

自然エネルギー利用住宅の開発と性能評価（その2） －簡易型空気循環式太陽熱利用システムと太陽光発電システムを備えた高気密・高断熱住宅の省／創エネルギー性能と居住性能－

Development and Performance Evaluation of Natural Energy Utilizing House (Part 2) -Energy saving/creating ability and dwelling ability of well-insulated and air-tight house with an air circulation type simple solar heat utilizing system and a photovoltaic power generation system-

塙 藤 徳^{*1}
Fujinori HANAWA

森 川 岳^{*2}
Takeshi MORIKAWA

Abstract

A well-insulated and air-tight experimental house with an air circulation type simple solar heat utilizing system and a photovoltaic power generation system was evaluated for its energy saving and creating ability. An annual energy balance of 21.2 GJ of energy creation was attained during Apr. 2008 to Mar. 2009. Good insulation on an electric hot-water supply apparatus contributed to save 6.1 GJ/year of energy that is equivalent to an energy consumption of a high energy consuming month of a year. The house was also evaluated for its dwelling ability using temperature-humidity index (THI). The living environment of the experimental house was kept within the range of good and allowable conditions in THI through a year with little energy consumption showing THI could be a good index to evaluate a dwelling performance of a house as a building.

キーワード：太陽熱，空気集熱，エネルギー収支，温度湿度指数，自然エネルギー，高気密・高断熱住宅，居住性能

Key Words：Solar heat, Air-type heat collection, Energy balance, Temperature-humidity index, Natural energy, Well-insulated and air-tight houses, Dwelling ability

1. はじめに

化石資源の枯渇対策および地球温暖化防止のための二酸化炭素排出削減対策として同資源に頼らない住宅の温熱環境の快適化が重要である。我が国においては、太陽熱利用促進のための効果的な政策が遅れていることもあり、住宅分野における太陽熱利用は（エネルギー利用効率が太陽光発電より高いにもかかわらず）低迷したままである¹⁾。このような中、政策に頼らずに住宅における自然エネルギーの利用を促進させるためには、装置の簡素化・低価格化が

重要である。

我々は、エネルギーの効率的利用が可能な高気密・高断熱住宅において夏に屋根面へ照射される日射熱の室内への取込み回避を目的に設けられることが多い（断熱材と野地板との間に設けられ軒下と棟をつなぐ）屋根下通気路を利用した簡易な空気集熱式太陽熱利用システム（以下 SSS），および木造住宅の蓄熱性能を高めることが可能な効率よく日射を吸収し、吸収した熱を夜まで持ち越すことができる軽量で安価な日射吸収・蓄熱床（SRAHR 床）を考案し、それらの性能について報告した²⁾。

今回は、これらの設備に加えて、各種の建築的省エネ手法、省エネ家電（給湯を除く）、太陽光発電設備などを備えた高気密・高断熱木造実証建物（床面積 174m²，両親と子 2 人の 4 人家族）のエネルギー収支について報告する。また自然エネルギーを多用

^{*1} 独立行政法人森林総合研究所 主任研究員（〒 305-8687 茨城県つくば市松の里¹⁾
e-mail: fujinori@ffpri.affrc.go.jp

^{*2} 独立行政法人森林総合研究所 主任研究員
（原稿受付：2010 年 11 月 25 日）

する実証建物では、エアコン等により厳密に温度と湿度をコントロールした場合に比べて、居住環境における温度・湿度の日／年変動が大きくなることから、その居住環境が快適な範囲に収まっていたかどうか検証する必要がある。ここでは、実証住宅の居住性能について、温度、湿度、絶対湿度および温度湿度指数（以下 THI）を指標とした評価を行った結果についても報告する。

2. 実証建物の概要

実証建物（図 1）の仕様の概要を表 1 に示した。本建物は、冬季におけるダイレクトゲインを大きく取るために、1 階南面に開放部を大きく取り、熱貫流率 $2.905 \text{ W/m}^2\text{K}$ 、日射熱取得率 0.79 の樹脂製複層ガラス窓を設置した。建物の熱損失係数は $2.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ 、であり（ただし、換気量を $80 \text{ m}^3/\text{h}$ とした場合）、IV 地域における次世代省エネルギー基準の値 $2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ を下回っている。隙間相当面積（C 値）は $0.57 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ である。集熱効果を高めるための屋根材は、日射吸収率 94.7% のガルバリウム鋼板（ 37.9 m^2 ）を用いた。建物 1 階の開口部に面した床には、押出し形成セメント板の中空部分（断面形状 $55 \times 32 \text{ mm}$ もしくは $56 \times 32 \text{ mm}$ の空洞が縦方向に合計 4 カ所存在）にプラスチック容器に入れた水を充填したものを構造体に固定し、厚さ 9 mm の黒いタイルで仕上げた日射吸収・蓄熱床 7.944 m^2 を設置した（蓄熱量； 1580 kJ/K ）²⁾。エネルギーを消費する設備・機器としては、給湯用電気温水器（夜間電力）、ガス調理台（LP ガス）、公共上水道、高性能合併浄化槽、エネルギー効率の高い家電品、電球形蛍光灯・センサー付き白熱灯などを用いた。暖房は、SSS に加えて消費電力 100 - 320 W のコタツを、



Fig. 1 External appearance of the experimental house

Table 1 Specification of the experimental house.

