

## Operational Characteristics of a Top-heat-type Heat Transport Loop (A Decrease in Internal Pressure Differences)

正 小糸 康志 (熊大)  
学 山口 鉄洋 (熊大院)  
正 井村 英昭 (熊大)

○学 原田 俊亮 (熊大院)  
Mohammad Shahed AHAMED (熊大院)  
正 鳥居 修一 (熊大)

Yasushi KOITO, Shunsuke HARADA, Tetsuhiro YAMAGUCHI,  
Mohammad Shahed AHAMED, Hideaki IMURA, Shuichi TORII  
Dept. of Mechanical Engineering and Materials Science, Kumamoto University,  
2-39-1, Kurokami, Kumamoto, 860-8555

*Key Words:* Heat Transport, Top-heat-type, Pressure Difference, Vapor Pressure

### 1. 緒言

著者らは、作動液の蒸気圧を利用して、自立的に作動液を流動させ、熱を上方から下方へ輸送する標記熱輸送ループの開発に取り組んでいる。前報<sup>(1)</sup>においては、本熱輸送ループが問題なく作動することを確認し、その基本的熱輸送特性を報告した。本研究では、ループの内部で生じる圧力差の低減を目的に、作動液の揚液高さを低くし、本熱輸送ループの作動特性を調査した。

### 2. 実験装置および実験方法

実験装置および実験方法に関しては、後述する揚液高さ  $h$  を変更したこと以外、前報<sup>(1)</sup>と本質的に同一であり、それらは詳述しているため、ここでは簡単な記述にとどめる。

実験装置は、Fig.1 に示したように、加熱器(12L)、冷却器(3L)、貯槽(18L)、バルブ1、バルブ2およびこれらを連結する配管(液上昇管、液下降管等)から構成されている。作動液には水を用い、真空ポンプによってループ内の空気を引き出した後、10.5 L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3 L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、パイプヒータより加熱器に熱を供給した。加熱器内部の作動液の温度が上昇し、蒸気が発生すると、蒸気圧により作動液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、熱が加熱器から冷却器へ輸送される。次に、加熱器内の作動液の液面がパイプヒータ上面まで低下すると、バルブ1とバルブ2を同時に開いた。加熱器内の高温の蒸気がバルブ1を通過して貯槽内部に流入し、加熱器内と貯槽内が等圧になるので、重力により、貯槽内の作動液がバルブ2を通過して加熱器内へと還流される。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。

本熱輸送ループでは、加熱器内の液面より以下は、液上昇管側、液下降管側ともに、ループ内が作動液で常時満たされているため、加熱器から貯槽までの高さが作動液の揚液高さ  $h$  となる。したがって、本熱輸送ループは、熱輸送高さ(=冷却器から加熱器までの高さ)に対して、 $h$  が非常に小さいという特長を有する。本研究では、前報<sup>(1)</sup>の  $h = 500$  mm から  $h = 300$  mm と揚液高さを低くした。

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 200, 400, 600, 800, 1000 W に変化させ、恒温槽内の水温  $T_w$  を  $20^\circ\text{C}$  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

