

既存戸建住宅のソーラー改修に向けての性能調査

正会員 ○楠 崇史* 同 宇田川 光弘**
 同 盧 炫佑*** 同 大場 康司****
 同 成田 有沙***** 同 平柳 奏*
 同 的場 靖代*

戸建住宅 ソーラー改修 測定
 室内熱環境 暖房負荷 給湯負荷

1.はじめに

現在の日本には、総世帯に比して住宅数が充足している状況であり、環境負荷低減の観点から建替よりも、省エネルギー性能、快適性、耐震性能などを改善する改修が望ましいと考えられる。そのため既存戸建住宅の空気集熱式パンプソーラーを基軸とした熱環境改修によって省エネルギー性能、快適性の効果について検討する必要があることから、本研究では改修前の状態の性能調査結果を示す。

また、この測定結果は本研究室で開発している熱環境シミュレーションプログラム EESLISM を用いて、改修前と改修後のプランをシミュレーションモデルとした太陽熱システム導入の効果について検討を行うためにも使用する。^{1)~4)}

2.対象建物

表 1 に本研究で用いる測定対象建物の詳細、写真 1 に外観写真を示した。既存建物の改修を行い長期間使用していく方法を確認していくために、様々な所在地、築年数、家族構成、延床面積、改修方法等から 4 棟を候補の中から選んでいる。改修前後ともに家族が生活をしている状態での測定を行う。

長久手 N 邸は 4 棟の中でも延床面積が大きく、全面改修を行う物件である。改修後は 1 階のみで生活するようにプランを変更する予定であるが、改修前の現状では 2 階の部屋も使用しているため、家全体の各室内温度を測定している。エアコンはマルチ式のエアコンが 3 台、パッケージエアコンが 1 台ある。

川崎 T 邸は 1 階の居間と台所のみの部分改修を行う物件である。改修計画では 2 階の改修は行わない予定であるので、測定は 1 階の改修範囲についてのみ行っている。

高崎 T 邸はこの物件は唯一平屋建ての建物となっている。改修では建物プランを大きく変更する予定で、太陽光発電も併用することで、ゼロエネルギー住宅の可能性も検討を行う予定である。和室(東)を居間として使用している。エアコンは 1 台で和室(東)にある。冬期の暖房はエアコンの他に電気こたつを使用している。

東村山 G 邸は 4 棟の中で最も新しく、築 4 年の建物で

表 1 対象建物の詳細

所在地と物件名	長久手N邸	川崎T邸	高崎T邸	東村山G邸
建築時期	1990年 (平成2年)	1987年 (昭和62年)	1990年 (平成2年)	2007年 (平成19年)
構造	木造軸組工法	木造	木造	木造在来
家族構成	3人	4人	4人 (子供2人)	3人 (子供1人)
延床面積[m ²]	1階	119.06	72.02	43.88
	2階	75.84	103.78	-
	合計	195.24	222.84	72.02



a) 長久手 N 邸



b) 川崎 T 邸



c) 高崎 T 邸



d) 東村山 G 邸

写真 1 測定対象住宅外観

ある。そのため、他の建物よりも断熱材が厚く、気密性も高く、建物自体の熱性能は良いと思われる。エアコンは 3 台あり、居間、洋室(西)、洋室(東)にある。冬期の暖房としてエアコンの他にガスストーブとガス式床暖房があるが、居住者アンケートよれば床暖房は今まではほとんど使用していない。

3.測定項目と方法

測定は 2010 年 12 月頃の暖房期から開始し、2011 年 8 月頃の冷房期までを改修前として測定を行う予定である。表 2 に測定項目と時間間隔を示した。測定項目は室内熱環境として各室の温湿度の他に、暖冷房器具の運転状況を把握するため、エアコンと電気こたつの電力消費量、

表 2 測定項目と時間間隔

測定項目	長久手N邸	川崎T邸	高崎T邸	東村山G邸	測定間隔
気象観測	○	○ 温湿度のみ	○	○	1分
室内温湿度	○	○	○	○	10分
AC吹出口温湿度	○	○	○	○	
ACこたつ電力量	○	○	○	○	
幹線電力量	○	○	○	○	
ガス使用量	○	-	○	○	長久手N邸、東村山G邸は10分 高崎T邸は10秒
給湯用ボイラ温度、流量	○	-	○	○	10秒