Total floor area	173.99 m^2 (182.69 m^2 , including a stairwell)
Building volume	483.90 m^3
Azimuth angle	-2° (Eastward)
Location	Lat. $36^\circ 02' \text{ N}$, Long. $140^\circ 13' \text{ E}$. (IV area)
Equivalent leakage area (C value)	$0.57 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ ($< 5.0 \text{ cm}^2/\text{m}^2$)
Coefficient of heat loss (Q value)	$2.02 \text{ W/m}^2\text{K}$ ($< 2.7 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Overall coefficient of heat loss	368.5 W/K (ventilation; $80 \text{ m}^3/\text{h}$)
Solar radiation gain (μ value)	0.030 (Summer), 0.107 (Winter)
【Insulator】 Foundation	Form glass ($\lambda = 0.035 \text{ W/mK}$, $t = 60 \text{ mm}$, $K = 0.583 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Wall and Ceiling	High performance phenol form ($\lambda = 0.020 \text{ W/mK}$, $t = 50 \text{ mm}$, $K = 0.400 \text{ W/m}^2\text{K}$)
Roof	urethan form ($\lambda = 0.021 \text{ W/mK}$, $t = 40 \text{ mm}$, $K = 0.525 \text{ W/m}^2\text{K}$)
【Windows】 East, West and South	double glazing plastic sash ($K = 2.905 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\eta = 0.79$)
North	Insulation double glazing plastic sash ($K = 1.720 \text{ W/m}^2\text{K}$, $\eta = 0.62$)
【Roof】 Solar radiation collecting part	(37.9 m^2) ; Galvalume sheet steel (Black, $a = 94.7\%$, $\varepsilon = 0.88$)
Other part	Galvalume sheet steel (Deep green, $a' = 87.8\%$)
【Wall】 First floor	Galvalume sheet steel (Deep green, $a' = 87.8\%$)
Second floor	Galvalume sheet steel (Sand white, $a' = 48.5\%$)
【Others】 PV system	(7.4 kW) , Electric hot-water supplying system, LPG Range, Public water supply, Amalgamation septic tank.

cf. λ ; coefficient of heat conduction, K ; coefficient of over-all heat transmission, a ; absorption coefficient of solar radiation, ε ; thermal emissivity, a' ; absorption coefficient of near infrared, η ; solar heat Gain coefficient.

冷房は、COP4.55 のエアコンを年により操作方法（後述）を変えながら用いた。エネルギー生産設備としては、 3.8 kW の太陽光発電（以下 PV）パネルを屋根の日射吸収面の周囲に設置（傾斜角： 31° ，方位角：東へ 2° ）し、さらに、（2001 年に他所に設置した） 3.6 kW の第 2 システムを 2007 年 10 月に地上に移設・増設（傾斜角： 40° ，方位角：東へ 2° ）した。ただし、屋根に設置した 3.8 kW システムと地上に設置した 3.6 kW のシステムの 2008 年 4 月から 2009 年 3 月までの一年間の発電量は、それぞれ 4943 kWh および 3556 kWh であり、後者のシステムの発電量は、前者のシステムの容量を 3.6 kW に換算した値（ $4682 \text{ kWh} = 4943 \text{ kWh} \times 3.6 \text{ kW}/3.8 \text{ kW}$ ）の 75.9% であることから、後者のシステムの発電量の低下が疑われた。実証建物の平面図ならびに 1 階および 2 階の温度・

湿度の測定ポイントを図2に示した。1, 2階ならびに各部屋の空気の流れを良くするために、南面の中央に大きな吹き抜けを設け、建具を極力排している。建物の中央には簡易ソーラーシステム用の縦ダクトが設けられている。

3. エネルギー収支の計算

外部より購入したエネルギーは、電力（給湯用および非給湯用）、調理用ガス、上水道ごとに毎月発行される請求書・領収書に記載された使用量を基に計算した。ただし、東京電力（毎月7～10日頃検針）・ガス会社・水道局による毎月の検針日にそれぞれ誤差があるため、検針日の間隔が当該月の日数に対して増減し、これに応じて、電力・ガス・水道使用量および余剰電力（売電気量）に若干の増減があることから、ここに示した各月のエネルギー収支にも若干の誤差が生じている（年間を通しての誤差は無い）。PV発電量は、毎月7日にパワーコンディショナーに表示された積算発電量の値から計算した。

給湯用エネルギーは、夜間電力の総消費量から非給湯用電気機器のカタログ掲載の消費電力または年間消費電力量（2006年5月1日以降のJIS規格）から計算される平均消費電力に夜間の使用時間に乗じた電力量を差し引くことで代用した。非給湯用電気機器の消費電力量は、差し引いた夜間電力量と昼間消費電力量の合計とした。夏期においては床下除湿を行い、除湿器のカタログ記載の消費電力（330W）に夜間の使用時間（10時間）と床下の湿度データから読み取れる除湿器使用日数を乗じることで求めた。また、居住空間の冷房エネルギーは、2006年と2007年は、各年に毎日記録したエアコンの運転時間（2006年は主に午後10:00から翌朝午前8:00まで運転、2007年は主に午前6:00前後から午前8:00まで運転）に一階南東部の居住空間の湿度データから読み取れるエアコンの使用日数と、一晩の平均消

