

■ 報 文 ■

# 太陽熱集熱器の高効率化

## Design and Experiment of High Performance Solar Collectors.

穂積 史郎\*・光亦 忠泰\*\*・芳野 公明\*\*\*  
 Shiro Hozumi Tadayasu Mitsumata Kimiaki Yoshino  
 阿曾 伸一\*\*\*\*・戎 晃司\*\*\*\*\*・小川 博通\*\*\*\*\*  
 Shinichi Aso Koji Ebisu Hiromichi Ogawa

### 1. 緒 言

太陽熱利用は、家庭用および商業用の給湯分野において相当な経済性を認められ、急速に普及し始めた。この分野における常用集熱温度は60℃程度と考えられる。一方さらに大きなエネルギー節約を図るために、高温集熱が必要な冷暖房分野、それよりさらに高温が必要な産業用プロセス加熱分野などへの利用が研究され、一部実用されている。これら給湯以外の分野に展開を図る上で最重要問題はシステムの経済性である。しかし経済性は集熱温度が高くなる程難しくなる。ガス、石油、電気等を用いる従来の加熱機器では、加熱温度を60℃から100℃に高くしても殆んど効率は変化しないのに対し、給湯用集熱器を備えた太陽熱システムでは顕著な効率低下が生じ経済性はかなり悪化する。したがって高温を必要とする分野への太陽熱利用を促進するためには、コスト上昇を最小限に、効率を最大限に高くした集熱器開発が重点課題となる。

非集光集熱器の高効率化には、集熱板表面に選択吸収膜を付けて放射損を抑制し、また集熱板を真空中に封じて対流熱損失を除去することが実用されている。一方材料研究も進み、新しい選択吸収膜<sup>1)</sup>や透明カバー材料が開発されている。

本報告では、平板式および真空管式集熱器に対して新材料による構成法を検討して高効率化を研究し、さらに得られた集熱特性から実用時の集熱量を計算して経済効果を推論する。

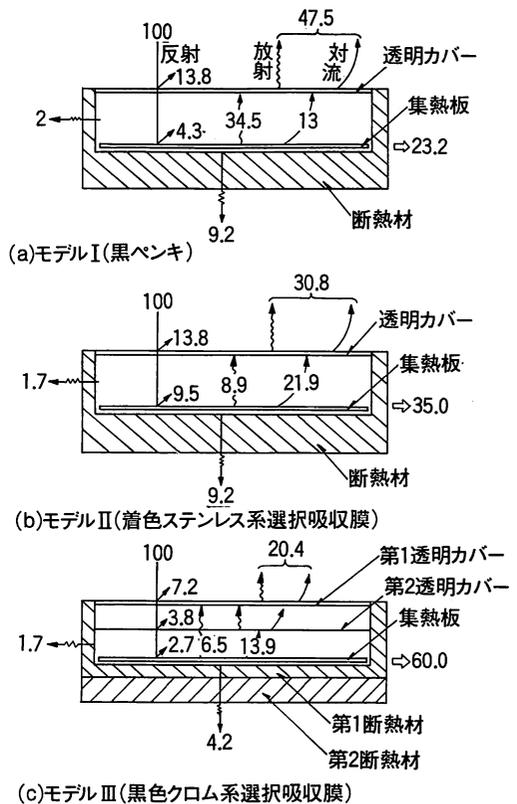


図-1 モデル集熱器の構造と熱収支  
 (日射量600kcal/h・㎡, 外気温30℃, 風速0m/sec, 集熱温度90℃)

\* 松下電器産業㈱ 中央研究所エネルギーグループ 主幹研究員  
 〒570 守口市八雲中町

\*\* 松下電器産業㈱ 中央研究所エネルギーグループ 主任研究員

\*\*\* 同 上 技師

\*\*\*\* 同 上 技師

\*\*\*\*\* 松下電池工業㈱ 取締役

(註) 本研究会第1回研究発表会  
 (57/4/14)で講演  
 原稿受付日 (57/11/10)

