

ソーラーハウスの最適運転法に関する研究

その1 実験住宅の概要と実測結果

岩田 剛 (工学部 建築学科)

1. はじめに

環境問題が大きなテーマとなっている現在、建築分野でもエネルギー消費の削減が急務となっている。特に生活環境の向上にともない、民生用エネルギーの消費量は、増加の一途をたどっている。その中で、一般住宅の占める割合は大きく、その削減対策として、ソーラーエネルギーの利用が有効な方法の1つとなっている。

本報では、太陽熱利用床暖房を主として、夏期の夜間放射冷却を考慮した空気集熱式ソーラーシステム及び太陽光発電システムをもつ住宅について実測する機会を得たので、その概要と実測について検討した結果を報告する。

2. 実験住宅及び実測の概要

図1に、実験住宅の平面図を示す。陰影の部分は、床暖房対象の領域を示す。和室の畳は、電熱線式の床暖房用を用いた。図2に、住宅の外観を示す。この住宅は、南面の屋根に、暖房用の集熱パネルを設置すると共に、国のモニター事業による補助金を利用して3kWの太陽電池(系統連系システム)を取り付けている。また、資源の有効利用を目的に、北面屋根の雨水をタンク(約6m³)に貯水し、1階のトイレに利用する雨水利用を試みている。

表1に、実験住宅の概要とシステム運転の条件を示す。この住宅は、比較的屋根集熱面積が大きいことと、増築という理由から小屋裏に集熱ファンを既存部分に1台(集熱面積=37.1m²、床暖房面積=30.7m²)、増築部分に2台(集熱面積=45.6m²、床暖房面積=81.6m²)設置して、2系統で制御している。システムは、基本的に自動運転であるが、夏期の夜間取り入れ風量は、任意に設定できる。冬期については、集熱条件の温度以上になるように自動的に風量を調節する。

図3に外壁、屋根の断面図を示す。集熱屋根の強化ガラスについては、比較のため一部取り付けてい

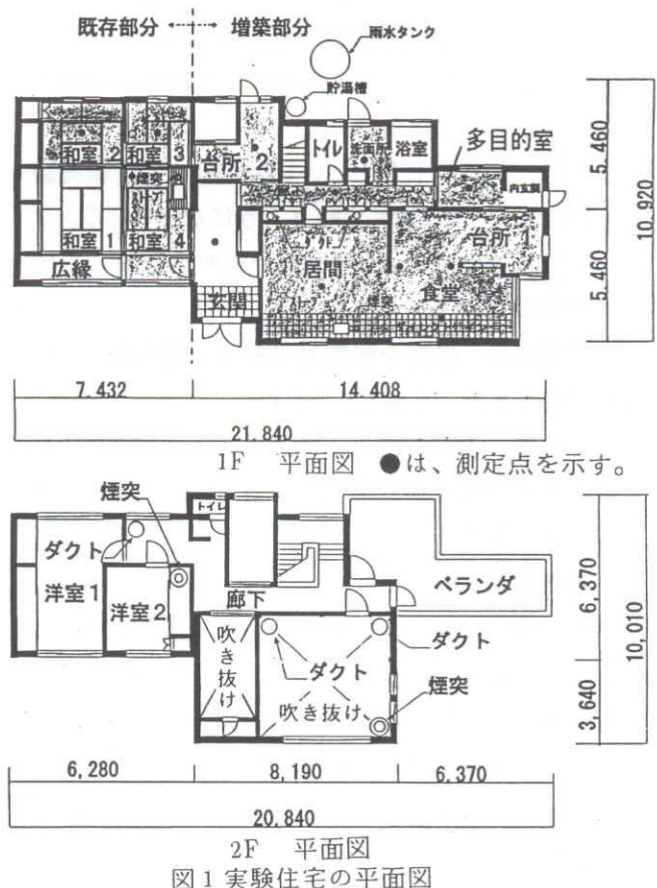


図1 実験住宅の平面図



図2 実験住宅の外観

ない。また集熱面は、増築部分が選択吸収板で既存部分がステンレスの黒色塗装板を使用した。なお屋根面は、集熱量、太陽光発電量の効率を考慮して、方位角をほぼ0度(真南向き)とし、傾斜角を29度とした。これは、年間を通した場合の平均日射量がほぼ最大となる条件である。

