

太陽熱のパッシブ利用に関する研究 (その2)

——付設温室と潜熱蓄熱体の性能評価——

田中辰明 岡建雄
渡辺真知子

Passive Systems for Solar Heating and Cooling (Part 2)

——Performances of Greenhouse and Phase-change Heat Storage Rods——

Tatsuaki Tanaka Tatsuo Oka
Machiko Watanabe

Abstract

Evaluations of performances of an attached greenhouse and phase-change heat storage rods at a residential building are described in this paper. Air temperatures and the incident solar energy at the greenhouse attached to a semi-underground room were measured for one week. Next, ten phase-change heat storage rods weighing 16 kg each were installed in the greenhouse for evaluations of the performances. The efficiency of solar heat collection by the greenhouse was 48%, which was calculated from the contribution of the solar energy in raising the room air temperature, and the phase-change heat storage rods were assumed to keep the air temperature in the greenhouse 1.5°C to 2.0°C higher during the nighttime.

概要

本報告は実際の住宅において、付設温室及び潜熱蓄熱体のパッシブ効果を測定し、性能評価を行なったものである。一週間にわたり、半地下居室に付設した6.7m²の温室の室温変動と日射量を測定し、そのパッシブ効果の性能評価を行なった。次に16kgの潜熱蓄熱体ロッド10本を温室内に設置して、性能評価を行なった。外気温と日射量を入力として太陽熱がどの程度室温上昇に寄与しているかを性能評価の基準として、測定結果を分析すると、温室の集熱効果は48%であった。また潜熱蓄熱体は15時頃より朝の6時頃まで放熱作用があり、夜間の温室の室温を1.5°C~2°C高める作用があると認められた。

1. はじめに

温室や潜熱蓄体を窓際に設けて、太陽熱のパッシブシステムとする手法は数多く実施されているものの、その効果を具体的な数値として示している報告は少ない。本報告は実際の住宅において、付設温室及び潜熱蓄熱体のパッシブ効果を測定し、性能評価を行なったものである。測定された外気温と日射量を温室及び潜熱蓄熱体に対する入力と考え、評価方法として、太陽熱が室温上昇にどの程度寄与しているかを具体的な数値として示すことに重点を置いた。すなわち、室温、外気温、日射量を統計的に分析し、総括熱貫流率及び重み関数を算出し、太陽

熱がどれ程有効に利用できたか、また温室や潜熱蓄熱体の蓄熱機能はどの程度働いているかを測定結果に基づいて考察した。

2. 測定法

実験に用いた室は一般住宅の半地下居室及びそれに付設した床面積が6.7m²の温度である。写真-1, 2に潜熱蓄熱体を設置した場合の半地下居室及び温室を示す。図-1, 2は半地下居室と温室の平面図、断面図及び測定点を示したものである。

実験方法は潜熱蓄熱体を温室内に設置して7日間の測定を行なった(1981, 3/6~3/12)。次に潜熱蓄熱体を取

り外し、同様に7日間の測定を行なった(1981, 3/18~3/25)。これらの測定により一般的な温室の性能評価を行ない。測定結果を比較して潜熱蓄熱体の性能評価を試算したものである。

潜熱蓄熱体は直径が10 cm, 長さ180 cm の円筒型である。CaCl₂ 6Aq+αの物質が高密度ポリエチレンチューブ内に密封されており、凝固点は27°C, 潜熱45.6 kcal/kg, ネット重量13.6 kg, グロス重量15.9 kgである。温室に設置した潜熱蓄熱体は計10本でグロス重量 159 kg である。

図一1, 2に示されるように測定は、室温, 外気温, 各部の表面温度, 水平, 垂直日射量で計21点である。これらのデータはすべて、多点デジタル記録計に15分間隔に記録され、解析には1時間間隔のデータを用いた。

3. 測定結果

測定期間は3月6日~3月25日である。この期間は比較的外気温が低く、日射量が多いため太陽熱のパッシブ効果を測定するには好都合である。

夜間の温室の垂直温度分布は床付近に比べて0.2°C~0.3°C天井付近の空気温が低いが、概ね均一であると言える。これに対し、日中の上下の温度差は大きく、晴天時には天井付近の空気温は40°C~45°Cに達し、床付近の空気温に比べて約20°C高温となっている。