エアコンの吹出口温湿度を測定している。給湯熱量についてはボイラ出入口水温と流量を測定して計算する。家全体のエネルギー量としては、電力とガスの使用量を計測している。これら測定データより改修前における室内居住環境、暖冷房、給湯用エネルギー使用量について総合的に評価を行っていく。また、気象観測も行っており、測定時の外界条件として使用する他に、シミュレーションを行う場合の気象条件としても用いる。ただし、部分改修を行う川崎 T 邸については、気象観測は外気温湿度のみで、水平面日射量、風速、風向、雨量の測定は行っていない。また、給湯器周りについても測定は行っていない。

測定間隔については、気象観測は 1 分間隔、室内とエアコン吹き出し口の温湿度は 10 分、暖冷房機器、幹線の電力とガスの使用量は 10 分間の積算値で測定している。給湯器周りの温度と流量、日射量については短い時間間隔での変動が大きいため、10 秒間隔で行っている。

4. 年間エネルギー使用量

測定対象の建物では測定の他に数年間の電気、ガス、水道の使用量について居住者へのアンケートを行っている。図 1 に 2009 年の電気とガスの年間エネルギー量を示す。建物規模の大きい長久手 N 邸、川崎 T 邸は使用量が多い。この 2 棟では電気とガスの使用量の割合はほぼ同じであった。高崎 T 邸はガスの使用量が 8 割程を占めている。東村山 G 邸は建物規模が小さいこともあり、エネルギー使用量は少なかった。年間エネルギー使用量はそれぞれ 75 GJ/年、97 GJ/年、44 GJ/年、25 GJ/年であった。CO₂ 排出量の係数を長久手 N 邸の電力を 0.126 kg-CO₂/MJ、他の 3 棟の電力を 0.116 kg-CO₂/MJ、高崎 T 邸のガスを 0.053 kg-CO₂/MJ、他の 3 棟のガスを 0.05 kg-CO₂/MJ とした場合、それぞれ 6807 kg-CO₂/年、8001 kg-CO₂/年、2934 kg-CO₂/年、1757 kg-CO₂/年であった。

5. 測定結果

測定を行っている 4 棟の測定結果より、長久手は 2011/1/12~2011/1/14、他の 3 棟は 2011/1/14~2011/1/16 の 3 日間の時刻別結果と 2010/11/26-2011/3/27 の日積算結果を図 2~9 に示す。なお、本論文の中で給湯栓とは浴槽以外に出湯した湯とする。ガスの二次エネルギー量換算は長久手 N 邸と東村山 G 邸は 44.8 MJ/m³、高崎 T 邸は 99.8MJ/m³として扱う。

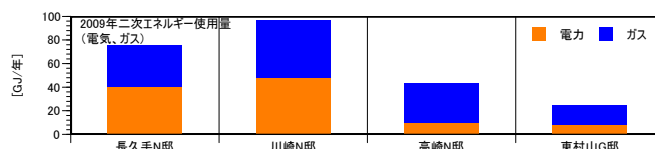


図 1 年間二次エネルギー使用量 (2009 年)

5.1 長久手 N 邸

図 2、3 に長久手 N 邸の測定結果を示した。a)水平面日射量は晴天日の多い時で 800 W/m²となっている b)室内温度は 1 階の室内温度である。居住者数に比べ部屋数が多いため、使用している部屋と使用していない部屋では温度差が大きいが、和室(中央)、台所、和室(南)の温度差があまり無いことから日中は襖を開けていると推測できる。居間として使用している和室(中央)の最低温度は約 10 °Cを保っている。和室(中央)は台所と和室(南)に面しており、外壁面積が小さいためである。c)電力使用量は朝にピークがあり 3000 W となっている。電気こたつは頻繁に使用していたが、エアコンはほとんど使用していない。d), e)は給湯用ボイラの給湯配管で測定した温度と流量であり、f)は測定結果から計算したボイラ加熱量である。給湯栓、湯はりともに約 40 °Cで使用している。給湯栓の利用は台所や洗面所で使用する朝と夜に多くみられ、湯はりは毎日午後 6-7 時の間に行っている。g)日積算電力使用量は日毎の差がほぼ無く 20 kWh 程である。h)日積算ガス使用量も日毎の差は無く 0.4 m³/日(17.9 MJ/日)であった。i), j)日積算給湯熱量、ボイラ加熱量も時刻別の結果で示した通り、毎日ほぼ同じ使い方をしていることから、日積算結果でも同様な結果となっている。平均給湯熱量は 14 kWh/日、平均ボイラ加熱量は 20 kWh/日である。