表1 モデル集熱器の仕様と材料特性値

構成名	材料, 物性値	モデル I (1枚ガラス+黒ペンキ)	モデル II (1枚ガラス+選択吸収膜)	モデル III (1枚ガラス+1枚FEP+選択吸収膜)
第1透明外カバー	材料 太陽光透過率 $\tau$ 赤外放射率 $\epsilon$	強化ガラス ( $t = 3\text{mm}$ ) 0.86 0.88	強化ガラス ( $t = 3\text{mm}$ ) 0.86 0.88	白板ガラス ( $t = 3\text{mm}$ ) 0.93 0.88
第2透明内カバー	材料 太陽光透過率 $\tau$ 赤外放射率 $\epsilon$ 赤外透過率 $\tau_r$	-----	-----	FEP膜 ( $t = 25\ \mu\text{m}$ ) 0.96 0.46 0.53
集熱板	太陽光吸収率 $\alpha$ 赤外放射率 $\epsilon$	0.95 (黒ペンキ) 0.95	0.89 (着色ステンレス系) 0.14	0.97 (黒色クロム系) 0.10
裏面断熱材	材料 熱伝導率 $\lambda$ (kcal/m $\cdot$ h $\cdot$ K)	16kgガラスウール ( $t = 50\text{mm}$ ) $0.029 + 2 \times 10^{-4} T$	16kgガラスウール ( $t = 50\text{mm}$ ) $0.029 + 2 \times 10^{-4} T$	16kgガラスウール ( $t = 30\text{mm}$ ) + ウレタンフォーム ( $t = 20\text{mm}$ ) (GW) $0.029 + 2 \times 10^{-4} T$ (UR) $0.015 + 5.8 \times 10^{-5} T$
側面断熱材	材料 熱伝導率 $\lambda$	8kgガラスウール ( $t = 20\text{mm}$ ) $0.031 + 2.1 \times 10^{-4} T$	8kgガラスウール ( $t = 20\text{mm}$ ) $0.031 + 2.1 \times 10^{-4} T$	16kgガラスウール ( $t = 20\text{mm}$ ) $0.029 + 2 \times 10^{-4} T$

(注1) モデル I, II : 外カバーと集熱板間距離  $L = 40(\text{mm})$   
 モデル III : 外カバーと内カバー間距離  $L = 20(\text{mm})$ , 内カバーと集熱板間距離  $L = 20(\text{mm})$ .  
 (注2) 白板ガラス 旭硝子(株)製  
 FEP膜 ダイキン工業(株)ネオフロンフィルム

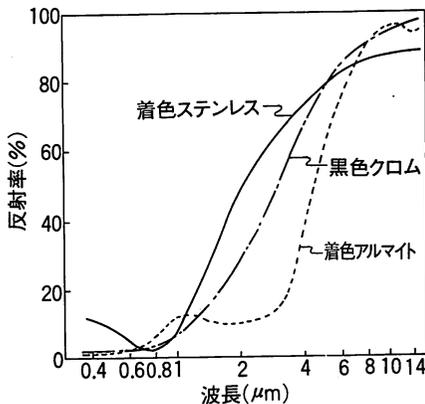


図-2 各種選択吸収膜の分光反射率

2. 平板式集熱器の高効率化<sup>2)</sup>

2.1 理論的検討

平板式集熱器の高効率化を検討するために、典型的な1枚透明カバー方式の給湯用集熱器と従来の高性能集熱器、および本研究で考える新材料による2枚透明カバー集熱器の集熱特性を数値シミュレーションで推定した。図-1に3種の集熱器の断面を示し、各構成材料の寸法、特性値を表1にまとめている。モデルIIの選択吸収膜(着色ステンレス系)とモデルIIIの選択吸収膜(黒色クロム系)の分光反射率を図-2に示す。各透明カバー材料の太陽光透過率は日射計を用いて太陽

光によって実測した。ここで用いた白板ガラスは並板ガラスの鉄酸化物含有率0.12%を0.01%に低下させて透過率を高めたものである。また第2透明カバーのFEP(ふっ化エチレン・プロピレン共重合体)膜は、可視光屈折率が1.34と低いので反射損が少なく、また耐熱温度が250℃以上と高く本目的に極めて適した材料である。

ここでは次の熱平衡式によって検討した。

第1透明カバーでの熱平衡式

$$h_{c12}(T_2 - T_1) + h_{r12}(T_2 - T_1) + h_{r1p}(T_p - T_1) + h_{c1a}(T_a - T_1) + h_{r1s}(T_s - T_1) = 0 \quad (1)$$

第2透明カバーの熱平衡式

$$h_{c2p}(T_p - T_2) + h_{r2p}(T_p - T_2) + h_{c12}(T_1 - T_2) + h_{r12}(T_1 - T_2) = 0 \quad (2)$$

