

# 密閉型二相サーモサイフオンの研究

山崎保輔・相場眞也

## Experimental Research on a Two-Phase

## Closed Thermosyphon

Y. YAMAZAKI, S. AIBA

An experimental research on the heat transfer performance of a two phase closed thermosyphon with water as the working fluid has been made. Above a certain amount of the working fluid pulsed explosive boiling takes place in the tube and heat transfer rate is not sensitive. It was made clear that heat transfer rate was so much affected by pulsed explosive boiling.

### 1. はじめに

密閉型二相サーモサイフオンやウィックを装着したヒートパイプは優れた伝熱性能に着目され、エネルギーの有効利用、省エネルギーなどのほか広い分野で利用されつつある。しかしながら、水を作動流体とした場合は種々の利点があるにもかかわらず、その伝熱特性の詳細は未だ充分明らかにされていないように思われる。

本報告は作動水の蒸発、凝縮の挙動を可視化法により詳細に観察しつつ、加熱部長さ一定のもとで、封入比(封入量/加熱部容積) $V^+$ を変え熱輸送量との関係を明らかにしようとしたものである。

### 2. 実験装置

実験装置の概要を図1に示してある。装置はガラス製サーモサイフオン、加熱部、冷却部および熱輸送量測定部などから構成されている。それらの主要寸法は図2に示し、特に冷却部は透明アクリル管を用い凝縮部の観察が容易になるよう配慮した。加熱部への熱入力はピーカーに入れた熱水によるもので、熱水は2kwの電熱器と投げ込みヒーターで加熱されている。

### 3. 実験方法

実験は以下の手順に従って行なった。

(a) サイフオン内部を洗浄するとともに外部も可

視化のため清浄にした。

(b) 真空ポンプによりサイフオンからの排気を行なう。

(c) 0.2 Torrに到達後、十分に脱気した蒸溜水の封入を行う(最初の封入比 $V^+=0.05$ とした)。

(d) 冷却水を冷却管へ流し、その入口、出口の湯度が定常になった状態をそれぞれの熱電対で確認する。

(e) ヒーターに通電し、加熱水が $100^{\circ}\text{C}$ に到達後サーモサイフオンの作動状況を観察しながら、冷却水量、冷却水入口、出口温度を測定する。

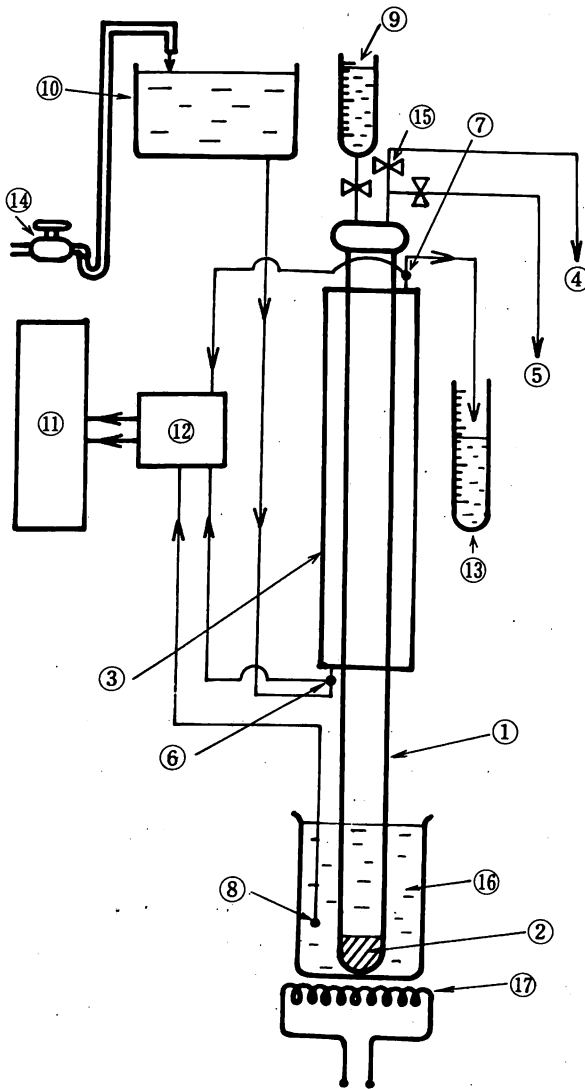
(f) 封入比 $V^+$ を順次増加させ(e)で述べた操作を繰返す。

(g) 熱輸送量 $Q$ は次式で求めた。 $Q=G_w c (t_{out} - t_{in})$ 。ここで、 $G_w$ は冷却水量、 $C$ は水の比熱、 $t_{out}$ および $t_{in}$ はそれぞれ冷却管入口、出口の温度である。

### 4. 実験結果と考察

図3に熱輸送量 $Q$ と封入比 $V^+$ の関係を示す。封入比 $V^+=0 \sim 0.2$ では $V^+$ の増加とともに $Q$ は急激に増加する。しかし、 $V^+=0.2 \sim 0.4$ では増加割合が鈍化し、 $V^+=0.4 \sim 0.7$ で $Q$ が最大値(=0.74kw)をとることがわかる。 $V^+=0.8 \sim 0.9$ では最大値より幾分低下し、 $V^+ > 0.9$ では再び小さな増加の傾向を示す。次に、封入比に応じた作動水の挙動を以下述べる。

