

Development of an Anti-Gravity Heat Pipe for Solar Panels Cooling

正 小糸 康志 (熊大)

○学 堀内 康洋 (熊大院)

山口 鉄洋 (熊大)

正 井村 英昭 (熊大)

正 鳥居 修一 (熊大)

Yasushi KOITO, Yasuhiro HORIUCHI, Tetsuhiro YAMAGUCHI
Hideaki IMURA, Shuichi TORIIDept. of Mechanical Engineering and Materials Science, Kumamoto University,
2-39-1 Kurokami, Kumamoto, 860-8555

Key Words: Heat Transport, Anti-Gravity Heat Pipe, Solar Panels

1. 緒言

太陽電池パネルの発電効率は、パネル温度に依存しており、パネル温度が上昇すると低下する。このため、太陽電池パネルを冷却すると発電効率が向上することが期待され、著者らはこれまでに、ヒートパイプによって、河川水、地下水、海水等の自然の冷熱源を利用し、太陽電池パネルを冷却する冷却システムを考案した。本研究では、上記冷却システムを構成するヒートパイプ、すなわち、温熱を下方に冷熱を上方に輸送する反重力ヒートパイプについて、実験装置を構築し、その作動確認を行った。

2. 実験装置および実験方法

実験装置は、Fig.1 に示したように、加熱器、冷却器、貯槽、バルブ 1、バルブ 2 およびこれらを連結する配管等から構成されている。加熱器は内容積が 12L であり、加熱器内の底部に最大発生熱量 2kW のパイプヒータが取り付けられている。一方、冷却器は内容積が 3.75L であり、所定温度に調整された恒温槽内の水と熱交換される。ここで加熱器内のパイプヒータ上面と恒温槽内の水面との高さの差は 3.93m である。また、貯槽は内容積が加熱器と同じく 12L であるが、底面積の広い箱型とし、下方から流入する後述の作動液内に加熱器から貯槽内部へ流入する蒸気が十分吸収されるようにした。貯槽上部には袋を取り付けており、貯槽内圧力は常時大気圧に保たれる。配管の内径は 14mm である。なお、加熱器、貯槽および配管は、いずれも透明の亚克力材で製作しており、ヒートパイプ内の作動液流動状態を常に観察することができる。作動液には、水よりも沸点の低い濃度 25% のアンモニア水溶液を用い、実験装置内に 10.5L を封入した。この時、作動液の液面は、加熱器内のパイプヒータより上方にあり、パイプヒータより上方の加熱器内作動液の容積は 3L である。

実験は以下の手順で行った。まず、バルブ 1 とバルブ 2 を閉じた状態で、パイプヒータにより加熱器内に熱を供給した。加熱器内ではアンモニア水の温度が上昇し、アンモニア蒸気が発生すると、蒸気圧によりアンモニア水が加熱器から冷却器を経て、貯槽へと押し上げられる。次に、加熱器内のアンモニア水の液面がパイプヒータの上面まで低下すると、バルブ 1 とバルブ 2 を同時に開き、加熱器内と貯槽内を等圧にして、ヘッド差 (47cm) により、貯槽内のアンモニア水を加熱器内に還流させた。還流後、バルブ 1 とバルブ 2 を同時に閉じ、以上の手順を繰り返した。

実験条件として、パイプヒータによる加熱器への供給熱量を $Q=200\text{W}$, 400W , 600W に変化させ、恒温槽内の水温を $T_w=10^\circ\text{C}$ に設定し、貯槽内気相温度 T_1 、貯槽内液相温度