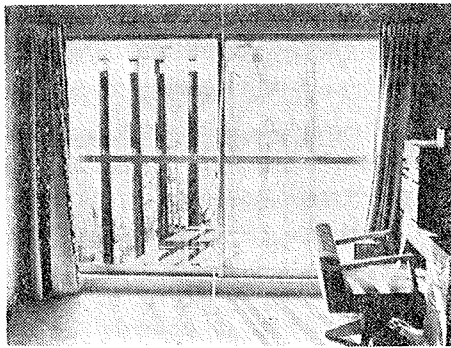
潜熱蓄熱体の表面温度は6点で測定したが、測定点による相異が大きい。日中、太陽熱が入射する面では表面温度が45°C前後に達するが、日影の部分では25°C~27°Cである。夜間の表面温度の差は日中より小さく2°C~3°Cとなるが、概して潜熱蓄熱体の表面温度は不均一である。

図一3は室温, 日射量及び各部の表面温度の日変化を示したものである。温室及び潜熱蓄熱体の表面温度は日中は室温より低く、夜間は高くなっている。これは蓄熱機能を示しており、日中は太陽熱を吸収し、夜間に放熱している。

温室壁面は土中に接しており、晴天日には太陽熱が温室壁表面に蓄熱され、曇天時には放熱が行なわれている。表一2は日単位の蓄熱機能を示したもので、これによると晴天日に蓄熱、曇天日に放熱作用があるが、7日間程度で室温と表面温度の差はなくなり、長期的な蓄熱作用は小さいと推測された。一方、潜熱蓄熱体についても同様の測定が行なわれたが、表面温度のばらつきが大きく、長期的な蓄熱機能については判然とした結果が得られなかった。

4. 温室の性能評価

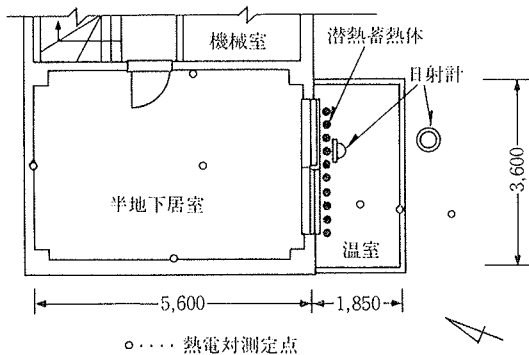
温室の室温 θ_R は外気温度 θ_0 , 半地下居室室温 θ_s 及び水平面全日射量Sの時系列表示を用いて次式で予測できる



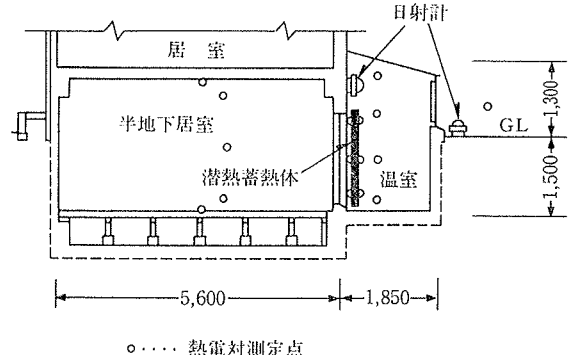
写真一1 半地下居室と潜熱蓄熱体



写真二2 温室の中の潜熱蓄熱体



図一1 平面図



図二2 断面図

部 位	面積(m ²)
潜熱蓄熱体の表面積	5.7
温室～地下室間のガラス	4.9
温室の外部ガラス (内20%はサッシユ)	13.8
温室地下壁表面積	11.0
温室床面積	6.7

表一 各部位の面積

月 日	温室表面平均 温度 (°C)	温室内平均 室温 (°C)	天 候
3/19	20.1	21.8	晴
3/20	19.6	19.9	晴
3/21	17.1	15.3	曇
3/22	17.3	18.9	晴
3/23	18.9	20.3	晴
3/24	18.8	19.0	晴
3/25	16.0	13.5	曇
平均	18.3	18.4	--

表二 温室の壁表面温度と室温

とした。K₁~K₃は重回帰分析により求められる。またλ, μの値はいくつかの組み合わせを用意して、θ_Rの予測値と測定値の差が最小となる組み合わせを採用することとした。

