

太陽熱調理器を用いたガラス窓の温室効果の測定 —縁側温室コンサバトリーの設計学的研究—

○灰山彰好

A measurement for the sol-thermal collecting effect of glass window by means of the solar cooker

／ Studies to design the conservatory, as a solar room

○Akiyoshi HAIYAMA

はじめに

省エネ住宅の代名詞、ソーラーハウスに対する世間の関心は、その高コストがネックとなって、「元が取れる」とされるソーラー発電に一極化されつつあるように見える。ソーラーハウスに備わる広々とした家族室⁽¹⁾の流行を期待していた筆者としては、エアコン依存プランに後戻りする風潮が残念でならない。この研究は、100%パッシブソーラー（コストがすべて通常建築費に吸収されるソーラーハウス）の可能性を追求すべく、イギリスの住宅を特徴づけているコンサバトリー（ガラス温室）の導入を目指して、その性能評価を試みるものである。

* コンサバトリー-conservatory

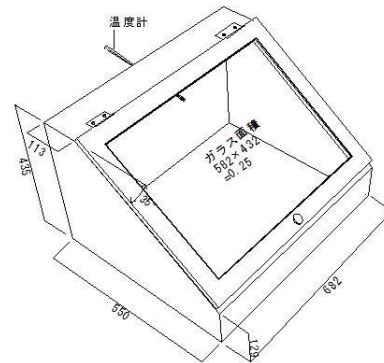
インターネットで検索すると、日本はコンサバトリーの本場かと錯覚するほどヒットするが、それら情報はすべてがガーデニング趣味の延長上にある。ここで述べようとしているのは、イギリスにおけるコンサバトリーのもう一つ顔、石造・レンガ造住宅の劣悪な冬期居住性を改善するためにビルトインされた、エコハウスの一タイプとしてのそれである。このアイデアについて筆者は、先駆的エコテマパークとして高名な C.A.T. (Centre for Alternative Technology, Machynlleth, Wales) の出版物 "The whole house book" から示唆を受け、「イギリスのコンサバトリーと日本のソーラーハウス」との表題で第一報を発表している⁽²⁾。

研究の方法

ガラス温室の基本原理は、ガラスの温室効果（短波長の日射は透過するも、日射に熱された物体から二次的に放射される長波長の熱放射は透過できない）がもたらす集熱効果の応用である。結果としてガラス温室の室温は次第に上昇し、内外の温度差による貫流熱損失と集熱効果が釣り合った時点で上昇は止まる。本実験では、手元にある太陽熱調理器をコンサバトリーと見立てて日射下で温度変化を実測し、その集熱効率を推定する。

太陽熱調理器のデータ

外観と寸法を図1に示す。壁体は3mmと9mm内外ベニアと30mm発泡スチロールで構成され、ガラス厚は2mmである。表面積は図中に記す（外気に接しない底



表面積 ガラス 0.25 m²
壁体（底を含まず）0.59 m²

図1. 太陽熱調理器の外観

部からの熱損失は無視)。以上の構造から求められる熱貫流量（1 m²当たり、内外温度差 1k-ケルビン当たり、1時間当たり）は表1の通りである。熱伝達抵抗は内部無風、外気風速 3m/sec を想定した時の値である。

厚み m	熱伝導率 Wh/mhk	熱伝導抵抗 m ² hk/Wh	熱伝達抵抗 m ² hk/Wh		熱貫流抵抗 m ² hk/Wh	熱貫流率 Wh/m ² hk	面積 m ²	熱貫流量 Wh/hk	
			外側	内側					
発泡スチロール	0.03	0.037	0.811	0.043	0.108	1.042	0.96	0.59	0.57
ベニア板	0.012	0.15	0.080						
ガラス板	0.002	0.78	0.003	0.043	0.108	0.154	6.51	0.25	1.64
								2.21	

表1. 太陽熱調理器の熱貫流量（Wh/hk）

実験1

太陽熱調理器（以下クッカーと記す）を日射下に置いて温度上昇の過程を観測し、温度上昇が停止した時点での内外温度差から、ガラス窓の温室効果、すなわち日射を器具内に留める集熱効率を求める。集熱効率の比較検討材料としてはソーラーパネルの発電効率（最高18%）があり、一応この数値が評価の目安となる。

測定日は2012年7月31日、稀に見る雲一つない晴天日であった。12時より30分、クッカーを太陽方位に正対させて温度上昇を記録した。念の為に記すと、7月31日の広島の中時太陽高度は73.9°である。なお、以後に記す太陽の位置と受照面日射量に関する情報は、筆者の研究室が制作した日射計算ソフト Heat2001[®]から得たものである。測定結果を図2に記す。30分後に温度差25℃に達した時点で温度上昇は止まった。温度上昇の停

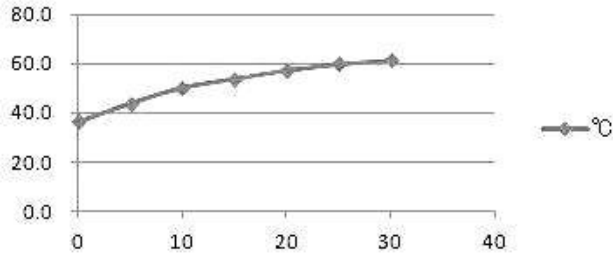


図2. クッカーの温度変化 (木造床)