費電力の平均値737W（2009年8月25日から27日に記録されたエアコン消費電力量と使用時間から計算された値）を乗じることで、2008年（主に午前6:00前後から午前8:00までエアコンを運転）は、エアコンに付随した電気料金表示機能より計算される消費電力量を積算することで、それぞれ求めた。なお、エアコンの電気料金表示機能より計算される消費電力は、製造メーカーからの報告によると、一回の運転あたりの消費エネルギー量が150Wh以上の場合10Wh程度ということなので、一回につき数kWh運転する場合、この誤差は、無視できる程度に小さいものと考えた。冬期においてコタツ用に使用された消費電力は、カタログ表示の消費電力とコタツの使用時間から求めた。また、昼間電力、夜間電力および上水道のエネルギーのジュール表示への変換係数は、それぞれ9.97MJ/kWh、9.28MJ/kWh（エネルギーの使用の合理化に関する法律）および4.9MJ/m³（「東京都水道局環境報告書2009」に示された2008年度の東京都水道局の総合配水量とこれに関する浄水と配水に要したエネルギーから求めた）を用いた。LPガスの換算には、ガス会社より示されたガスの容積比重2.075kg/m³に、50.2MJ/kg（エネルギー源別標準発熱量の改訂について、平成14年2月、資源エネルギー庁）を乗じたものを、各月の使用量（m³）に乗じた。

4. エネルギー収支と考察

図3Aに2006年4月から2009年3月までの月別エネルギー収支（一次エネルギー換算）を示した。PVの売電気量をマイナス側に、給湯用電力、非給湯用電力、LPガス、上水道、およびPVからの自家消費分のエネルギー消費量をプラス側に下から順に示した。

給湯用エネルギーは、いずれの年も春から夏にかけて低下し（極小値は、2006年9月；2099MJ、2007年6月；2034MJ、2008年7月；1511MJ）、その後上昇し真冬に極大となった（極大値は、2006年12月；5110MJ、2008年1月；4813MJ、2009年1月；4360MJ）。検針日による消費エネルギーの誤差があるが、真冬と真夏では、給湯用エネルギーの消費量は、2～3倍の差が生じた。

また、2007年10月に給湯用電気温水器の周囲に断熱材（厚さ50mmのスタイロフォーム）を設置したところ、設置前後の各1年間における給湯用消費エネルギーは、それぞれ3985.7kWhおよび

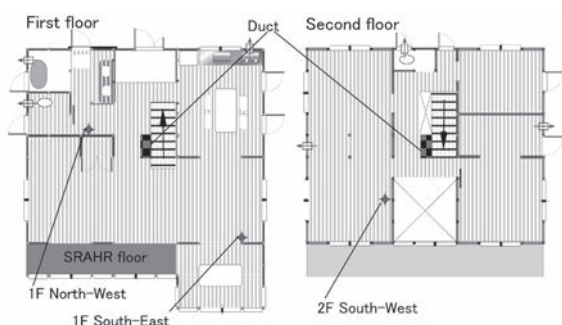


Fig. 2 Floor plan and measuring positions (➡).

3330.2 kWhであった。この差は655.6 kWh/年であり、給湯器の貯湯層の断熱により6.1 GJ/年のエネルギー消費を抑制することができた。この量が、消費の多い一月分のエネルギー消費量程度であることは、注目に値する。

2006年の夏は、竣工直後にスラブコンクリートから発生する水分を除去するために除湿器を多用し、(夜間の外気を積極的に利用する方法ではなく)夜間電力の使える午後10:00 – 翌朝8:00にエアコンを用い、日中は窓を閉め(かつ日射を積極的に遮蔽し)、その冷気を夕方まで持ち越し、夕方外気温が居住空間の温度よりも低下した頃から(エアコンを使い始める)午後10:00まで窓を開けるという方法を用いたため、7, 8, 9月の非給湯用電力は、それぞれ2647, 4012, 2736 MJ(うち除湿・冷房用は、それぞれ487, 1971, 1154 MJ)となった。これらの値は、窓を開け夜間の外気を積極的に取り入れ、午前6:00 – 8:00の間にのみエアコンを用いて除湿

することで除湿・冷房に関するエネルギー消費を減らした2007年(7, 8, 9月の非給湯用電力は、それぞれ1810, 1644, 1565 MJ, うち除湿・冷房用は、それぞれ613, 706, 596 MJ)および2008年(7, 8, 9月の非給湯用電力は、それぞれ1629, 1394, 1433 MJ, うち除湿・冷房用は、それぞれ761, 565, 472 MJ)に比べて大幅に多かった。

表2に2006年, 2007年および2008年の夏の除湿と冷房のために消費したエネルギーを示した。除湿を含めた冷房に使用されたエネルギーは、新省エネ

Table 2 Energy for dehumidification and air condition (MJ)

Year	dehumidification				air condition			
	Jul.	Aug.	Sep.	Sum	Jul.	Aug.	Sep.	Sum
2006	487	877	812	2176	0	1094	342	1436
2007	367	275	429	1071	246	431	167	844
2008	429	306	184	919	332	259	288	879

