

## Development of a Top-heat-type Heat Transport Loop Utilizing Vapor Pressure

正 小糸 康志 (熊大)  
学 堀内 康洋 (熊大院)  
正 鳥居 修一 (熊大)

○学 山口 鉄洋 (熊大院)  
正 井村 英昭 (熊大)

Yasushi KOITO, Tetsuhiro YAMAGUCHI, Yasuhiro HORIUCHI,  
Hideaki IMURA, Shuichi TORII

Dept. of Mechanical Engineering and Materials Science, Kumamoto University,  
2-39-1, Kurokami, Kumamoto, 860-8555

Key Words: Heat Transport, Self-operative, Top-heat, Vapor Pressure, Experiment

## 1. 緒言

通常の熱サイフンは重力を利用して、外部動力を要することなく、熱を上方に輸送する。これに対して熱を下方に輸送する場合、重力に抗して作動液を還流させる必要があり、このための駆動力の導入が要求される。著者らは、駆動力として作動液の蒸気圧を利用し、自立的に熱を下方に輸送する標記熱輸送ループの開発に取り組んでいる。これまでに、アンモニア水溶液(濃度 25%)の蒸気圧に対して連続的に作動する熱輸送ループを構築しており、前報<sup>(1)</sup>において、その基本的熱輸送特性を報告した。本研究では、水の蒸気圧を利用する熱輸送ループを新たに構築する。熱輸送特性に関する基礎実験を行い、実験結果はアンモニア水溶液を封入した熱輸送ループに対して得た前報<sup>(1)</sup>の実験結果と比較検討する。

## 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、底部に熱源として最大発生熱量 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 3L であり、所定温度に保たれた恒温槽内の冷水と熱交換される。ここで熱輸送高さ(=冷却器中心からパイプヒータ上面までの高さ)は 3.3m である。また、貯槽は内容積が 18L であり、底面積を広くして、加熱器から貯槽内部へ流入する高温の蒸気が、下方から流入して貯液される低温の作動液と十分に熱交換し、凝縮されるようにした。配管の内径は 16mm である。なお、加熱器、貯槽、配管はステンレス材を用いて、冷却器は銅管を用いて製作した。また、加熱器および貯槽の側面にはポリカーボネイト製の観察窓と採光窓を取り付けており、加熱器および貯槽内の作動液流動状態を観察することができる。作動液には水を用い、真空ポンプによって実験装置内の空気を引き出した後、12.1L 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。

実験では、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。加熱器内では水の温度が上昇し、蒸気が発生すると、蒸気圧により水が加熱器から冷却器を経て、貯槽へと押し上げられる。この結果、熱が下方に輸送される。次に、加熱器内の水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、この間のヘッド差(=50cm)により、貯槽内の水を加熱器内に還流さ