止は、蓄熱量と貫流熱量（熱損失）が釣り合ったことを意味し、日射量に対する蓄熱量（日射量マイナス貫流熱量）の比率がクッカーの集熱効率となる。Heat2001 から求められる緯度 34.43°、正午における勾配 35° ガラス窓からの日射量は 832Wh/h m²（大気透過率 65%）であり、これから集熱効率を求めると以下のとおりである。

日射量 832Wh/h m² × 0.25 m² × 0.5h = 104Wh
 貫流熱量 2.21Wh/hk × 25k × 0.5h = 27.63Wh
 蓄熱量 104Wh - 27.63Wh = 76.37Wh
 集熱効率 76.37Wh / 104Wh = 0.73 (=73%)

ガラスを複層にすれば内部温度はさらに上がる。しかし高い室温は貫流熱量も増やすので、集熱効率の点から見て得策ではないし、第一外気プラス 25°C は真冬でも暑すぎ、しかも日没後、熱容量が小さい木造住宅は急速に放熱して、夜間には寒々としたガラス室が残る。イギリスのコンサバトリーがよく機能する理由は、イギリス住宅が熱容量の大きな石造だったからである。前記 "The whole house book" では口を極めてイギリス住宅の木造化を訴えているが、コンサバトリーの床はコンクリート土間である。では、そうすると何がかわるか。

実験 2

続いてクッカーの床にセメントレンガを敷き並べ、クッカーの方位をプラス 15° 振り、13 時より 1 時間温度上昇を記録した。Heat2001 によると 13 時のクッカーの日射受熱量は 831Wh/h m² とほぼ同じ、クッカー温度の変化を図 3 に記す。温度上昇は緩やかに進み、最終温度差も 13.5°C と半減した。以上から実験 1 と同様に（但しレンガの蓄熱量を見込む）集熱効率を計算すると、

日射量 831Wh/h m² × 0.25 m² × 1h = 207.75Wh
 貫流熱量 2.21Wh/hk × 13.5k × 1h = 29.84Wh
 蓄熱量 207.75Wh - 29.84Wh = 177.91Wh
 集熱効率 177.91Wh / 207.75Wh = 0.86 (=86%)

日射の一部がレンガに吸収され、温度差が減少するにつれて貫流熱量も減少し、集熱効率が上がっている。ヒートマスの設置には、室温を快適域に下げて残りを夜間に持ち越す、顕著な蓄熱効果があることが分かる。

考察

太陽高度の高い真夏日に行った模型実験を冬期のソーラーハウスに適用するには、かなり翻案が必要である。

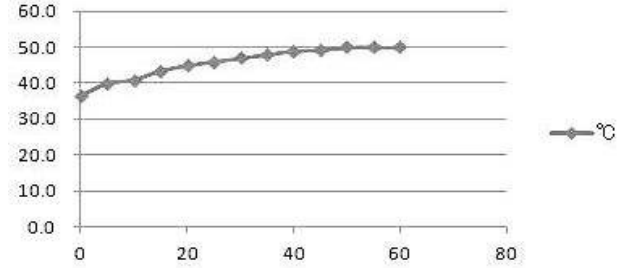


図3. クッカーの温度変化 (蓄熱床)

まず太陽高度の違い。広島（緯度 34.4°）の冬至期南中時太陽高度は 32.3°、ロンドン（緯度 52°）のそれはわずか 14.7° であり、イギリスでは、コンサバトリーのヒートマス効果は、床よりも壁体の方が大きい。ロンドンの夏至期太陽高度も 61.2° と低く、庇による日射遮蔽を望めないで、夏も日射が当たりっ放しである。

一方日本の場合、夏の日射は庇で簡単に遮蔽できる。冬暖かく夏涼しく一つまり、かつてはどの家にも在った縁側が、日本のコンサバトリーのあるべき姿である。床をヒートマスに仕立てると、ほどほどの温かさを日没後に持ち越すことができる。今仮に 2m × 6m の南面縁側ガラス戸の終日日射量を Heat2001 から想定してみると、得られる温室効果は、

5,800Wh / m² × 12 m² × 0.86 = 59,856Wh

* 仮にクッカーの集熱効率を敷衍する

15 畳用ガスファンヒーターの出力 6,000Wh で換算すると 10 時間分の発熱量に相当する。晴天であれば暖房用に十分な熱量であり、耳慣れないヒートマスの工事が必要とはいえ、なかなか魅力的な数字といえないか。

次に模型効果の問題。小物体ほど熱効果は過敏に現れることが知られており、晴天率の問題と同様に、実施にあたっては含んでおく必要がある。

後記

日本の住宅にガラス温室風の縁側が生まれ、大流行し、やがて消滅した過程を、筆者はかつて「縁側考」としてこの場で発表した（2000 年大会梗概集）。設計学としては、プランニングの工夫と本稿実験とのすり合わせが、これからの課題となろう。

註記

1. ワンルームプランを基調とする、例えば OMソーラーのタイプを念頭に置いている。
2. 「イギリスのコンサバトリーと日本のソーラーハウスー緯度・太陽高度の違いにもとづく日射利用法の比較」広島女学院大学生活科学部紀要 vol.12、2005 年 3 月
3. 「エコハウスブッカー自然となかよくする住まい 12 章」灰山彰好、広島女学院大学・溪水社、2003 年 3 月

(建築工房 studio HAIYAMA)