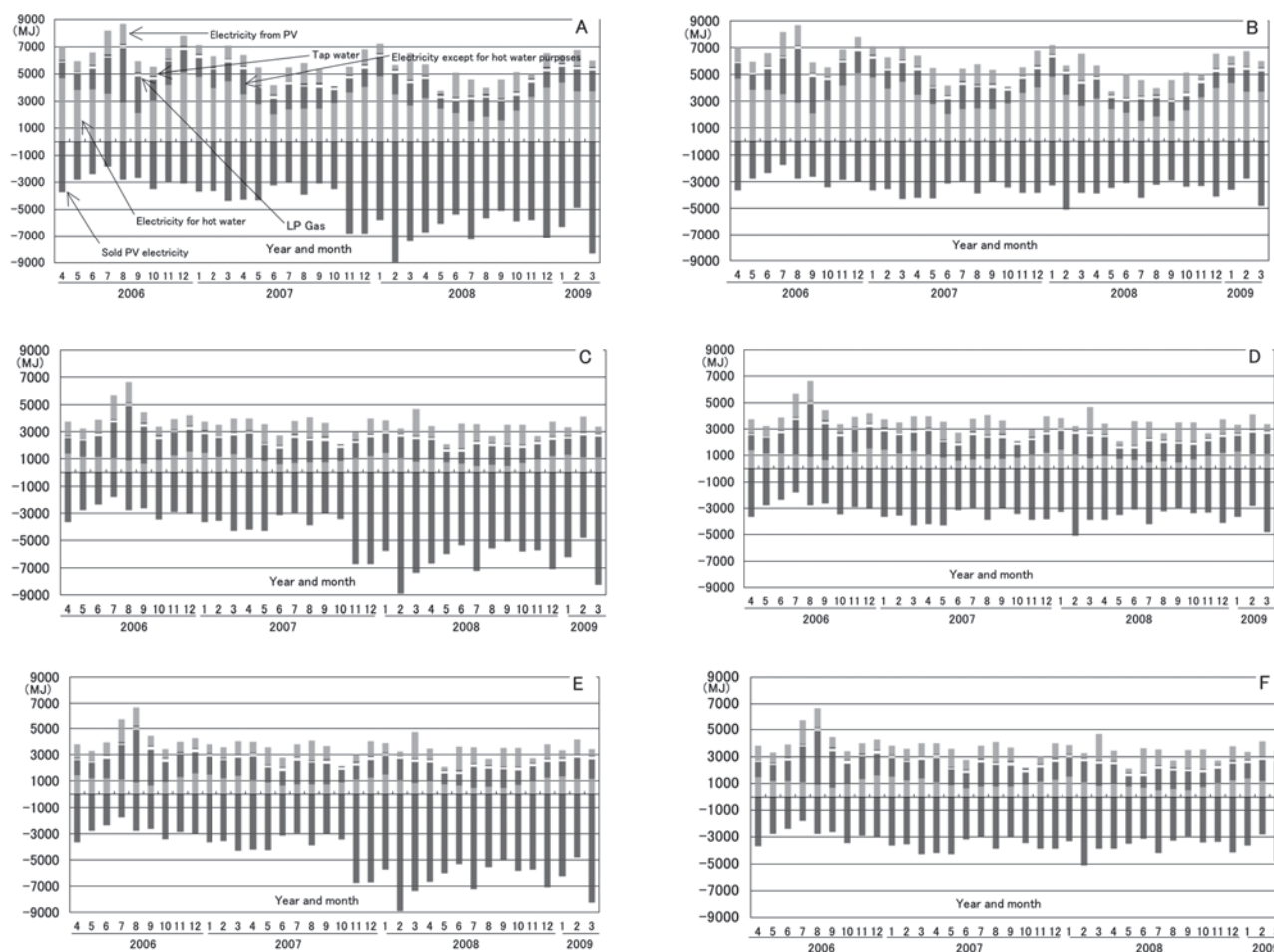


Fig. 3 Monthly energy balance of the experimental house from Apr. 2006 to Mar. 2009 (A). Simulations of energy balances by reducing the hot water supply energy to 29.9% and 31.1% that are speculated to be used for heat pump hot water heater (B) and highly efficient on-demand gas water heater (C). B, D, F; Electricity generated from the effective output of 3.6 kW PV system installed in Oct. 2007 was eliminated from corresponding A, C, and E respectively.

基準にしたがって建てられた住宅の部分間欠冷房エネルギー 2400 MJ および全館連続冷房エネルギー 5300 MJ³⁾と比較して、低く押さえることができた。

調理用ガスおよび上水道のエネルギー消費は、それぞれ 180 MJ / 月 (2.1 GJ / 年) 程度および 100 MJ / 月 (1.2 GJ / 年) 程度であった。

暖房エネルギーに関しては、冬期まで床下スラブコンクリートに熱を蓄え、冬期に使用することを期待して 2006 年は、10 月 25 日から開始して、翌年 2 月 21 日までに簡易ソーラーシステムを 85 回作動させた。2007 年および 2008 年は、それぞれ 10 月 18 日から 3 月 12 日までに 77 回、および 9 月 24 日から 3 月 12 日までに 89 回作動させた。なお、作動時間は、屋根下通気層の温度が十分上昇する午前 10 : 30 - 午後 3 : 30 を基本運転時間とし、日射の具合により、その都度調整した。簡易ソーラーシステム用ファンの消費電力は 60 W なので、一日 5 時間、85 日運転した場合の消費エネルギーは 0.25 GJ / 年程度になる。また、コタツの消費電力は、多くても 4.8 GJ / 年程度 (320 W × 10 時間 × 150 日程度) と見積もられている (ただし、2008-2009 の冬はコタツの出力を 1/3 程度に抑えたため、消費エネルギーもこれに応じて減少している。)

2007 年 10 月に 3.6 kW の第 2 の PV システムを設置したため、同年 11 月からの PV による発電量が増加している。これ以前は、PV からの余剰電力が、ガス・水道を含む購入エネルギーを上回ることにはなかった。しかし、これ以降 PV からの余剰電力エネルギーは、2008 年 1 月と 2009 年 2 月を除いて購入エネルギーを上回った。冷暖房のいらない中間期、および除湿・冷房エネルギーは必要となるが、給湯エネルギーが減少する夏期のエネルギー消費は 3-5 GJ / 月程度、給湯エネルギーが増え、コタツが使用される期間の消費エネルギーは、5-7 GJ / 月程度であった。