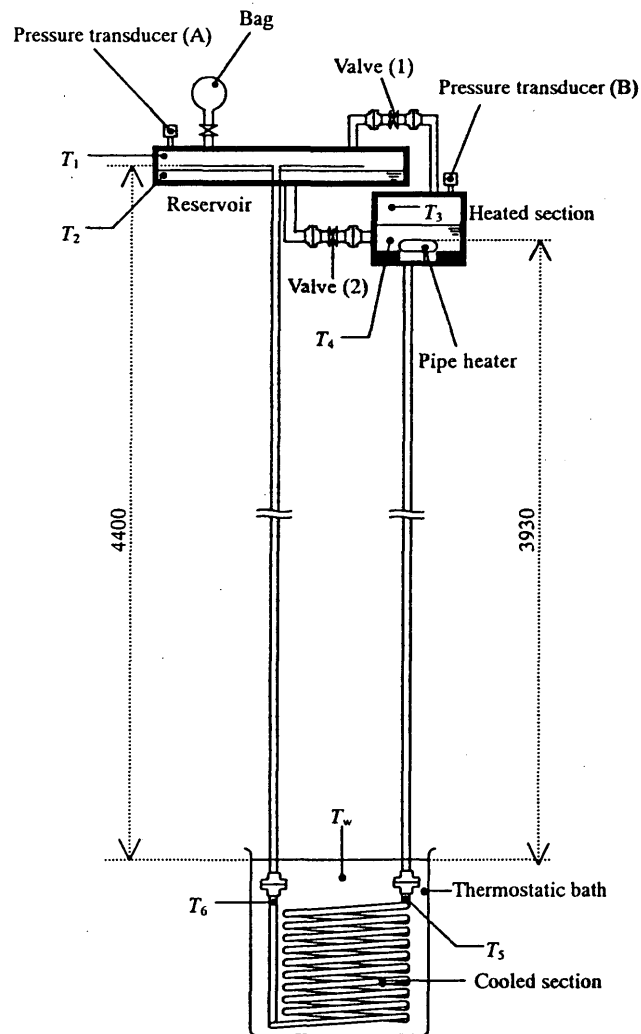


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

T_2 、加熱器内気相温度 T_3 、加熱器内液相温度 T_4 、冷却器入口温度 T_5 、冷却器出口温度 T_6 の経時変化を、T 型熱電対を用いて、一方、貯槽内圧力 P_A 、加熱器内圧力 P_B の経時変化を、圧力変換器を用いて測定した。

3. 実験結果および考察

$Q=400\text{W}$ 時の温度 $T_1 \sim T_6$ および圧力 P_A , P_B の経時変化の一例を、バルブ 1 およびバルブ 2 の開閉時間とともに

Fig.2に示した。なお、バルブ1およびバルブ2の開閉操作は同時に行っているため、両者の開閉時間は同一である。いずれの温度および圧力もバルブの開閉操作と対応して周期的に変動していることがわかる。各周期においては、バルブ1およびバルブ2が閉じた後、パイプヒータからの加熱によって加熱器内の温度 T_3 , T_4 および圧力 P_B がともに上昇し、アンモニア水が加熱器から冷却器を経て貯槽方向へと流動する。アンモニア水が貯槽内に流入し始めると P_B の上昇はゆるやかになるものの、その後、加熱器内でアンモニア水の沸騰が開始されるため、 P_B は急速に上昇し、加熱器内のアンモニア水の液面はパイプヒータの上面まで低下する。アンモニア水の還流のため、バルブ1およびバルブ2を開くと、 P_B は貯槽内圧力 P_A と等しくなり、温度 $T_2=13^\circ\text{C}$ の冷却されたアンモニア水が貯槽から加熱器内へと流入するため、加熱器内のアンモニア水の温度 T_4 は 40°C から 25°C まで低下する。なお、バルブ1およびバルブ2を閉じた直後 P_B が低下するのは、加熱器内においてアンモニア蒸気が、還流によって温度低下したアンモニア水に吸収されるためである。冷却器出口温度 T_6 は、恒温槽内の水温 T_w とほぼ等しくなっており、冷却器内においてアンモニア水が十分冷却されていることがわかる。

$Q=200\text{W}$ 時および $Q=600\text{W}$ 時の温度 $T_1\sim T_6$ および圧力 P_A , P_B の経時変化の一例を Fig.3 に示した。 $Q=400\text{W}$ 時と同様に、温度および圧力はバルブの開閉操作と対応して周期的に変動しているものの、供給熱量 Q が増加するのにもなって周期が短くなることがわかる。