集熱板の熱平衡式

$$Q = A(\tau\alpha)I + h_{c2p}(T_2 - T_p) + h_{r2p}(T_2 - T_p) + h_{r1p}(T_1 - T_p) + Bh_{dpa}(T_a - T_p) + Ch_{dpa}(T_a - (T_1 + T_2 + T_p)/3) \quad (3)$$

$$\eta = Q / I \quad (4)$$

但し  $h_c$ ; 対流熱伝達率,  $h_r$ ; 放射熱伝達率,  $h_d$ ; 伝導熱伝達率,  $I$ ; 日射量,  $T$ ; 温度,  $\tau$ ; 透過吸収積

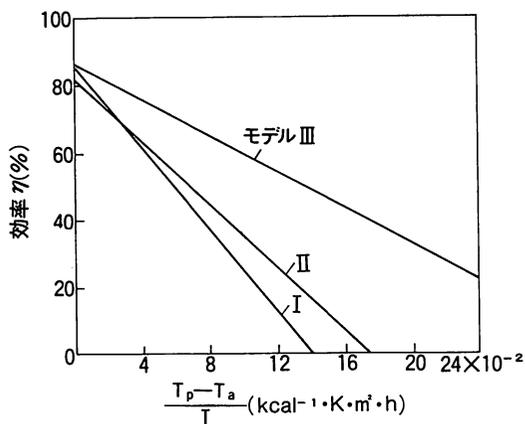


図-3 モデル集熱器の集熱特性

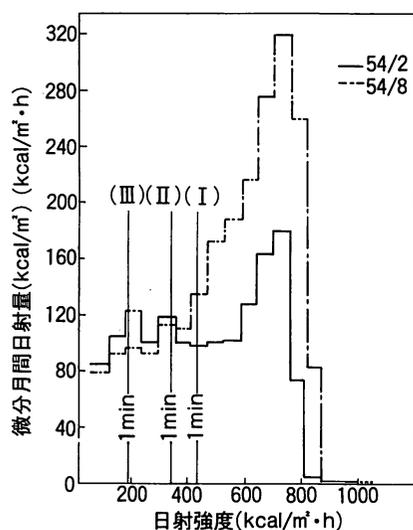


図-4 月積算日射量分布 (25度傾斜面)

$\tau_1, \tau_2, \alpha, \tau$ ; 太陽光透過率,  $\alpha$ ; 集熱板太陽光吸収率,  $A$ ; 集熱面積/窓面積,  $B$ ; 裏面断熱材面積/窓面積,  $C$ ; 側面断熱材面積/窓面積,  $Q$ ; 取得熱量,  $\eta$ ; 集熱効率である。また添字は 1; 第 1 透明カバー, 2; 第 2 透明カバー,  $p$ ; 集熱板,  $a$ ; 外気,  $s$ ; 天空,  $i, j$ ;  $i, j$  間, (1), (2), (3) 式の  $h_c, h_r, T_s$  等は J. A. Duffie<sup>3)</sup> の文献値を用いた。なお外気に対する対流熱伝達率は  $h_{c,la} = 5.7 + 3.8V$  ( $V$  は風速 (m/s)) の簡略式によった。また容器外壁温度は  $T_a$  に等しいとし,  $T_p - T_a$  は 60 K 一定とした。その他風速 = 0, 設置角度 25 度とした。I を 300 ~ 800 kcal/hm<sup>2</sup> の範囲で,  $T_a$  を 0 ~ 30 °C の範囲で与え, Newton-Raphson 法で (1), (2), (3) 式の連立方程式を解いて (4) 式によって効率  $\eta$  を計算し, 集熱特性線を最小二乗法で決定した。結果を図-3 に示す。また図-1 中に日射量 600 kcal/hm<sup>2</sup>, 外気温 30 °C