図 3 の B - F にヒートポンプ給湯器 (C)、高効率燃焼型給湯器 (E) を用いた場合と、それぞれの給湯器を使った場合から第 2 の PV を削除した場合 (B, D および F) の月別のエネルギー収支を示した。なお、ヒートポンプ給湯器および高効率燃焼型給湯器の電気温水器に対する消費電力量の割合は、「省エネ法 住宅事業建築主の判断基準 / 用途別一次エネルギー消費量算定用シート」に示された IVa 地域におけるそれぞれの年間一次エネルギー消費量、19.7, 20.5 および 65.9 GJ より算出した。これによると、電気温水器を使っている限りにおいては 3.8 kW の PV

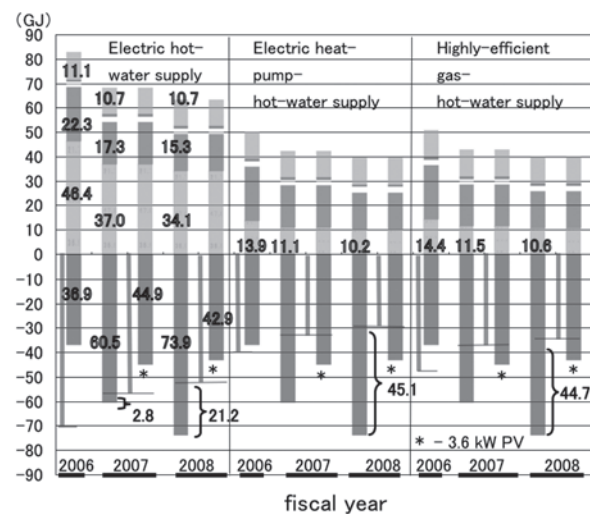


Fig. 4 Annual energy balance of the experimental house from Apr. 2006 to Mar. 2009. Simulations of energy balances for the usage of heat-pump and highly-efficient gas hot water heater and elimination of electricity generated by the effective output of 3.6 kW PV system are also exhibited.

のみでは、エネルギー収支をプラスにすることはできないが、ヒートポンプ給湯器あるいは燃焼型高効率給湯器の使用により、エネルギー収支をプラスにすることは可能であることが示された。

図 4 に年間ベースの、および給湯器の種類を変えた場合の仮想上のエネルギー収支を示した。2006 年度は、第 2 の PV システムが無かったことおよび夏の電力消費が大きかったことにより、エネルギー収支は -35.0 GJ (購入した分が PV の余剰分を上回った) となった。2007 年度は、11 月から第 2 の PV が作動し始めたこともあり、2.8 GJ の創エネルギーとなった。一年を通して第 2 の PV が作動した 2008 年度は、エネルギー収支のプラスがさらに大きくなり 21.2 GJ の創エネルギーとなった。第 2 の PV による発電量を加えたまま、ヒートポンプおよび高効率燃焼型給湯器を利用したと仮定した場合、2008 年度のエネルギー収支は、それぞれ 45.1 および 44.7 GJ の創エネルギーとなった。第 2 の PV による発電量を除いた場合、電気温水器を用いる限りにおいては、創エネルギーには 9.7 GJ 届かなかったが、ヒートポンプおよび高効率燃焼型給湯器を利用したと仮定した場合、それぞれ 14.2 および 13.7 GJ の創エネルギーとなる。

5. 居住性能

5-1 温度湿度指数

Thom と Bonsen により提唱された不快指数 (discomfort index⁴⁾) は、衛生学、建築学の分野で用いられる温度、湿度および風速をパラメータにした Houghten と Yaglou の 実 効 温 度 (effective temperature⁵⁾、有効温度⁶⁾ ともいう) から風速の影響を省いて温度と湿度の一次式により求められる指数として考案されたものである⁷⁾。米国気象庁により天気予報のための指標として当初使われた (不快指数はアメリカ合衆国では、後に温度湿度指数 <Temperature Humidity Index (THI)> と改められた⁶⁾ ため、本稿でも、この名称を用いた。) が、風速や輻射 (日射) の影響が考慮されていないため、当初の目的には不向きと考えられる⁸⁾。しかしながら、THI のベースになった実効温度は、もともと室内の温熱環境の指数として使われて来たものであり、THI は、風や日射の影響の少ない室内環境の善し悪しを表す指標としては有効なのではないかと考えられた。たとえば、1962 年の石常ら⁹⁾ の THI を指標とした夏季の木造戸建住宅と RC 集合住宅の居住性能に関する報告では、蓄熱量の多い RC 集合住宅が蓄熱量の少ない木造住宅よりも高い THI を示し、居住性能が悪いことが示されている。(これには、当時の木造住宅の低い気密性能による換気の影響もあったと考えられる。) なお、環境の快適指標をより詳細に表す指標として、温度、相対湿度、気流、放射に加えて人の着衣量と代謝量を考慮した予測平均温冷感 (predicted mean vote, PMV)¹⁰⁾ などもあるが、今回は、少ないエネルギー消費で容易に調整できる気流や着衣量、および個人によって異なる代謝量を建物自体の快適性能を表す指標としては、考慮する必要性が少なくと考え、THI を採用した。計算式は、 $DI = 0.81 ta + 0.01 rh (0.99 ta - 14.3) + 46.3$ を用いた (ta : 温度℃, rh : 相対湿度 [%])⁶⁾。