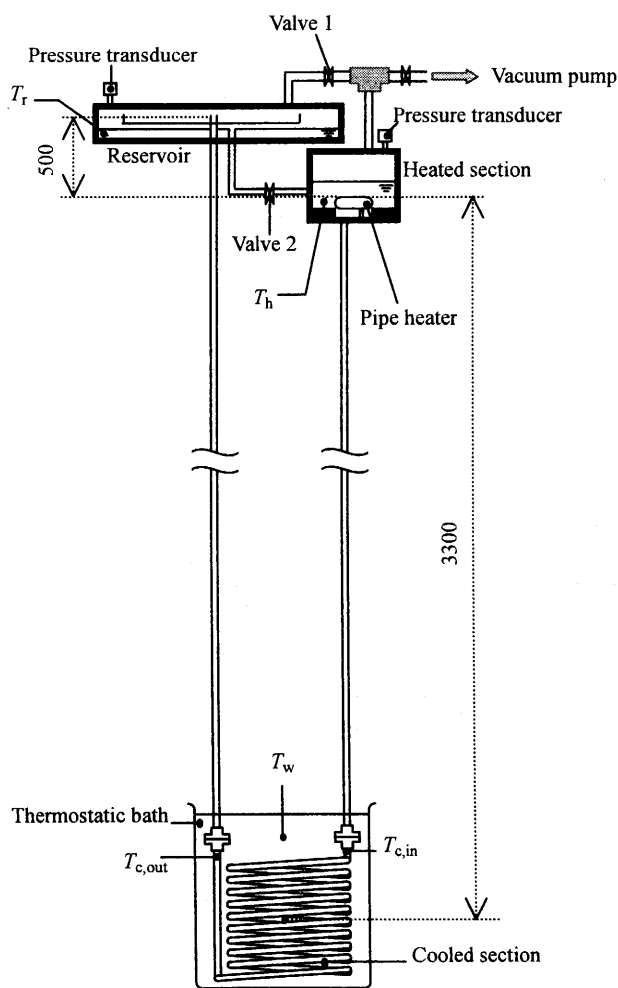


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

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  $Q$  を 200W, 400W, 600W に変化させ、恒温槽内の水温  $T_w$  を 20°C に保ち、加熱器内液相温度  $T_h$ 、冷却器入口温度  $T_{c,in}$ 、冷却器出口温度  $T_{c,out}$ 、貯槽内液相温度  $T_r$ 、加熱器内圧力  $P_h$ 、貯槽内圧力  $P_r$  の経時変化を測定した。

## 3. 実験結果および考察

$Q=400W$ ,  $T_w=20^\circ C$  時の温度  $T_h$ ,  $T_{c,in}$ ,  $T_{c,out}$ ,  $T_r$ , 圧力  $P_h$ ,  $P_r$ , 圧力差  $P_h - P_r$  の経時変化を、アンモニア水溶液(濃度