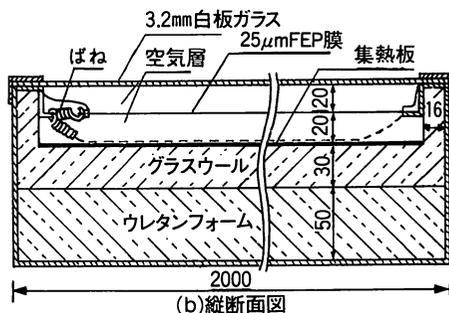


図-5 試作集熱器の断面構造

のときの熱収支を示す。

給湯以外の用途では利用可能最低温度が存在し, その温度によって集熱器に帰還する熱媒体温度が定まり, 集熱器の熱交換温度効率で  $T_p$  が決まる。また  $T_a$  は季節で大体一定と見なせるから用途によって一定の  $T_p - T_a$  を仮定できると考えられる。吸収式冷凍機を用いる冷房システム, 温水による暖房システムに対しては両者とも  $T_p - T_a \cong 60$  K として妥当であろう。このように考えると図-3 の各特性線と横軸の交点から利用可能最低日射量  $I_{min}$  が求められる。モデル I, II, III に対する冷暖房用の  $I_{min}$  は 430 kcal/hm<sup>2</sup>, 340 kcal/hm<sup>2</sup>, 185 kcal/hm<sup>2</sup> である。

筆者らが測定した 25 度傾斜面に対する月間全日射量の微分分布の一例を図-4 に示す (守口市, 1979 年 2 月と 8 月)。同図中に各モデルの  $I_{min}$  を記入しているが, 集熱器の高性能化と共に利用可能総日射量が増加することがわかる。図-3, 図-4 から各モデルの予想集熱量を求めると, 2 月; モデル I, II, III に対し 6,200 kcal/m<sup>2</sup>, 11,000 kcal/m<sup>2</sup>, 24,000 kcal/m<sup>2</sup>, 8 月; モデル I, II, III に対し 13,000 kcal/hm<sup>2</sup>, 21,000 kcal/hm<sup>2</sup>, 45,000 kcal/hm<sup>2</sup> となり, 図-3 の瞬時集熱効率から予想されるより非常に大きな集熱量差が得られる。またその差は日射量分布が比較的平坦な冬季の方が大きい。モデル I, II, III と高性能化するに従い当然コストは上昇するが, 集熱量の増加はシステムの所要集熱器枚数を減少させ, それに伴い設置コストも低減するので全体としてのシステムの経済性は, 集熱器のコスト上昇を補ってさらに大巾に改善されると考えられる。

2.2 実験結果と考察

表 1 に示した材料を用いてモデル II, III を組立てた。試作したモデル III 集熱器の断面構造を図-5 に示す。第 2 透明カバーの FEP の膜は金属, ガラス等の約 10 倍の線膨張係数  $1.5 \times 10^{-4} / K$  を有するので, 集熱時の温度上昇に伴い大きな膨張が発生するが, その時同膜

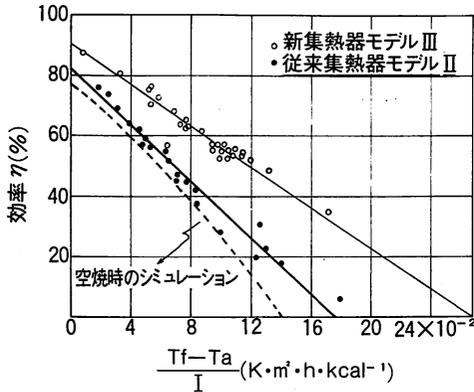


図-6 モデルⅡ、Ⅲの実測集熱特性と空焼時のシミュレーション

を集熱板上の定位置に保つために、ばねを用いている。このばね強度については次項でさらに述べる。

モデルⅡ、Ⅲを並置して同時に集熱特性を測定した。結果を図-6に示す。但し集熱温度には、ここでは平均熱媒温度  $T_f = (T_{in} + T_{out}) / 2$  を用いている。ここに  $T_{in}$ 、 $T_{out}$  は熱媒の集熱器入口、出口温度である。各特性線は実測点に対し最小二乗法を適用して求めた。

図-3、図-6の特性線を比較すると、集熱温度の定義差、材料特性測定誤差等を考慮するならば、計算値と実測値はよく一致しているといえる。図-6の特性線と図-4の日射量を用いて前項同様に冷暖房用に対する予想集熱量を求めると2月；モデルⅡは11,000 kcal/m<sup>2</sup>、モデルⅢは21,000 kcal/m<sup>2</sup>、8月；モデルⅡは24,000 kcal/m<sup>2</sup>、モデルⅢは40,000 kcal/m<sup>2</sup>となり、モデルⅢ/モデルⅡの比は1.7～1.9となる。