住宅の高気密・高断熱化が進んだ近年の住宅は、1962 年当時のものとは、異質の温熱環境となっており、このような住宅の居住環境を評価する指標が必要であると考え、THI の応用を試みた。

5-2 居住空間の温度と相対湿度の日／年変動

図 5 に、居住空間と外気の 2008 年 9 月から 2009 年 9 月の変動を示した。2008 年 9 月に、最低が 25℃ 以上だった居住空間の温度は、外気温の低下とともに徐々に低下し、12 月の初旬に一日の最高気温

が 25℃ に届かなくなったが、簡易ソーラーシステムと南に大きくとった開口部からの日射の影響により、晴れの日には、真冬でも最高で 21-22℃ に達し、最低温度も 15℃ 程度であった (ただし、曇りや雨の日には温度が下がり、このシーズンの最低温度は 10.4℃)。居住空間の温度の低下が非常にゆっくりとしていることから、居住者はその環境に慣れて行く事が可能で、寒さを感じる事が少ない。2009 年 2 月後半から 3 月初旬にかけて室内温度が低い時期があるが、この時期には体が低温に慣れ (夏に向けて冷気をスラブコンクリートを含む床下空間に溜め込むために) 簡易ソーラーシステムを停止 (3/12) してもそれほど寒くはない。居住空間温度の日変動は、秋からの簡易ソーラーシステムの運転開始、および太陽高度低下による室内に侵入する日射の増大に連れて大きくなり、9 月に 2-3℃ 程度の日変動だったものが、1 月は、7℃ に達した (晴れた日)。(後述のように不快ではない。)

室内に差し込む日射を、アルミ蒸着シートを用いた簡便な日射遮蔽幕で遮蔽した事もあり、春から夏にかけての居住空間の温度は、3℃ 程度の日変動を伴いながら春先の最低温度 15℃ 程度から真夏の最高温度 30℃ 程度に変化した。ただし、夏期においては、夜間の冷房運転 (季節消費エネルギー 1.8 GJ) を行っている。

秋／冬の居住空間の相対湿度は、9 月の最高 75% 程度から徐々に低下したが、真冬でも 50% 程度を維持し (一時 45% 程度に低下)、春先にかけて 60-65% に上昇した。加湿器を使用せずとも高い相対湿度を冬季において維持できたのは、簡易ソーラーシステムによる加湿効果¹¹⁾ と、躯体の吸放湿性能を最大限に利用できる柱・梁頭わし工法¹²⁾ と珪藻土仕上げの壁による吸放湿効果のためと考えられる。(9 月 20 日から 12 月 4 日に見られる外気の湿度の低下は、データロガの故障によるものと考えられる。)

5-3 絶対湿度と不快指数の日／年変動と居住性能評価

図 6 に同じ期間の居住空間と外気の温度、絶対湿度および THI の変動を示した。気象研究所の調査によると、THI と日本人の体感の対応は、「寒い (55 未満)、肌寒い (55-60)、なにも感じない (60-65)、快い (65-70)、暑くない (70-75)、やや暑い (75-80)、暑くて汗が出る (80-85)、暑くてたまらない (85 以上)」とされている¹³⁾。この指標を用いて実証建物の居住性能を評価すると、秋口は、「やや暑い」と評