図4にシステム概要の一例を示す。軒下から外気

を取り入れ、棟ダクトで集熱された空気は、ファンを内蔵したハンドリングボックスと呼ばれる唯一の機械装置を通り、夏期は、給湯用コイルを介して排熱し、冬期は、縦ダクトを利用して1階床下に送風し、蓄熱コンクリートに蓄熱すると同時に床を温めて窓下の床より吹き出される。またこの住宅では、夏期、3台のファンの内2台で夜間の天空放射によって外気温度よりも低くなった空気を増築部分の室内に取り入れている。冬期の集熱量は、天候に左右されるため、集熱が十分でない場合には、補助暖房装置（石油ストーブ2台）で賄うようになっている。なお、このストーブは、2重煙突で排熱を回収して床下に送風している。

測定項目は、温度を熱電対で87点、電力を10点、集熱風量を2点、日射1点の合計100点で、実測は、データロガーを介して5分間隔で行い、連続的にパソコンを用いて自動計測している。なお、各室の測定ポイントを図1中に示した。

3. 実測結果

本報では、実測に用いた住宅の竣工が8月下旬であるため、本格的な暖房運転にはいる前の中間期の比較的外気温が低く日射が十分な場合（95年11月9日）の実測結果について検討した。従って、今回の実測では、補助暖房の運転は行われていない。

垂直温度分布

図5、6に、床下と室内の垂直温度分布を示す。14時の居間と和室の床下と床表面温は、ほぼ同様な温度となっているが、20時では、居間の床表面温が、あまり変化していないのに対して和室の床表面温は、かなり低下している。これは、室内温度についても同様な結果となっている。この原因については、和室が既存部分であるため、十分な断熱、気密ができなかったことと外気に面した開口部の面積が大きいことが考えられる。このことから、有効に太陽熱を利用した暖房を行うには、システムだけでなく断熱、気密が重要であることが分かる。

集熱板の違いによる集熱温度の差

図7に、選択吸収板とステンレスの黒色塗装板についてのそれぞれの集熱温度の時間推移を示す。実測は、それぞれ棟から軒先に対して上、中、下の3点で計測した。集熱風量と面積の条件に若干の差があ

表1 実験住宅の概要

敷地	三重県員弁郡
竣工	1995年8月
延べ床面積	240m ²
床暖房面積	112.3m ²
集熱面積	82.7m ²
構造	木造軸組工法
蓄熱床	コンクリート基礎(ベタ)100mm
貯湯槽容量	300リットル
開口部	樹脂気密サッシ,木製気密サッシ,ペアガラス
太陽電池	3kW

	モード	集熱条件	運転状態	風量
システム運転	夏	集熱温度 >40℃	排気	最大
		集熱温度 <外気温度-3℃	取り入れ (夜間放射冷却)	手動
	冬	集熱温度 >室温+10℃	暖房	変動