### 2.3 空焼温度の低減

最近米国において、2透明カバー方式で、ウレタンフォームを断熱材に用いた平板式集熱器が空焼時(stagnation condition)に発火した事例が報告された<sup>4)</sup>。この場合集熱器は断熱性の良好な屋根上に直接設置され、また集熱器容器、屋根材ともポリウッドであるきわめて特殊例ではあるが、高性能化された平板式集熱器の空焼時の集熱板温度は200℃以上に達する可能性が示された。このような集熱板の異常温度上昇は、選択吸収膜の特性や断熱材を劣化させるおそれがあり、空焼温度の低減が望ましい。

図-5に示す集熱器では、第2透明カバーのFEPの優れた耐熱性を利用して空焼温度の低減を図っている。この集熱器では、ばねの自然長、およびばね定数を調整して、集熱時の温度域においてはFEP膜はばねによって伸長されて集熱板上の定位置に保たれ、空焼時

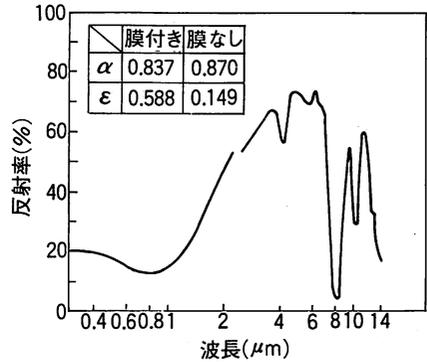


図-7 FEP膜付着色ステンレスの分光反射率

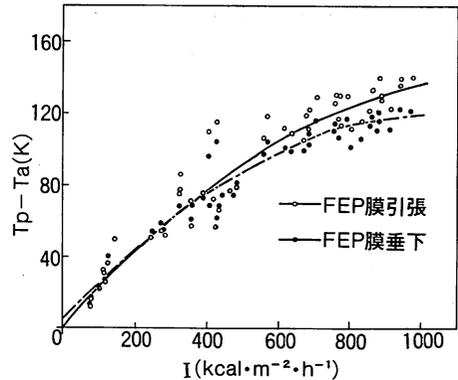


図-8 着色ステンレスを用いたモデルⅢ形式集熱器の空焼温度

のような高温時はFEP膜はさらに膨張してばねは自然長に戻り、図-5破線に示すようにFEP膜は垂下して集熱板と接触する。このときFEP膜と集熱板の温度は等しくなり、集熱板の放射率はFEP膜と下地選択吸収膜の複合特性値になり、また集熱器は実効的に1枚透明カバー形になって対流熱損失が増加する。

本実験の集熱板には着色ステンレス系選択吸収膜付を用いた。この選択吸収膜上にFEP膜を置いた複合表面の分光反射率を測定し、またこれから太陽光吸収率、放射率(420°K)を計算した。結果を図-7に示す。これら吸収率、放射率の値を用い、1枚透過カバーの集熱特性を先に記した数値シミュレーションで計算した。但しここでは日射量は800 kcal/m<sup>2</sup>h一定とし、 $T_p - T_a$ を変化させた。結果を図-6に破線で示す。これから予想される空焼温度低減は65K程度になる。

次に空焼条件下でもFEP膜が伸長されたまゝの無対策形と、ばねを調整してFEP膜を垂下させるようにした対策形の集熱器を組立て、広い範囲の日射強度で空焼条件の集熱板温度を測定した。結果を図-8に示す。

この実験では集熱器裏面は外気中にあり、無対策形でも外気温30~35℃で空焼温度は170~175℃と低い。また対策形は最高温度域でもFEP膜の全面積の1/3~1/2しか集熱板に接触せず、空焼温度の低下は計算値より小さい20~25Kにとどまった。この程度の温度低下でも、化学反応の10度2倍則といわれる温度依存性から考えると選択吸収膜、断熱材等の劣化防止に対する効果は充分大きいと思われる。

### 3. 真空管式集熱器の高効率化

#### 3.1 理論的検討

真空管式集熱器は対流熱損失、伝導熱損失が殆んど除去されるので、その集熱特性は専ら集熱板の選択吸収特性によって決まることになる。表1に示したように黒色クロム系選択吸収膜は良好な選択吸収特性を有するが、真空封止前のガス出し工程における耐熱性(~400℃)が不足し、またその時の放出ガス量が多いことから従来真空管式には利用されなかった。黒色クロム選択吸収皮膜製造条件の検討により、耐熱温度は解決できる見通しが得られたのでこれを用いて真空管式集熱器の高効率化を研究した。この種の集熱器に従来用いられている着色アルマイト系選択吸収膜を比較対象とした。用いた試料の分光反射率を図-2に示す。

