

図6に集熱システムの比較結果を示す。集熱風量は実測値を入力している(図6-a)。運転時に集熱温度によって風量変動している。集熱量は外気温度とハンドリング入口温度の温度差から算出した。測定値とシミュレーション値はほぼ一致している(図6-b)。ハンドリング出入口温度差から給湯用熱交換量を算出して比較を行った。熱交換量は測定値よりもシミュレーション値の方が終日大きくなった(図6-c)。熱交換量は集熱量と比べて約1割のため差は小さいが、ダクトや配管の熱損失や熱交換

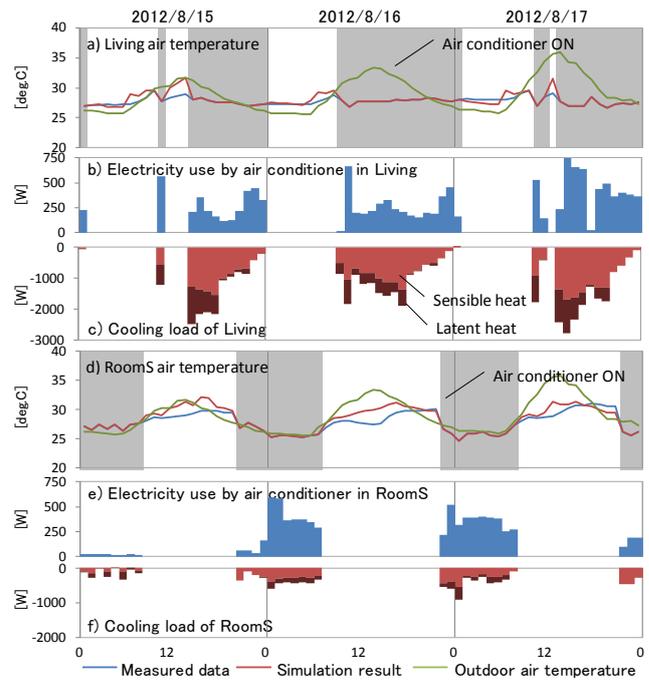


Fig. 7 Comparison of measured and simulated results of the room thermal environment

器有効率の算出について再度検討する必要がある。ハンドリング出入口温度は測定値とシミュレーション値はほぼ一致している。集熱によって夏期で約35°Cの外気温度から約70°Cまで上昇していた。熱交換器を通過して最大で5°C温度が低下していた(図6-d, e)。熱媒温度は、15日は測定値とシミュレーション値はよく一致しているが、16,17日にはシミュレーション値の方が低く、夕方あまり温度が下がらない傾向がみられた。南側系統も同じく風量は測定値を入力している(図6-f, g)。南側系統は昼間の運転は小屋裏温度が上昇しない様にファンを運転して排気している。さらに15,16日の夜に風量は昼間の半分の量で冷却運転をしていた(図6-h)。ただし、今回のシミュレーションの制御では夏期の冷却運転については行っていない。南側集熱器の集熱量については測定とシミュレーションの変動は似ているが、値には差がみられた(図6-i)。

(2) 室内熱環境

図7に室内温度、エアコン電力消費量の測定値、シミュレーションの冷房負荷の結果を示した。冷房負荷と測定値の電力消費量については、それぞれの変動を比較する。網掛けの部分がエアコンの運転時間である。居間のエアコンは、15日は15時から、16,17日は10時から24時まで連続して運転している。シミュレーションではエアコンの設定室温に測定値を入力しているので運転時間中の室内温度は一致する。日中のエアコンを停止した時間はシミュレーションの方が早く温度が上昇する傾向があり最大で2°Cの差がみられた(図7-a)。測定デー