5.2 川崎 T 邸

図 4、5 に川崎 T 邸の測定結果を示した。a)室内温度は 1 階の一部の室内温度である。この物件では居間の南側にサンルームがあり、室温は冬期でも晴天日には 30°C近くまで上昇する。隣接する居間ではサンルームの影響を受けている。普段あまり使用していない和室(西)は 1 階の他の部屋よりも低いが、1 日を通して 10°C程となっている。居間はサンルームの影響もあり最高室温は約 25°Cとなっている。b)電力使用量は 4 棟の中で最も多く、最大で 5000 W となっている。夜間は 1200 W 程で安定しているが、日中は使用量の変動が大きくなる。暖房は、台所のエアコンを朝と夜の調理をする時間につける日がたまにある程度で、暖房器具は主に灯油ファンヒーターを使用している。c)日積算電力使用量は平均 48 kWh/日である。3 月になってからは電力の使用量が若干少なくなっている。

5.3 高崎 T 邸

図 6、7 に高崎 T 邸の測定結果を示した。a)水平面日射量は 14 日に 800 W/m²程ある。b)室内温度の測定結果を示す。和室(東)の南側には日射を多く取り込むことのできる

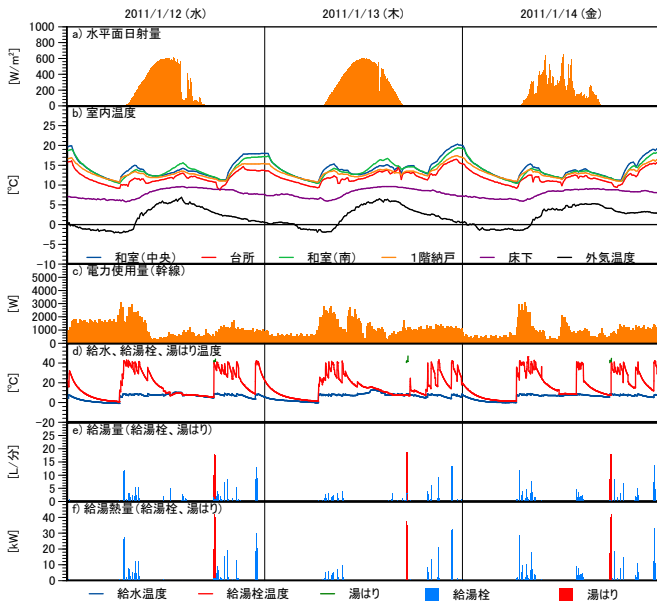


図2 時刻別結果 2011/1/14-1/16
(長久手 N 邸)

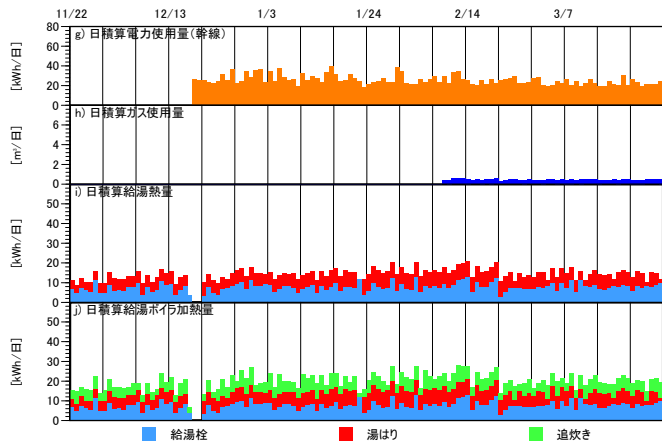


図3 日積算結果(長久手 N 邸)