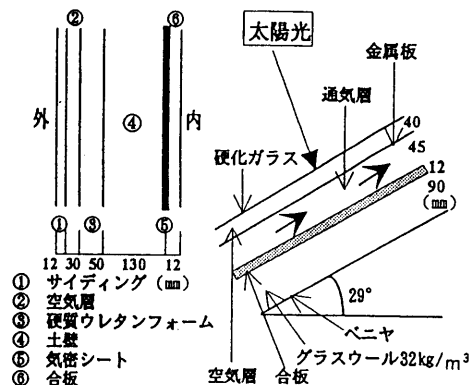


図3 外壁・屋根の断面図

集熱面ガラス付き

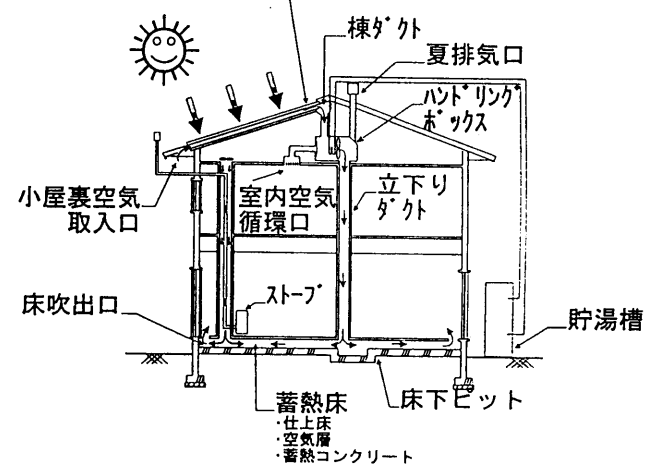


図4 システム概要の一例

るため一概には言えないが、ステンレスの黒色塗装板の方が初期の温度上昇がきつく、選択吸収板は、最高温度で6~10℃高い集熱温度が得られる結果となった。ただし、今回の実測結果（図6）からは、和室と居間の室内温度にそれほど差が表れていない

結果となっている。

ガラス板の設置による集熱温度の差

図8に、選択吸収板において全面にガラスがある場合と全くない場合についてのそれぞれの集熱温度の時間推移を示す。ガラスありの方が30℃以上高い集熱温度が得られる結果となった。ガラスの設置(放熱防止)は、集熱温度を高くするのにかなり重要であることが分かる。なお、夏期の夜間放射冷却の場合には、逆にガラスなしの方が有利であると考えられ、今後検討する予定である。

各室床表面温度の日変動

図9に、各室床表面温の時間推移を示す。それぞれの室において、かなりばらつきがあり、立ち下がりダクトの出口付近に仕切板を設けるなどで調整する必要がある。和室の1日の温度変化がかなり大きいのは断熱が不十分であるためと考えられる。なお、ダイレクトゲインの表面温は、他に比べて高い温度で推移していることが分かる。

電力、日射、風量、温度の日変動

図10、11に、比較的外気温が低く、日射量が多い場合のそれぞれの実測の時間推移を示す。図10の居間(床上90cm)の室温は、外気温が16時から24時にかけて急激な低下を示しているのに対して、緩やかな変化となっている。また、夜間外気温が10℃以下であっても補助暖房なしでほぼ20℃以上を維持する結果となった。また、棟ダクトにおける集熱温度は、50~60℃程度が得られており、図11中の集熱風量との関係は、比例する結果となっている。

今後は、搬送動力量の削減を目的にファンの発停を決定する集熱の設定温度と風量の最適な関係を検討していく必要がある。図11中の太陽光発電電力の実測では、最大出力2.5kW程度であり、80%の効率で運転されている結果となった。

総消費電力量に対する各電力量の割合

図12に、月毎の各電力量の実績を示す。なお、搬送動力量については、概算で求めた値を用いた。概算条件として、8月、9月は、夏期モードで昼間10時間の最大風量の排熱、夜間10時間の最大風量の放射冷却を行った場合の電力量を仮定した。10月については、冬期モードで11月の比較の日射の大きい場合の変動風による実測電力をもとに電力量を