黒色クロム系、着色アルマイト系選択吸収膜を備えた真空管式集熱器の集熱特性を2.1項と同様に数値シ

表2 シミュレーション条件値

	黒色クロムフィン	着色アルマイトフィン
透過率 $\tau_1$	0.90	0.90
ガラス放射率 $\epsilon_1$	0.88	0.88
吸収率 $\alpha_2$	0.97	0.90
表面放射率 $\epsilon_{2F}$	0.10	0.13
裏面放射率 $\epsilon_{2R}$	0.018	0.10
ガラス管ピッチ $W_2$	0.121 m	0.125 m
フィン幅 $W_1$	0.09 m	0.09 m
フィン長さ $L_1$	1.765 m	2.50 m
ガラス管直径 $D_1$	0.10 m	0.10 m
ガラス管内径 $D_2$	0.096 m	0.096 m
ガラス管長さ $L_2$	1.765 m	2.50 m
真空度 $P$	$10^{-4}$ Torr	$10^{-4}$ Torr
外気温度 $\theta_a$	30℃	30℃
風速 $W$	2 m/s	2 m/s
温度差 $\Delta t$	60K	60 K
日射強度 $I$	300~800kcal/m <sup>2</sup> h	300~800kcal/m <sup>2</sup> h

ミュレーションで推定した。各集熱器の構成部品寸法、材料特性等を表2に示す。ガラス管の太陽光透過率は並置した3本のガラス管の中央管内部への日射強度をシリコン太陽電池センサーを用いて測定した。なお単管のガラス管では隣接管表面からの反射がないため上記見かけの透過率は表2に示した値より1.5%程度低下する。

2.1項と同様にガラス管および集熱板の熱平衡式を作りその連立方程式を解いた。但し実際の集熱器では熱媒体出入り管が付けられた端部では若干熱伝導損があるが、こゝでは端部よりの放熱は無視した。

ガラス管の熱平衡式

$$2 A_p h_{cgp}(T_p - T_g) + A (h_{rgp} + h_{rgp}') (T_p - T_g) + A_g h_{cga}(T_a - T_g) + A_g h_{rgs}(T_s - T_g) = 0 \tag{5}$$

集熱板の熱平衡式

$$Q = A_p(\tau\alpha)I + 2 A_p h_{cgp}(T_g - T_p) + A_p(h_{rgp} + h_{rgp}') (T_g - T_p) \tag{6}$$

集熱効率

$$\eta = Q / I A_p \tag{7}$$

但し  $h_c$ ; 対流熱伝達率,  $h_r$ ; 放射熱伝達率,  $I$ ; 日射量,  $\tau$ ; ガラス管太陽光透過率,  $\alpha$ ; 集熱板太陽光吸収率,  $A_g$ ; ガラス管表面積,  $A_p$ ; 集熱面積,  $Q$ ; 取得熱量である。また添字は  $g$ ; ガラス管,  $p$ ; 集熱板表面,  $p'$ ; 集熱板裏面,  $s$ ; 天空,  $ij$ ;  $ij$ 間である。  $h_{rgp}$ ,  $h_{rgp}'$  は近似的に同心円筒間の放射熱伝達率を用いた<sup>5)</sup>。すなわち

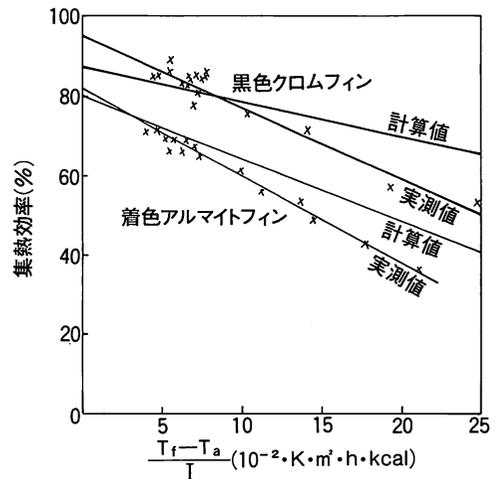
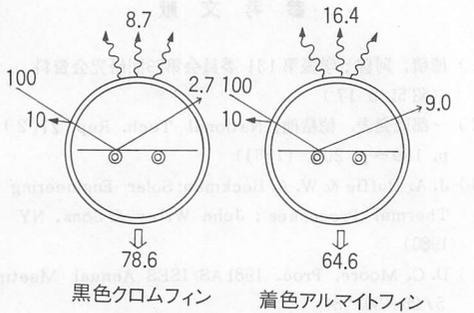