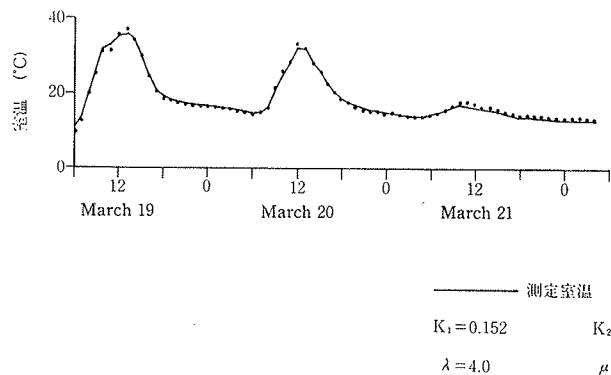
$$\theta_R = \int_0^t \theta_0(t-\tau) \lambda K_1 e^{-\lambda\tau} d\tau + \int_0^t \theta_S(t-\tau) \lambda K_2 e^{-\lambda\tau} d\tau + \int_0^t S(t-\tau) \mu K_3 e^{-\mu\tau} d\tau \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここでaを定数として、温室に入射する全日射量をa × Sで表現できると仮定すれば、温室の総括熱貫流率W (kcal/°Ch) と熱容量Q_c (kcal/°C) は次式で示される。

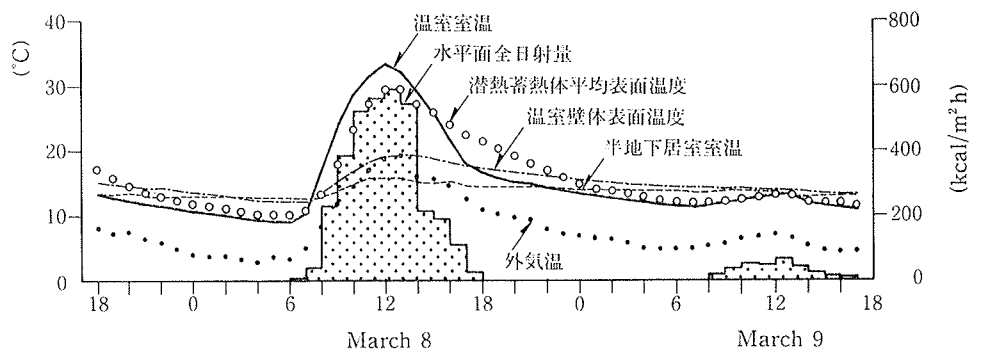
$$\int_0^\infty \mu K_3 e^{-\mu\tau} d\tau = a/W \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$Q_c = W/\mu \quad \dots\dots\dots(3)$$

潜熱蓄熱体を設置しない場合の測定室温に関して(1)式を計算し、測定室温と予測室温を比較したのが図一4である。両者は良く一致しており、これからWを計算すると192 kcal/°Chとなる。通常の定常負荷計算法による総括熱貫流率は93 kcal/°Chとなり、温室の集熱効率は48%



図一4 温室の測定室温と予測室温の比較

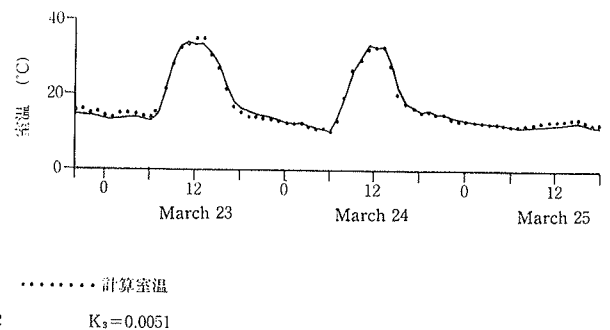


図一3 日射量と室温変動

程度と考えられた。これは入射した太陽熱により暖められた高温の空気が温室上部に滞るために伝熱損失が極めて大きくなるためである。快晴日の測定では平均室温を(外気温+14°C)とするためには、温室上部は(外気温+24°C)となり、伝熱損失の増大を招いている。

5. 潜熱蓄熱体の性能評価

潜熱蓄熱体がないとして、温室室温を予測し、潜熱蓄熱体がある場合の測定室温と比較する。その温度差は潜熱蓄熱体の設置による影響と考え、熱量を逆算したのが図一5である。快晴日に限れば、潜熱蓄熱体は日中に太陽熱を吸熱し、日没と共に放熱作用に移ると考えられる。潜熱蓄熱体に入射する日射量は6日間で18,800 kcal