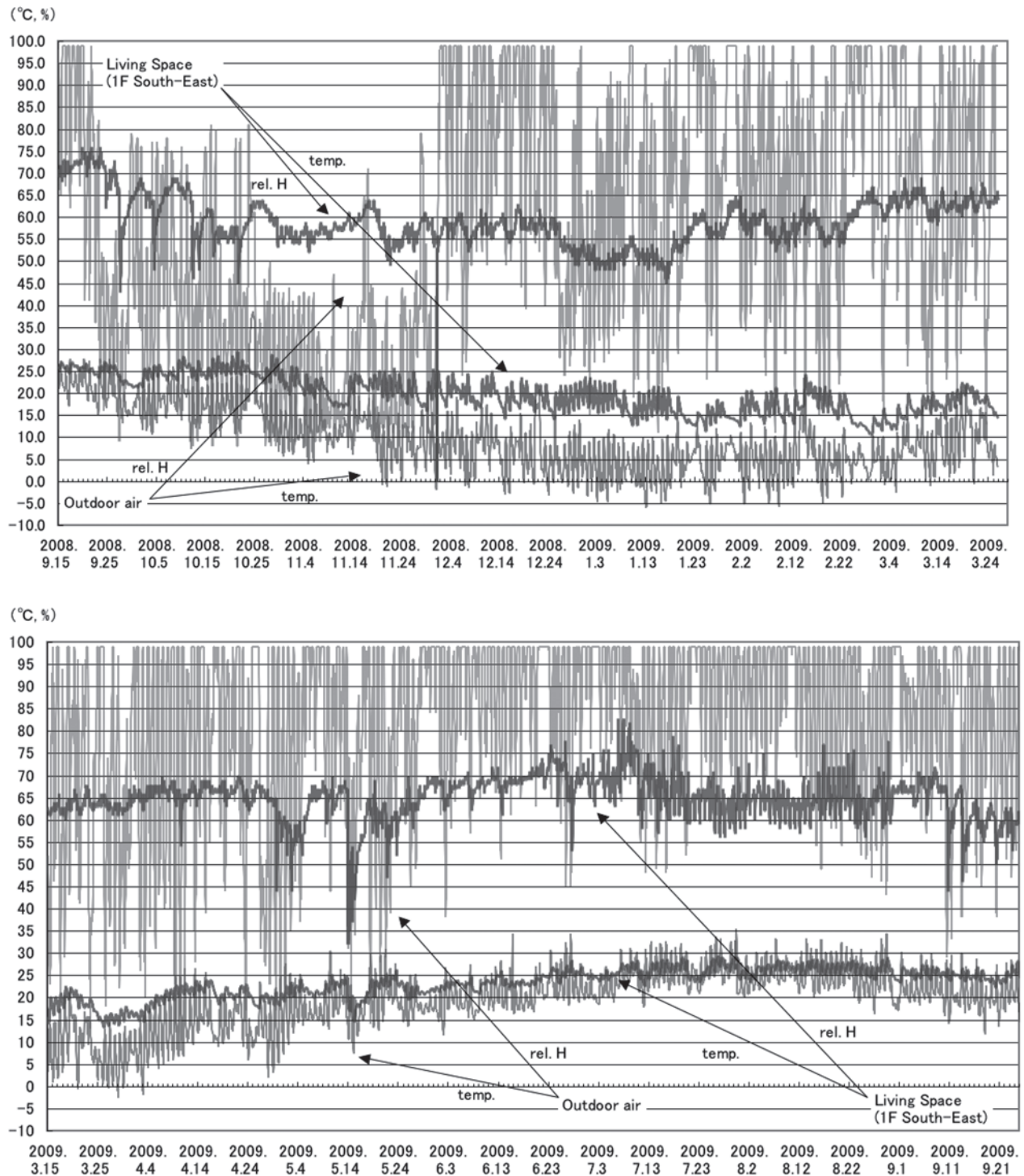


Fig. 5 Temperature (temp.) and relative humidity (rel. H) of living space (1F South-east part) of the experimental house and outdoor air, through a year. Upper; autumn and winter, lower; spring and summer.

価される THI75 を超える時間帯が一日のうち数時間生じ、10 月末から 12 月中旬にかけて、快適範囲 (60-75) を維持し、真冬にかけて日射の得られない日に「肌寒い」と感じられる 60 を下回る時間帯が出現し、ごく短い時間のみ「寒い」とされる 55 未満となった (2/28)。肌寒いと感じられる時間帯および極短い「寒い」とされる期間は、電気コタツ程度

の暖房で十分快適となるため、暖房のための消費エネルギーは僅かで済むが、無暖房とまでは行かない。

春から夏にかけては、春先に「肌寒い」とされる期間が若干あるものの、6 月中旬まで概ね快適範囲となり、それ以降「やや暑い」と称される時間帯が出現するが、この期間は、扇風機などにより気流を作る事および、着衣を工夫する事で、快適となる。