4. 結言

太陽電池パネルの冷却を目的とする反重力ヒートパイプを構築し、その作動確認を行った。ヒートパイプ内の温度

および圧力の周期的な変動とともに、温熱を下方に冷熱を上方に輸送できることを示した。また、熱負荷が大きくなるのにもなって、変動周期は短くなることがわかった。

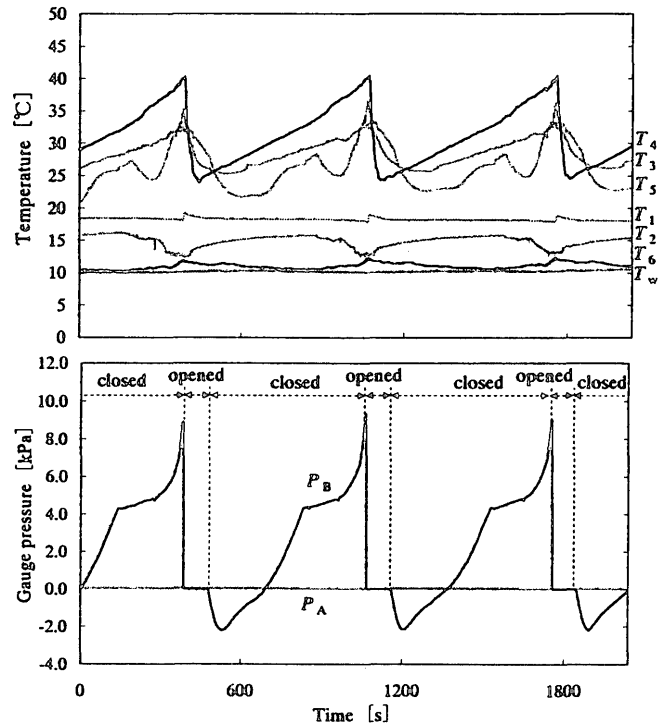
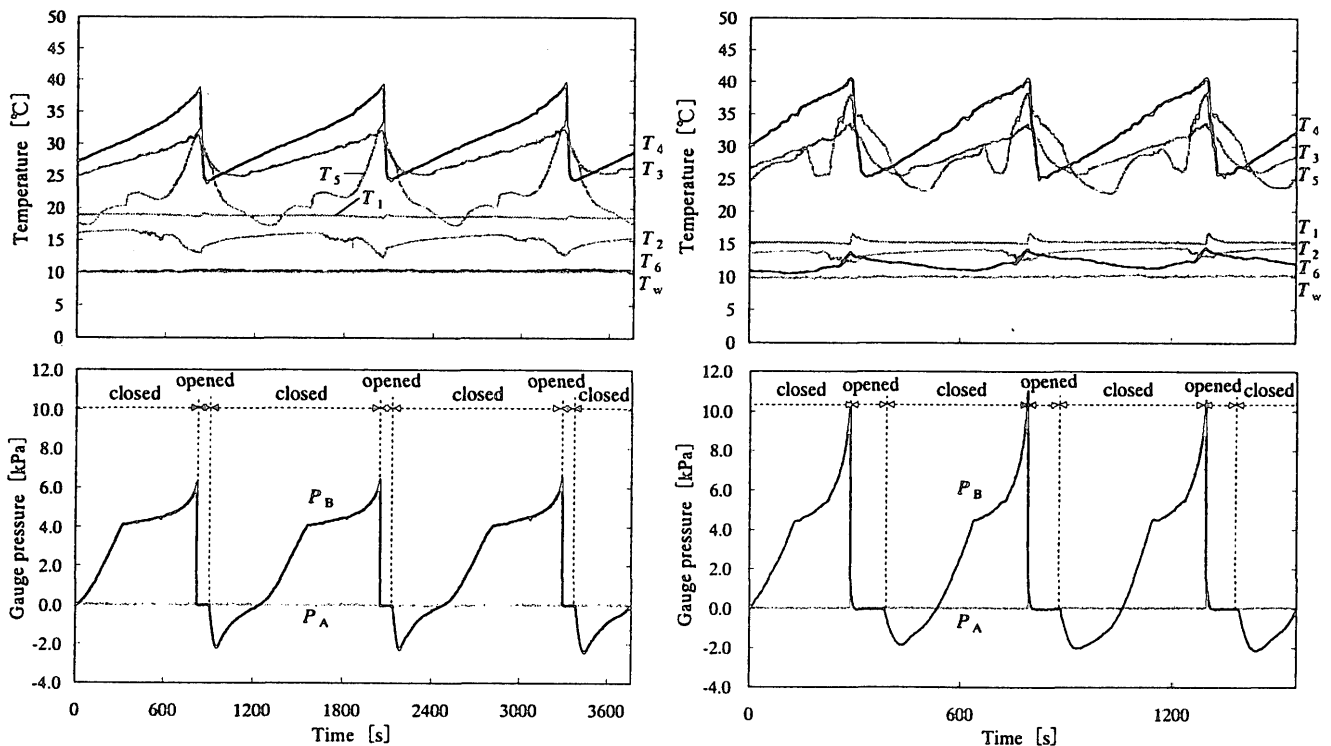


Fig.2 Transient variations of temperatures and pressures for $Q=400\text{W}$, $T_w=10^\circ\text{C}$



(a) $Q=200\text{W}$, $T_w=10^\circ\text{C}$

(b) $Q=600\text{W}$, $T_w=10^\circ\text{C}$

Fig.3 Effect of Q on transient variations of temperatures and pressures