であり、図-5 から計算される放熱量は 21,200 kcal となった。計測や計算上の誤差とも考えられるが、潜熱蓄熱体が機能するのは主として夜間であり、温室内の垂直温度分布は天井付近の空気温が低く、そのために総括熱貫流率が減少し、潜熱蓄熱体からの放熱量が過大に見積られていると考えられる。

潜熱蓄熱体の全潜熱量は 6,200 kcal、日中と夜間の温度差を 20°C とすれば、日変化で最大 7,600 kcal の吸、放熱が可能であるが、本測定によれば最大で 4,500 kcal/日の放熱があった。しかし日中は入射した太陽熱が直接、空気温に作用しているために、日没後を対象とすれば、潜熱蓄熱体の効率は 40% 程度であったと推測された。

潜熱蓄熱体が室温に与える影響は図-5 に示される予測室温と計算室温の差であり、日没後 1.5°C~2.0°C 室温を高く保つ作用があると考えられた。

6. 結論

本報告は一般住宅において半地下居室に付設した温室と潜熱蓄熱体を設置した場合のパッシブ効果の性能評価を行なったものである。結果を要約すると、

- (1) 土中に接している温室壁面による蓄熱効果は 2~3 日で、長期的な蓄熱効果は小さい。
- (2) 温室室温、外気温、日射量の測定値を統計処理して温室の総括熱貫流率を算出し、集熱効果を推測すると

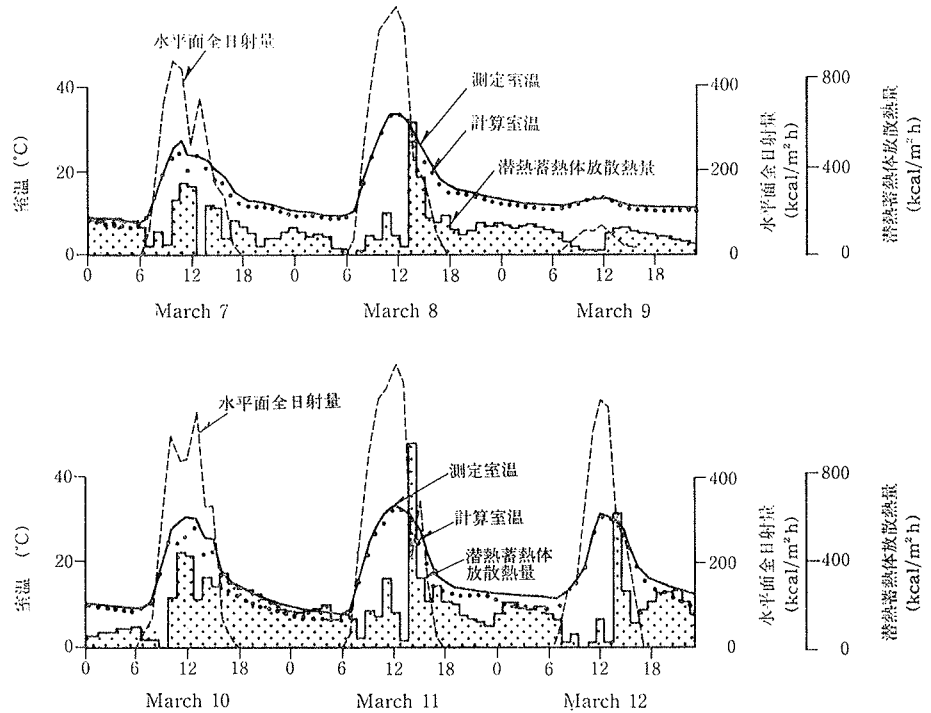


図-5 潜熱蓄熱体を設置した場合の測定室温と予測室温の相異、及び潜熱蓄熱体から放散される熱量

48%程度となった。

(3) 潜熱蓄熱体は日中に太陽熱を吸熱し、夜間放熱する。本測定のように潜熱蓄熱体を設置すると、効率は約 40% 程度であり、最大 4,500 kcal/日の放熱があった。この潜熱蓄熱体は夜間の温室の室温を 1.5°C~2.0°C 高く保つ作用がある。

参考文献

- 1) 松尾 陽: 測定にもとづく室温予測および暖房性能の評価法について、日本建築学会大会学術講演梗概集、(昭和51.10)
- 2) 松尾 陽: 同上(第2報)、同上、(昭和52.10)
- 3) 木村建一: 建築設備基礎理論演習、学献社、(1970)