広縁があり、広縁の温度は 25℃まで達している。そのため和室(東)は昼間に影響を受けている。居間として使用している和室(東)は広縁の影響で室温は高くなるが、夜から朝方にかけて冷え込む。室内温度幅は 10~15℃となっている。c)電力使用量は朝から昼までと夕方から深夜まで 1500 W 使用している。この時間帯は和室(東)のエアコンを使用している。本来エアコンの消費電力は立ち上がり時にピークがみられるが、室温が 15℃にしか達していないことから、エアコンの最大能力で運転していたため、電力量の変動がなかったと考えられる。エアコンを使用していない時間は最低で約 40 W で冷蔵庫等の家電のみの電力量となっている。e), f), g)の給湯温度は約 40℃で出湯しており、給湯栓の流量から頻繁に使用していることがわかる。湯はりの使用は 15 日のみであり、他の期間でも毎日の使用はみられなかった。d)は家全体のガス使用量であるが、この約 95%が給湯用ボイラで使用していた。h)日積算電力使用量は 12 月頃よりも 2 月頃の方が多くなっ

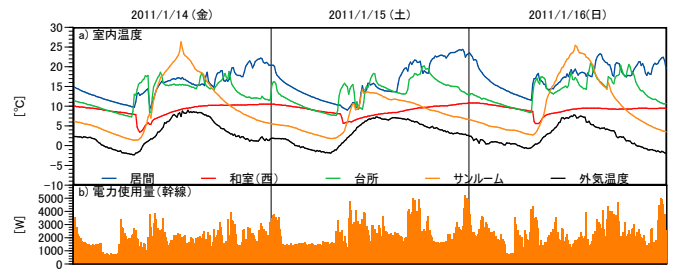


図4 時刻別結果 2011/1/14-1/16
(川崎 T 邸)

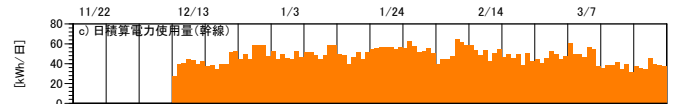


図5 日積算結果(川崎 T 邸)

ているが、エアコンの吹出口温度が 2~3℃高くなっているため、設定温度を高めに変更したと思われる。i)日積算ガス使用量は時刻別結果で示したように、湯はりの使用は毎日ではなく、日毎のボイラ使用量が異なるため、変動が大きい。平均使用量は 1.3 m³/日(129.7 MJ/日)である。j), k)の日積算給湯熱量、ボイラ加熱量もガス使用量と同じく日毎の差が大きい。平均は 27 kWh/日、29 kWh/日である。

5.4 東村山 G 邸

図 8、9 に東村山 G 邸の測定結果を示した。a)14 日は晴天日であり、最大で約 600 W/m²である。b)は 1 階の室内温度である。子供がまだ乳児であり、暖房機器の設定温度を高くしていると考えられる。暖房時の居間の最高室内温度は 25℃に達すが、明け方は約 12℃まで下がる。c)電力使用量は就寝前に 2 階の寝室でエアコンを 1 時間程使用するため、約 1800 W まで多くなるが、その時間帯以外の電力使用は少なく約 400 W である。d)ガス使用量は朝 2 時間、夜 7 時間程度の連続した使用があり、室内温度も上昇するため、ストーブを使用していた推測できる。夜に多くなる時間帯は給湯用ボイラを運転していたためである。15 日と 16 日の朝にかけて流量があるのは、追炊き運転を行っていたためである。e)給湯栓温度から出湯温度は約 40℃で使用している。f)給湯量は平日の日中には使用量がないが、週末は日中に使用がみられる。湯はりは 18 時頃に使用していた。g)給湯熱量は湯はり経路の温度が測定できていなかったため、給湯栓の熱量のみを示した。最も多い時間で 25 kW であった。h)日積算電力使用量は毎日ほぼ同じ量を使用しており、平均 10 kWh/日である。i)日積算ガス使用量は 4 棟のうち唯一ガストーブを使用していることから、使用量は最も多く、平均使用量は 4 m³/日(179.2 MJ/日)である。j)給湯熱量の平均は 11 kWh/日、k)ボイラ加熱量の平均は 13 kWh/日である。