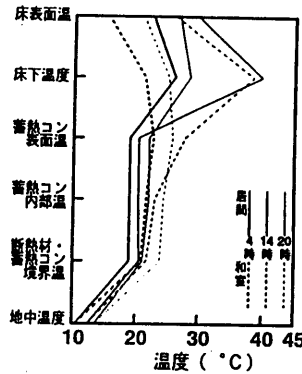


図5 床下垂直温度分布の時間推移

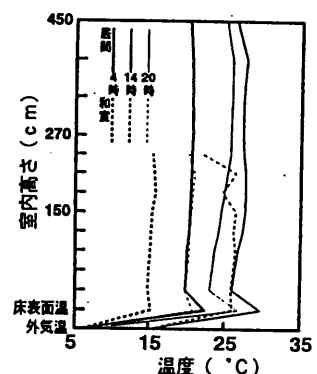


図6 室内垂直温度分布の時間推移

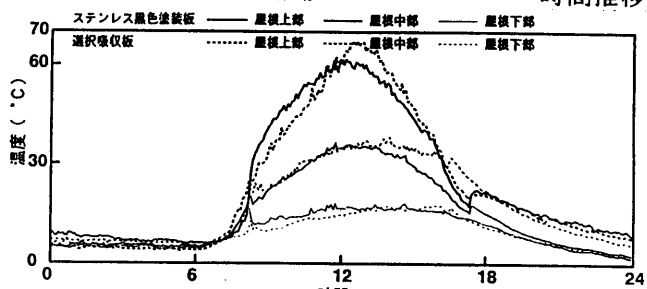


図7 屋根材の違いによる集熱空気温度の時間推移

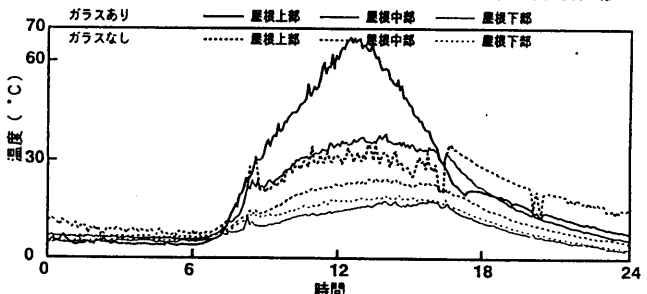


図8 ガラスあり・なしによる集熱空気温度の時間推移

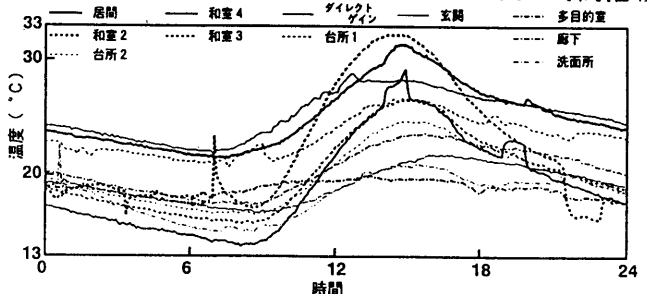


図9 各室床表面温度の時間推移

仮定した。一般に、標準の家庭における1カ月の電力消費量は、200~300kWhと言われており、実測をおこなった住宅では、8月がその3倍、9月、10月がその2倍の総消費電力量を示した。8月の電力量が大きいのは、エアコンの使用によるためである。9月の実績では、総消費電力に対する搬送動力量の割合が4割を占めており、これは、発電量とほぼ等しい。10月の実績では、ファンの運転が昼間に限られるため搬送動力量が9月の半分程度となっている。最も搬送動力量が大きくなると思われる夏期の場合