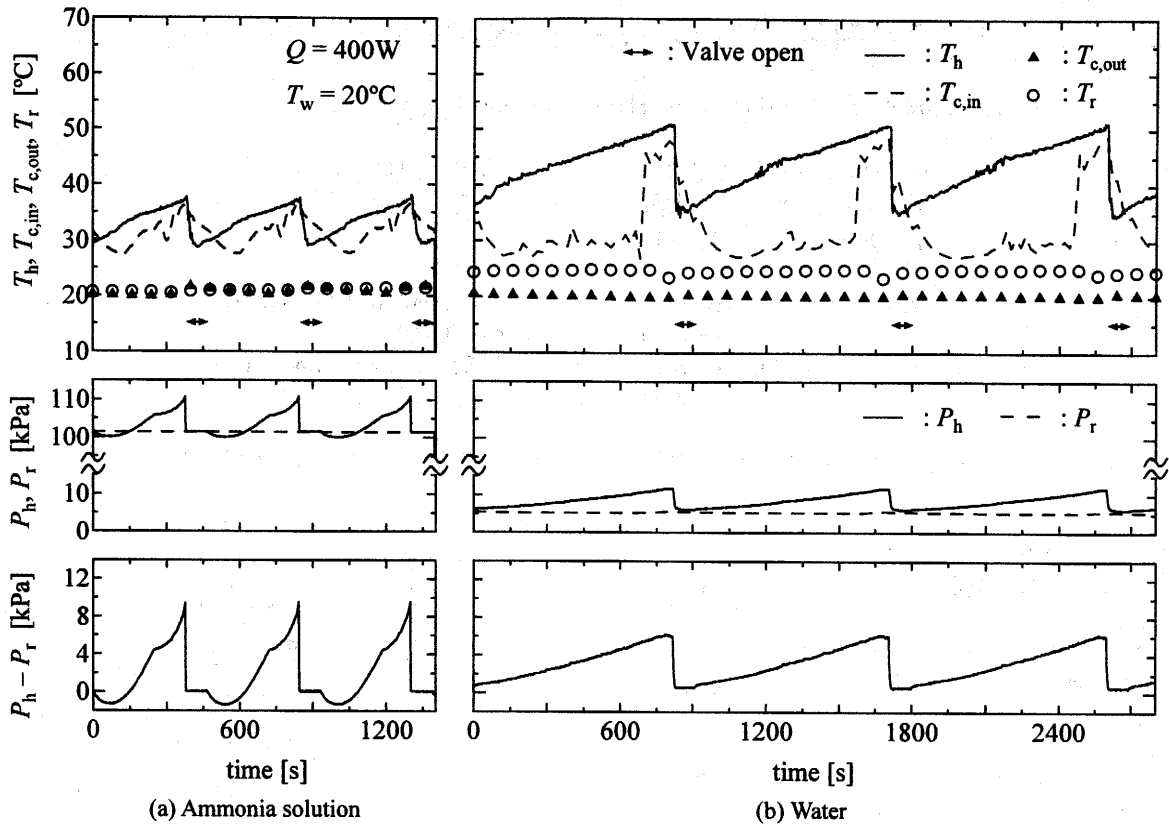


Fig.2 Transient variations of temperatures, pressures and pressure difference

25%)を封入した熱輸送ループに対して得た前報<sup>(1)</sup>の実験結果とともに Fig.2 に示した. なお, 図中には, バルブ 1 およびバルブ 2 が開いている時間(両者は 90s で同一)も示した.

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する. また, 冷却器出口温度  $T_{c,out}$  は恒温槽内の水温  $T_w$  とほぼ等しくなっているため, 冷却器内において作動液が十分冷却されていることがわかる. 前報<sup>(1)</sup>で述べたように, アンモニア水溶液を封入した熱輸送ループにおいては, 貯槽内部を常時大気圧にして操作しているのに対し, 水を封入した本熱輸送ループにおいては, ループ内部の空気を引き出した後, 作動液を封入して操作している. このため, 前者の圧力  $P_h$  および  $P_r$  は 100~110kPa で変動するのに対し, 後者は 5~12kPa で変動する. また, これらの圧力変動域に対する各作動液の飽和温度は, 前者 39~41°C, 後者 33~50°C であり, 前者に対しては若干の差異がみられるものの, 後者に対しては, 熱源温度である  $T_h$  が飽和温度に対応していることが確認できる. さらに, 両熱輸送ループともに, 加熱器から下部の配管が作動液で常時満たされており, 揚液高さが加熱器から貯槽までと低いいため, 熱輸送高さの影響を受けにくく, 10kPa 以下のわずかな圧力差  $P_h - P_r$  で熱輸送を行うことができる.

$Q=200W$ ,  $600W$  時の温度  $T_h$ ,  $T_{c,out}$  の経時変化を Fig.3 に示した.  $Q$  の増加とともに, 周期が短くなることがわかる.

#### 4. 結言

水の蒸気圧を利用して, 外部動力を要することなく作動する熱輸送ループを新たに構築し, 熱輸送特性に関する基礎実験を行った. 実験結果は, アンモニア水溶液を封入した熱輸送ループに対して得た前報<sup>(1)</sup>の実験結果と比較検討

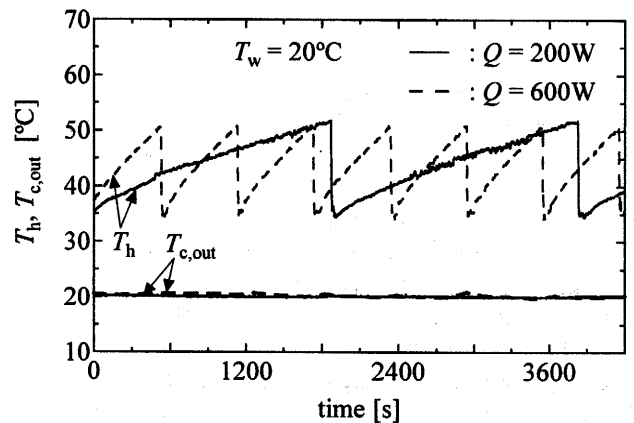


Fig.3 Effect of  $Q$  on transient variation of temperatures

した. その結果, 本熱輸送ループにおいては, 内部を減圧しており, その圧力に対する飽和温度に対応して, 熱源温度が変動することが確認された. また, 前報および本報の熱輸送ループともに, 揚液高さが低いため, 内部に生じるわずかな圧力差で熱を輸送することができる.

#### 参考文献

- (1) 小糸康志・他 4 名, 第 41 回日本伝熱シンポジウム講演論文集, I (2004), 51-52.

#### 謝辞

本研究の遂行にあたり, 熊本大学工学部技術部 有吉剛治氏, 学部学生 時任健二君, 原田俊亮君にご協力頂きました. ここに記して謝意を表します.