6.まとめ

既存戸建住宅のソーラー改修を行う建物で、改修前の状態の測定を行った結果を述べた。

1)長久手 N 邸と川崎 T 邸は築年数から冬期の居室温度が

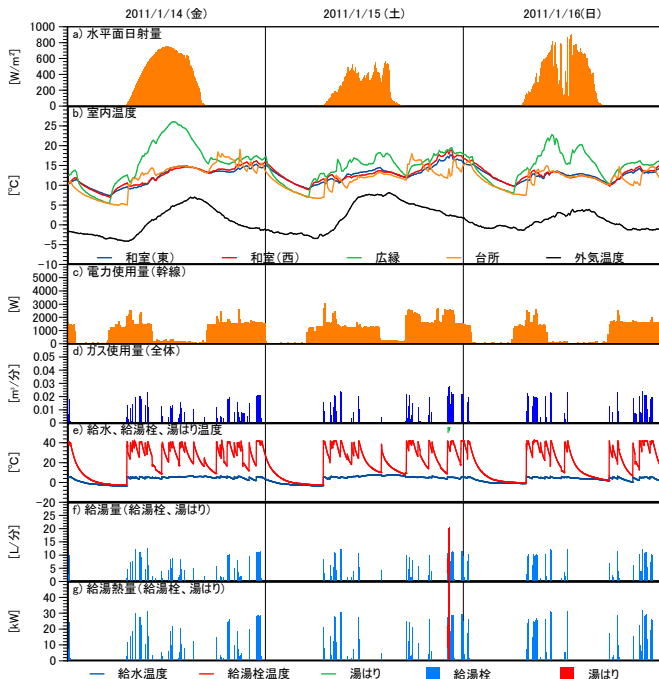


図6 時刻別結果 2011/1/14-1/16
(高崎 T 邸)

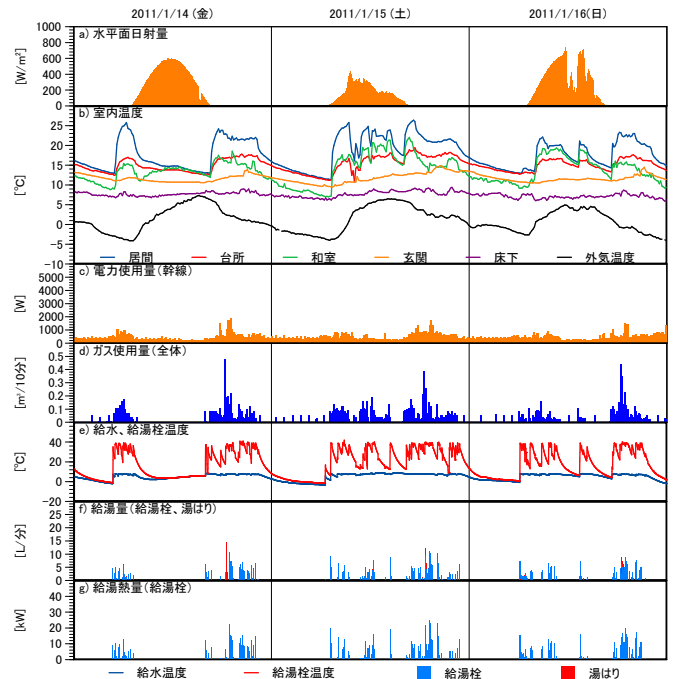


図8 時刻別結果 2011/1/14-1/16
(東村山 G 邸)