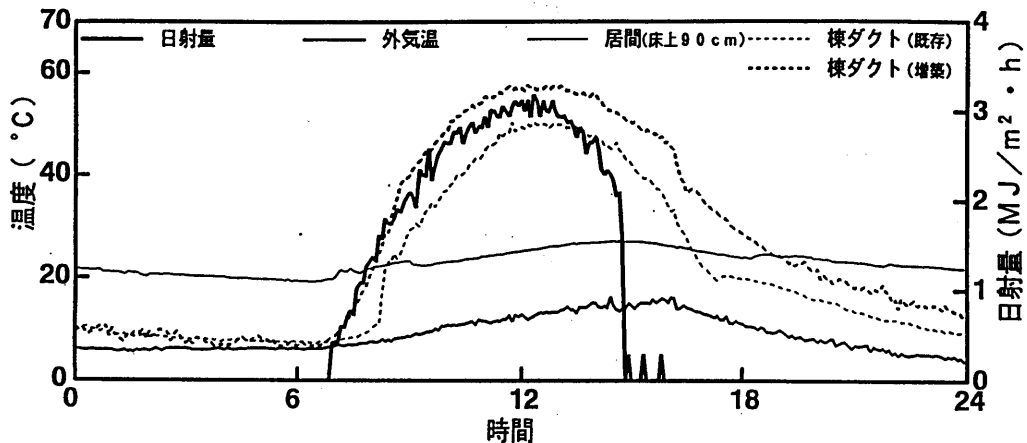


図10 日射・外気温度・室温・棟ダクト温度の日変化

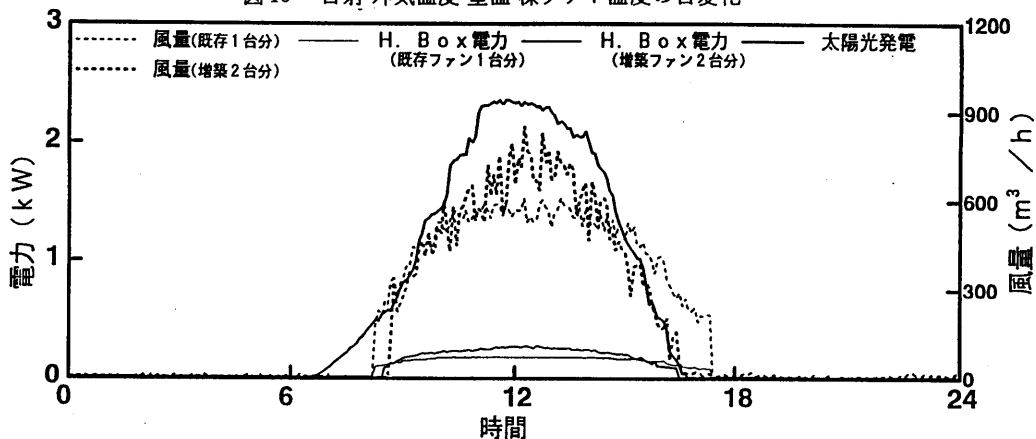


図11 風量・各種電力の日変化

合でも、この住宅については、太陽光発電量で賄われており、実質的には、暖房エネルギーが全て太陽エネルギーで賄われている結果となった。ただし、できるだけ排熱運転時間を少なくして消費電力量を抑えるために、夏期の排熱運転がどの程度住宅の環境に影響を与えているかを今後検討していく必要がある。

4. おわりに

ソーラーシステムを導入した住宅の各種空気温、電力量、日射量、集熱風量等を測定し、ソーラーシステムの性能評価について検討した。集熱が十分である場合には、実測が中間期であるものの、比較的大空間である居間の1日の室温は、夜間外気温が10℃以下であっても補助暖房なしでほぼ20℃以上を維持する結果となった。また天井高さ(4.5m)に対して上下の温度差は、2℃以下となっており、床暖房の効果が表れた結果となった。ただし、システムの運転条件によっては、1カ月の搬送動力量が、3kW出力の1カ月の太陽光発電量分を消費する結果となっており、今後は、各季節の運転実績と化石燃料(電

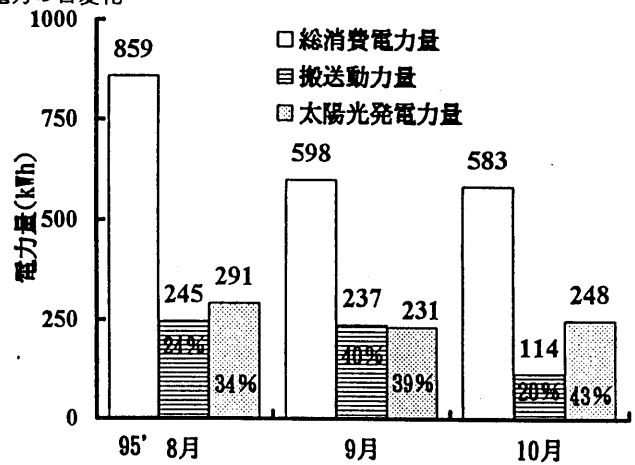


図12 総消費電力に対する各種電力量の割合

気、石油)の依存率を小さくすること(搬送動力量の低減)を目的にしたシステムの最適運転法について検討していく予定である。

本研究の推進にあたり、計測データの収集において多大なご協力をいただいた松田建設(株)に記して謝意を表します。