図-9 真空管式集熱器の集熱特性



(日射量600kcal/h・m<sup>2</sup>, 外気温度30℃, 集熱温度90℃)

図-10 真空管式集熱器の熱収支

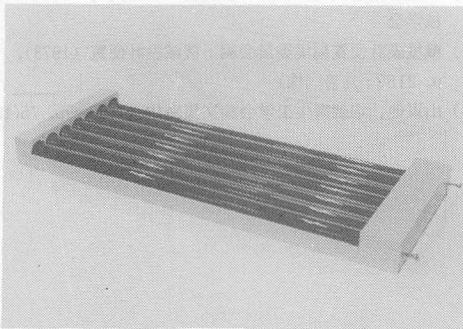


図-11 黒色クロム系選択吸収膜を用いた真空管式集熱器

$$h_{rgp} = \frac{\sigma(\theta_p^4 - \theta_g^4) A_p}{(T_p - T_g)} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_p} + \frac{A_p}{A_g} \left( \frac{1}{\epsilon_g} - 1 \right)} \quad (8)$$

$$h_{rgp'} = \frac{\sigma(\theta_p^4 - \theta_g^4) A_p}{(T_p - T_g)} \cdot \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_p'} + \frac{A_p}{A_g} \left( \frac{1}{\epsilon_g} - 1 \right)} \quad (9)$$

こゝで  $\epsilon_p$ ,  $\epsilon_p'$  は集熱板表面および裏面の放射率であり,  $\epsilon_g$  はガラス管の放射率で殆んど 0.9 である。(5), (6), (8), (9) 式から放射放熱損を小さくするためには集熱板裏面の放射率を極力小さくする必要がある。  $h_c$ ,  $h_{rgs}$ ,  $h_{cga}$  については各文献値を用いた。

得られた集熱特性を図-9に直線で示す。また日射量 600 kcal/hm<sup>2</sup>, 外気温 30℃ のときの熱収支を図-10に示す。2.1 項と同様  $T_p - T_a = 60\text{K}$  としたときの  $I_{min}$  は着色アルマイト系に対し 190 kcal/hm<sup>2</sup>, 黒色クロム系に対し 110 kcal/hm<sup>2</sup> と求められる。図-4の日射量に対して冷暖房用予想集熱量を求めると 2月; 着色アルマイト系に対し 28,000 kcal/m<sup>2</sup>, 黒色クロム系に対し 41,000 kcal/m<sup>2</sup>, 8月; 着色アルマイト系に対し

47,000 kcal/m<sup>2</sup>, 黒色クロム系に対し 63,000 kcal/m<sup>2</sup> となり黒色クロム系選択吸収膜の使用によって大巾な増加が得られる。

### 3.2. 実験結果と考察

着色アルマイト系選択吸収膜付と黒色クロム系選択吸収膜付の集熱板によって真空管式集熱器を組立てて集熱特性を測定した。試作した集熱器の写真を図-11に示す。また得られた集熱特性を図-9に示す。集熱特性線は各測定値に対し最小二乗法によって求めた。

図-9の各直線を比較すると実験値と計算値の間に若干系統的な差が見られる。すなわち着色アルマイト系, 黒色クロム系とも計算値より実験値の方が傾斜が大きい, これは実験値の方が放熱係数が大きいことを示している。この差が放射率値, 真空度, 端面放熱等の何れに起因するかは解析していない。また横軸の小さい値では実験値の方が高い集熱効率を示しているが, これは測定時背面からの地表反射光の効果によるものと考えられる<sup>9)</sup>。

図-4の日射量を用いて冷暖房に対する予想集熱量を求めると 2月; 着色アルマイト系の集熱器は 26,000 kcal/m<sup>2</sup>, 黒色クロム系の集熱器は 39,000 kcal/m<sup>2</sup>, 8月; 着色アルマイト系の集熱器は 42,000 kcal/m<sup>2</sup>, 黒色クロム系の集熱器は 61,000 kcal/m<sup>2</sup> となり黒色クロム系選択吸収膜の使用による集熱量の改善比は夏, 冬とも 1.5 倍程度になる。