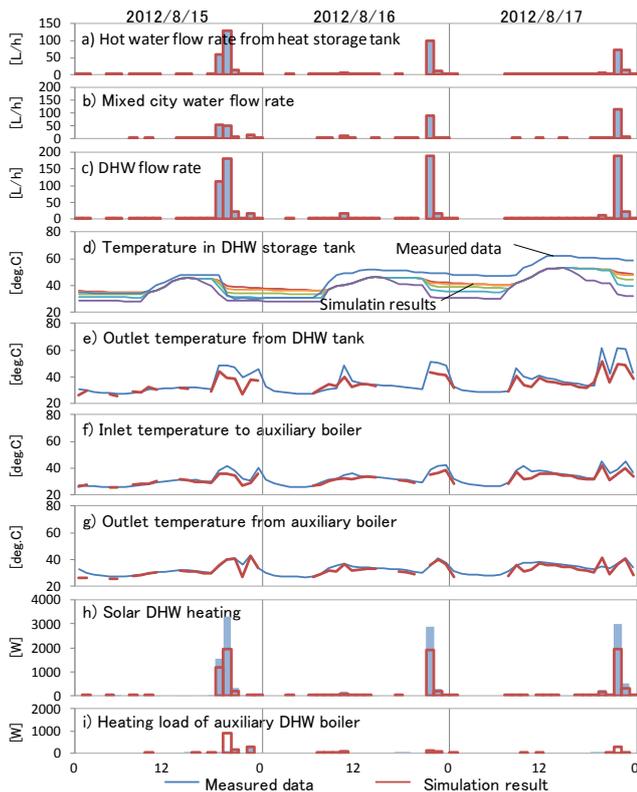


Fig.8 Comparison of the measured and simulation results of DHW heating system

タよりエアコンの消費電力量とシミュレーション結果の負荷を示した。15, 17日の立ち上がりや、16日の18時頃に負荷が多くなる部分は形が近いといえる。昼間は居間北側の応接間や廊下は開放して生活をしており、シミュレーションの設定でも室間の換気量を終日多めに想定をしている。そのため昼の冷房負荷が大きくなる時間の変動は似ているが、夜に電力消費量が多くなる時間は、シミュレーション冷房負荷はあまり多くならないため、想定した室内発熱よりも多かったと考えられる(図7-b, c)。主寝室のエアコンは毎日22時から翌日の7時までの就寝時に連続運転をしている。測定値では昼間の室温が下がっており、測定とシミュレーションの値の温度差は最大で2°C程度である。シミュレーションで設定した居間から主寝室への空気の流入量が想定よりも多かったと考えられる(図7-d)。エアコン消費電力量と冷房負荷のピークになる時間帯は似ていることがわかる。主寝室の冷房負荷が居間と比べて1/4ほどしかないのは、外気温度が低くなることのほかに、就寝時には扉を閉めていたため空調面積が小さくなっていたことも考えられる(図7-e, f)。設置されているエアコンの定格冷房時COPは居間で4.5、主寝室で5.0である。なお、参考までに、この3日間のシミュレーション冷房負荷とエアコン電力量から算出したCOP平均値はそれぞれ3.5、3.0であった。

(3) 給湯システム

図8に給湯系統の比較結果を示す。貯湯槽出口流量と

混合用給水の流量は測定値を入力している(図8-a, b)。給湯使用量はこの2経路の合計値となる(図8-c)。貯湯槽内部温度で比較に用いた測定値はタンク側面の表面温度と比較する。15日は近いが16, 17日はシミュレーション値の水温が高くならず5°C程低い。測定値の温度があまり低下しないので、想定した貯湯槽の断熱よりも熱損失が少なかったと考えられる(図8-d)。貯湯槽出口温度は昼間に使用した時間の温度は測定値に近いが、湯はりを行っていた使用量が多い22時頃はシミュレーション値の方が測定値よりも低くなっている(図8-e)。市水と混合する混合弁出口温度の温度も22時頃に差がみられる(図8-f)。設定温度としているボイラ出口温度に合わせるための加熱量が多くなるため、太陽熱供給量とボイラ加熱量は貯湯槽温度が影響して測定値とシミュレーション値には差がみられた(図8-g~8-i)。

6. まとめ

実在するソーラー改修を行った戸建住宅の測定データを利用したシミュレーションプログラムEESLISMの検証を行った結果について以下に示す。

- 1) 空気集熱式ソーラーについて、空気集熱器の制御について、シミュレーション結果と測定値とほぼ一致する結果となった。給湯システムの温度については貯湯槽内部の温度に差がみられたので、貯湯槽の断熱、熱交換器の効率について検討する必要がある。
- 2) 室内熱環境は夏期では温度変動が小さいため、測定値とシミュレーション値は近い結果となった。さらに測定値と一致させるには、窓の開閉による換気や、各室の相互換気量についての検討が必要である。
- 3) 今後は集熱空気を室内へ吹出す冬期の暖房期について検証を行い、空気集熱式ソーラーハウスの年間性能について検討を行う予定である。

謝辞

本研究の成果の一部は環境省平成24年度地球温暖化対策技術開発・実証研究事業および平成24年度「科学研究費補助金(基盤研究(B))」課題番号22360239 代表者 宇田川光弘によるものである。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 楠, 宇田川, 盧, 佐藤: ソーラー改修住宅を利用したEESLISMの検証—T邸の暖房期のシミュレーション—, 空気調和・衛生工学会大会学術講演梗概集, pp.2131-2134, 2012.9
- 2) 平柳, 宇田川, 楠, 的場, 盧: 空気集熱式ソーラー住宅のシミュレーションによる改修性能予測 その1 長久手N邸, 日本建築学会大会学術講演梗概集D-2, pp.567-568, 2012.9
- 3) 平柳, 宇田川, 楠, 的場, 盧: シミュレーションによる空気集熱式ソーラー改修住宅の性能評価 その1 長久手N邸, 日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー学会合同研究発表会, pp.109-112, 2011.9
- 4) 的場, 宇田川, 楠, 平柳: 屋根一体型集熱器の集熱性能シミュレーション その2, 空気式集熱器太陽/風力エネルギーエネルギー講演論文集 2010, 367-340, 2010.11