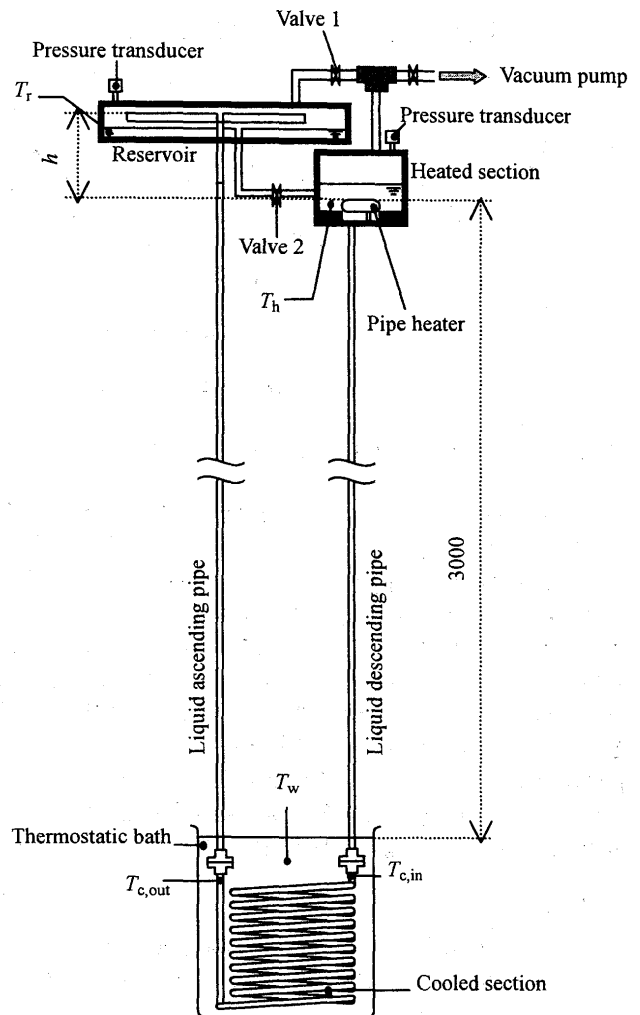


Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

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

$h = 300, 500$  mm の場合について、 $Q = 400$  W、 $T_w = 20^\circ\text{C}$  に設定した時の温度  $T_h$ 、 $T_{c,in}$ 、 $T_{c,out}$ 、 $T_r$ 、および圧力  $P_h$ 、 $P_r$ 、ならびに次式で定義したループ内に生じる圧力差  $\Delta P$  の経時変化を Fig.2 に示した。