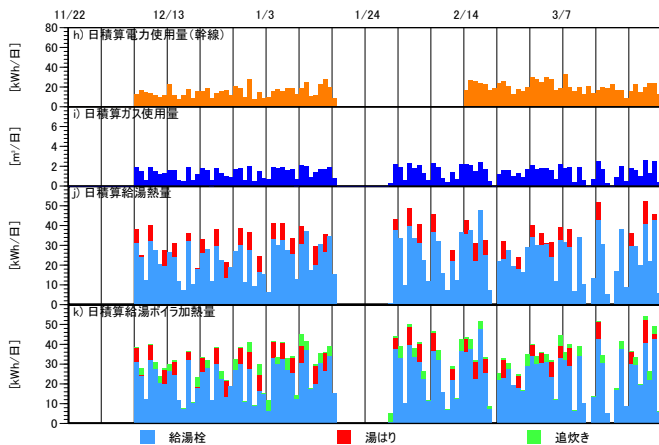


図7 日積算結果(高崎 T 邸)

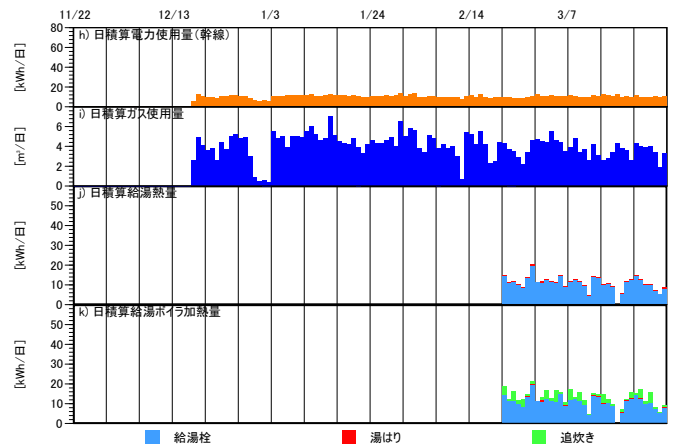


図9 日積算結果(東村山 G 邸)

低くなる予想されていたが、測定結果からは 10℃以下となる日はあまりなかった。暖房器具としてエアコンと電気こたつの電力を測定していたが、日常的にエアコンを使用していたのは高崎 T 邸だけで、一日に約 10 時間使用していた。石油ストーブを使用していた長久手 N 邸は約 7.5 時間、川崎 T 邸は約 6.5 時間、ガスストーブを使用していた東村山 G 邸は約 8 時間と推定される。給湯温度は 4 棟とも約 40℃であるが、平均給湯量は 300~600ℓ/日で、住宅による差が大きかった。

2) アンケート調査による過去数年間の月間エネルギー使用量と測定データを総合的に利用して、シミュレーション

の条件設定を再検討し、改修前後のシミュレーションを継続して行う。測定結果をシミュレーションに反映させることで、改修後の建物の熱環境、省エネルギー性能、太陽エネルギー利用性能についてより正確な予測が可能となる。

参考文献

- 1) 平柳、宇田川、他:空気集熱式ソーラー住宅の改修性能予測 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, 2011 年 8 月
- 2) 的場、宇田川、他:空気集熱式ソーラー住宅の改修性能予測 その2 川崎 T 邸、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 2011 年 8 月
- 3) 大場、宇田川、他:空気集熱式ソーラー住宅の改修性能予測 その3 高崎 T 邸、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 2011 年 8 月
- 4) 成田、宇田川、他:空気集熱式ソーラー住宅の改修性能予測 その4 東村山 G 邸、日本建築学会大会学術講演梗概集 D-2, 2011 年 8 月

* 工学院大学大学院

** 工学院大学建築学科 教授・工博

*** OM ソーラー株式会社 博士 (工学)

**** 飛鳥建設株式会社 (当時 大学院生)

***** 東洋熱工業株式会社 (当時 大学院生)

* Graduate Student, Kogakuin University

** Prof., Dept. of Architecture, Kogakuin University, Dr. Eng.

*** OM SOLAR, Inc., Ph. D.

**** Tobishima Co., Inc., Formerly Graduate Student, Kogakuin Univ. M.Eng.

***** Tonets Co., Inc., Formerly Graduate Student, Kogakuin Univ. M.Eng.