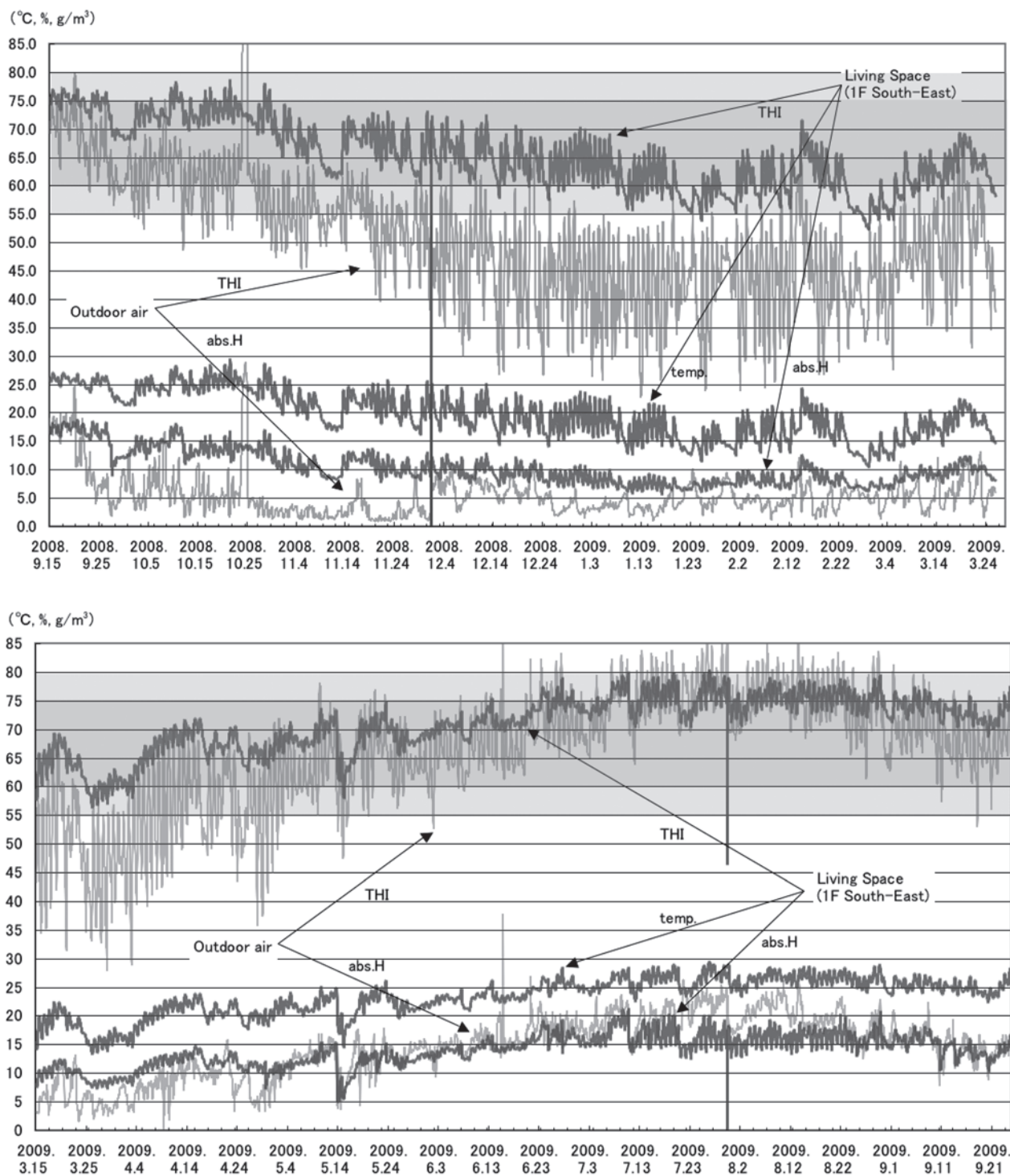


Fig. 6 Temperature humidity index (THI), temperature (temp.) and absolute humidity (abs. H) of living space (1F South-east part) of the experimental house and outdoor air, through a year. Upper; autumn and winter, lower; spring and summer.

前述のように夏期においては、夜間に極僅かなエネルギー消費を伴うエアコンによる除湿冷房を行っている事もあり、THIは、「やや暑い」の範囲に夏季を通して収まっている。建物の居住性能として快適範囲を「何も感じない」－「暑くない」の範囲である THI60-75、着衣量や気流の増減で対応できる「肌

寒い (55-60)」および「やや暑い (75-80)」の範囲を許容快適範囲とするならば、実験建物の居住性能は、ほぼこれらの範囲に収まっており、快適な居住性能が、僅かのエネルギー消費で達成できることが分かった。建物の冷暖房負荷は、地域の暑さ寒さの指標となる「度日 (デグリー・デー)」を基に建物内

部の温度を一定の温度に保つために必要なエネルギー量として計算されるが、居住環境は、温度のみならず湿度によっても大きく変化する。例えば、平田¹⁴⁾は、相対湿度が40%の場合、室内温度が28度であっても、（気流の影響も考慮した実験ではあるが）不快感と感じる人の割合は少ないことを報告している。このため、温度と湿度を同時に考慮した指標による新たな冷暖房負荷の計算方法が必要ではないかと考えられた。実験に用いた実証建物の居住者の体感がTHIの体感とほぼ対応しているとの感想もあり、建物の居住性能を評価する指標として、温度と湿度より算出されるTHIが有効であることが示唆された。また、温度・湿度の日／年変動に対する人体の「慣れ」を考慮することにより、建物の冷暖房負荷を低減できる可能性があることが示唆された。

6. まとめ

- 1) 簡易ソーラーシステムを備えた実証住宅において、7.4kWのPVシステム（若干の出力低下が疑われるが）を稼働させるにより21.2GJの創エネルギーを実現した。
- 2) 電気温水器を断熱することにより6.1GJ/年のエネルギー消費を抑制できた。
- 3) PV出力を3.8kWとした場合、電気温水器による給湯では、創エネルギーを達成することはできないが、ヒートポンプ給湯器および高効率燃焼型給湯器により、それぞれ14.2GJ/年および13.7GJ/年の創エネルギーとすることができることが分かった。
- 4) 21.2GJ/年の創エネルギーを達成した実証建物の不快指数を指標にした居住環境は、（僅かのエネルギー消費で）ほぼ快適な範囲に収まっていた。
- 5) 温度と相対湿度の一次式で表される不快指数が建物自体の性能を表す指標として有効である事が示唆された。
- 6) 住宅部門の省エネを実現するために、温度・湿度の日／年変動に対する人体の「慣れ」を考慮するこ

とが重要であることが示唆された。

参考文献

- 1) 伊藤定祐, わが国における太陽熱利用の低迷と新展開, 太陽エネルギー, **33**, 19-24, 2007
- 2) 塙藤徳, 森川岳 太陽エネルギー, **35**, 351-355, 2009
- 3) 自立循環型住宅への設計ガイドライン エネルギー消費50%削減を目指す住宅設計第2版, (財) 建築環境・省エネルギー研究機構, 秀巧堂, 2006
- 4) ThomE.C.andBosenJ.F.Weatherwise, **12**: 57-60, 1959
- 5) HoughtenF.C.andYaglouC.P.JournalofASHVE, **29** (3), 165-167, 1923
- 6) 社団法人空気調和・衛生工学会編 新版・快適な温熱環境のメカニズム豊かな生活空間をめざして丸善, 東京 2006
- 7) 神山恵三「気象と人間」: 生気象学入門（復刻版）紀伊國屋書店, 東京 1994
- 8) 射場本勘市郎, 西安信衛生工学, **10**, 9-14, 1965
- 9) 石堂正三郎, 井上昇, 生田綏子, 西田公子大阪市立大学家政学部紀要 **10**, 1-8, 1962
- 10) 田中俊六, 武田仁, 岩田利枝, 土屋喬雄, 寺尾道仁最新建築環境工学改訂3版, 井上書院, 東京, 59項, 2009
- 11) 塙藤徳, 森川岳第59回日本木材学会講演要旨集, 120項, 2009
- 12) 塙藤徳, 森川岳第60回日本木材学会講演要旨集, 120項, 2010
- 13) 気象庁編 気象観測技術資料第20号不快日数, 1-2項, 1963
- 14) 平田俊明 日本建築学会大会学術講演梗概集（近畿）, 895-896項, 1996