$$\Delta P = P_h - P_r \quad (1)$$

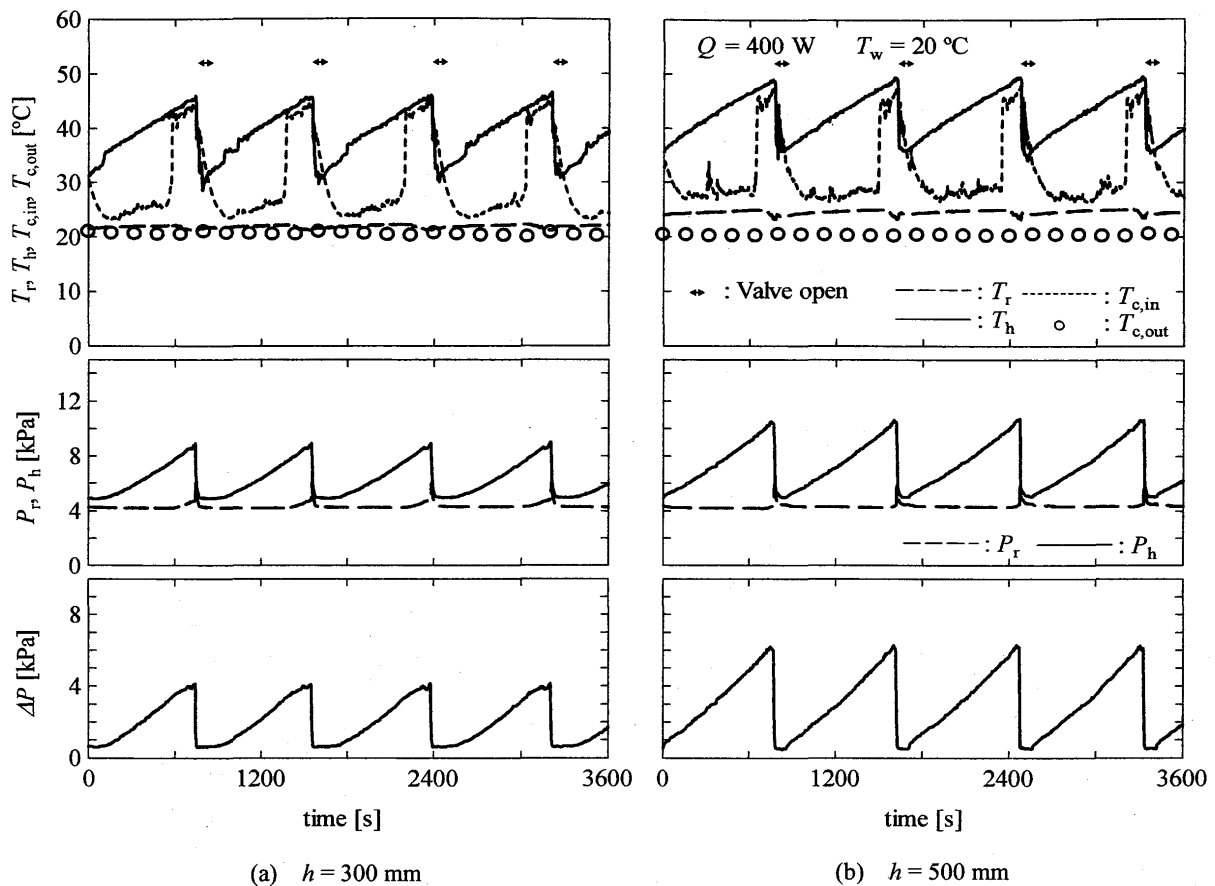


Fig.2 Transient variations of temperatures, pressures and pressure difference

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。

$h = 300, 500$  mmのいずれの場合においても、前報<sup>(1)</sup>でも述べたように、温度、圧力、圧力差はバルブの開閉操作と対応して周期的な変動を繰り返す、本熱輸送ループが連続して作動していることが確認できる。また、 $T_{c,out}$ が $T_w$ にほぼ等しくなっていることから、冷却器内において作動液が十分に冷却されていることがわかる。 $h$ を低くすると、 $P_h$ の変動域が小さくなり、 $\Delta P$ が低減されることが確認できる。また、ループ内は減圧され、飽和状態にあるため、 $P_h$ の変動域の減少に伴って、 $T_h$ の変動域も小さくなる。

ループ内での作動液の流動抵抗を無視すると、 $\Delta P$ の最大値 $\Delta P_{max}$ と $h$ は次式で関係づけられる<sup>(1)</sup>。

$$\Delta P_{max} = \rho g h \tag{2}$$

ここで、 $\rho$ は作動液の密度、 $g$ は重力加速度である。

全実験範囲における $\Delta P_{max}$ を、式(2)に $h = 300, 500$  mmを代入して得られる $\Delta P_{max} = 2.9, 4.9$  kPaとともに、Fig.3に示した。全実験範囲においても、 $h$ を低くすることで $\Delta P_{max}$ が低減されたことが確認できる。また、本熱輸送ループでは作動液の流動抵抗を伴うため、 $\Delta P_{max}$ の実験値はそれぞれ $\Delta P_{max} = 2.9, 4.9$  kPaよりもやや大きくなるが、 $Q$ が小さくなると、ループ内を流れる作動液の流量が減少して、流動抵抗が軽減されるので、 $\Delta P_{max}$ の実験値はそれぞれ $\Delta P_{max} = 2.9, 4.9$  kPaに近づくことがわかる。

本研究では、 $h$ を低くすることにより、全実験範囲において $\Delta P_{max}$ を1.9~2.4 kPa低減できた。この低減量は、式(2)に $h = 300, 500$  mmを代入して得られる $\Delta P_{max}$ の差(=2.0kPa)に対応している。

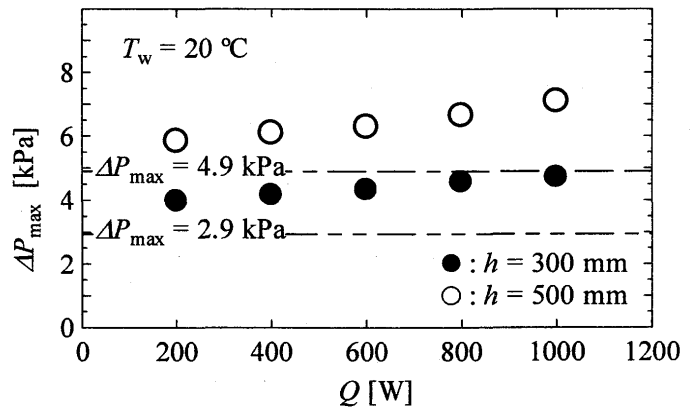


Fig.3 Maximum pressure difference between heated section and reservoir

#### 4. 結言

本研究では、標記熱輸送ループ内部で生じる圧力差の低減に関する実験的検討を行った。実験結果から、揚液高さを低くすることにより、その低下量に相当して内部圧力差を低減できることを示した。

#### 参考文献

- (1) 小糸康志・他4名、機論(投稿中)

#### 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 岩崎国弘君にご協力頂きました。ここに記して謝意を表します。