### 4. 結言

利用可能最低温度が定った用途では, 運転集熱温度と外気温度の温度差をほぼ一定値と見なし得る。このような用途において集熱器の効率を高くすると, 利用可能最低日射強度が低くなって利用可能総日射量が増加し, 集熱量は瞬時効率の上昇と相まって相乗効果的に増大する。そこで平板式および真空管式集熱器に対して最近開発されてきた新しい材料による構成法を検討し高効率化を研究した。

平板式集熱器では, 白板ガラスと FEP 膜の 2 透明カバー方式を研究した。この組合せは従来の並板ガラス 1 枚より太陽光透過率が高く, 対流熱損失を約 1/2 にする。上記組合せに黒色クロム系選択吸収膜およびウレタンフォームによる裏面断熱材を用いた集熱器の瞬時効率は 48% [( $T_p - T_a$ ) / I = 0.1 K hm<sup>2</sup> / kcal] となり, 従来の選択吸収膜付集熱器の値 36% より顕著な性能向上を示した。また集熱温度と外気温度の差 60 K における予想集熱量は約 1.8 倍になった。

真空管式集熱器の集熱特性は集熱板の選択吸収特性で決まる。また放熱係数を小さくするために、集熱板裏面の放射率を小さくしなければならない。耐熱性を改良した黒色クロム系選択吸収膜を付け、裏面の放射率を小さくした集熱板によって真空管式集熱器を試作した。その瞬時の集熱効率率は77% $[(T_p - T_a)/I = 0.1 \text{ Khm}^2/\text{kcal}]$ が得られ、比較試料の着色アルマイト系集熱器の値60%より大巾な効率向上がなされた。またこのことによって60 K 差温における予想集熱量は1.5倍になった。

上記平板式、真空管式集熱器の高効率化は何れも多少のコスト上昇を必要とするが、集熱量の著しい増加によって集熱面積が減少し、結果として太陽熱利用システムの経済性を大巾に有利にすると考える。

## 参 考 文 献

- 1) 穂積, 阿曾; 学振第 131 委員会第79回研究会資料 (昭 51. 5. 17)
- 2) 一部既発表. 穂積他, National Tech. Rep. 27(2) p. 189 ~ p. 201 (1981)
- 3) J. A. Duffie & W. A. Beckman; Solar Engineering of Thermal Processes; John Wiley & Sons. NY (1980)
- 4) D. C. Moore, Proc. 1981 AS/ISES Annual Meeting 5/26-30/'81
- 5) 甲藤好郎, 伝熱概論 (1976) p. 385; 養賢堂
- 6) ilid p. 155
- 7) 日本機械学会編, 伝熱工学資料 (1975), p. 268; 日本機械学会
- 8) 機械設計便覧編集委員会編; 機械設計便覧 (1973). p. 2152; 丸善 (株)
- 9) 山東他, 空調衛生工学会論文集No18 p. 63 ~ p. 75(1982)

## 文献紹介

### 第 4 回国際ヒートパイプ研究会講演論文集 熱回収のためのヒートパイプと熱サイフォン

- <原 題> Heat Pipes and Thermosyphons for Heat Recovery  
 <編 者> Dr. D. A. Reay  
 <発行所> Pergamon Press (英)  
 <発行年> 1981年12月  
 <体 裁> A4 変形版, 64ページ, 図・表・写真多数  
 <価 格> 約8,000円(送料とも)

ヒートポンプは、熱伝導体としてすぐれた性質をもっているため、エネルギー工学や省エネルギーなど熱工学の分野において、欠くことのできない重要な存在となっています。本書は、Journal Heat Recovery Systems 誌(季刊)の第1巻, 第4号の特集号として出版されたものですが、研究会で発表さ

れた多数の論文から厳選された、10件の論文が収録されています。これらの論文中には、わが国から、つぎの2件の論文が独創的な研究として掲載されているのが特筆されます。

- ・ 2 相密閉式熱サイフォンの熱伝達特性に関する研究(科学技術庁機械工学研究所; 白石ほか)
- ・ 回転式熱パイプの性能とロータリー熱交換器への応用(古河電工(株), 松本ほか)

本書全体を通じて、ヒートパイプおよび熱サイフォンによる熱回収装置の最近の進歩について、それぞれの分野における専門家が最新の研究を発表しており、エネルギー工学, 熱工学, 環境技術, 省エネルギー技術等の関係者にとっては、注目すべき論文集として紹介する次第です。