(a)  $V^+=0.05$ の場合 サーマサイフオンの作動



- |                     |           |
|---------------------|-----------|
| ① サーマサイフォン          | ⑩ 冷却水水槽   |
| ② 作動水               | ⑪ ペンレコーダー |
| ③ 冷却管               | ⑫ 零接点     |
| ④ 真空ポンプ             | ⑬ 流量測定装置  |
| ⑤ ピラニ真空計            | ⑭ 水道コック   |
| ⑥ 冷却水入口熱電対          | ⑮ 真空コック   |
| ⑦ 冷却水出口熱電対          | ⑯ 加熱水     |
| ⑧ 加熱水熱電対            | ⑰ ヒーター    |
| ⑨ 作動水注入用<br>メスシリンダー |           |

図1 実験装置の概要

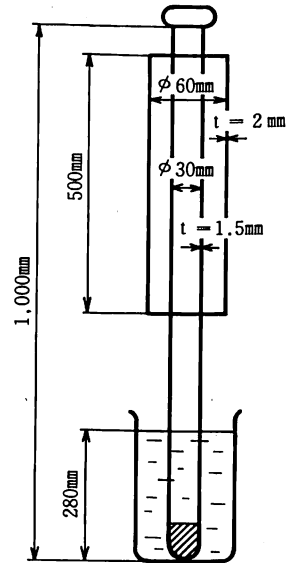


図2 実験装置の寸法

直後から冷却部には上昇蒸気の凝縮液が液膜となってガラス管の内壁を下降する状況が観られる。作動水には沸騰の状況がほとんど生ぜず、作動水表面と環流液から蒸発が静かに行われている様子が観察される。図4(a)に示すように環流液は作動水に達する以前に蒸発し、加熱部の相当部分が乾き、結果的に液膜で覆われた伝熱面積が小さくなることや、蒸発量の不足が原因し、図3に示したように熱輸送量が他の封入比の場合に比較し、きわめて小さい。

(b)  $V^+ = 0.1 \sim 0.4$  の場合 環流液が作動水まで到達するようになり、それが刺激となって約3秒程のサイクルでいわゆる突沸現象を生じ、図4(b)のように加熱部下部に突沸による飛沫が附着し、環流液も増加する。この傾向が $V^+$ の増加とともに強まり、特に $V^+ \cong 0.3$ 以上では環流液が液膜となって加熱部の大部分を覆うようになる。この状態を図4(c)に示す。そのため、サイフォン内部の熱伝達率が増加し、熱輸送量が増してゆくことになる。一方、冷却部の状況は(a)の場合とほとんど変りはない。

(c)  $V^+ = 0.45 \sim 0.7$  の場合 突沸により作動水の相当量が冷却部上端まで上昇し、その後下降する。図4(d)に示すように突沸液が作動水に到達すると同時にその刺激により、加熱部のほとんど全域に渡って沸騰を生じその状態が約4秒持続し、再び突沸を起こすというサイクルを繰返す。この4秒間で蒸気の発生が促進され、熱輸送に貢献する伝熱面積が最大となって熱輸送量が最も大きくなっているも

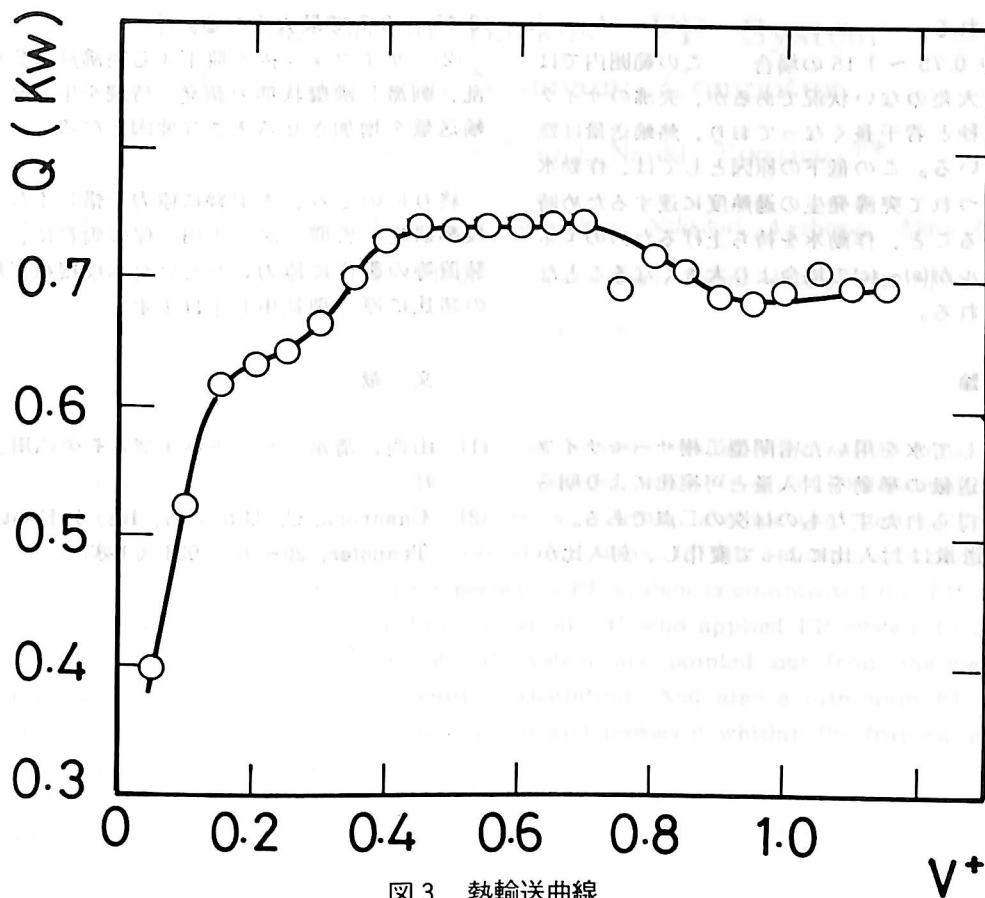


図3 熱輸送曲線

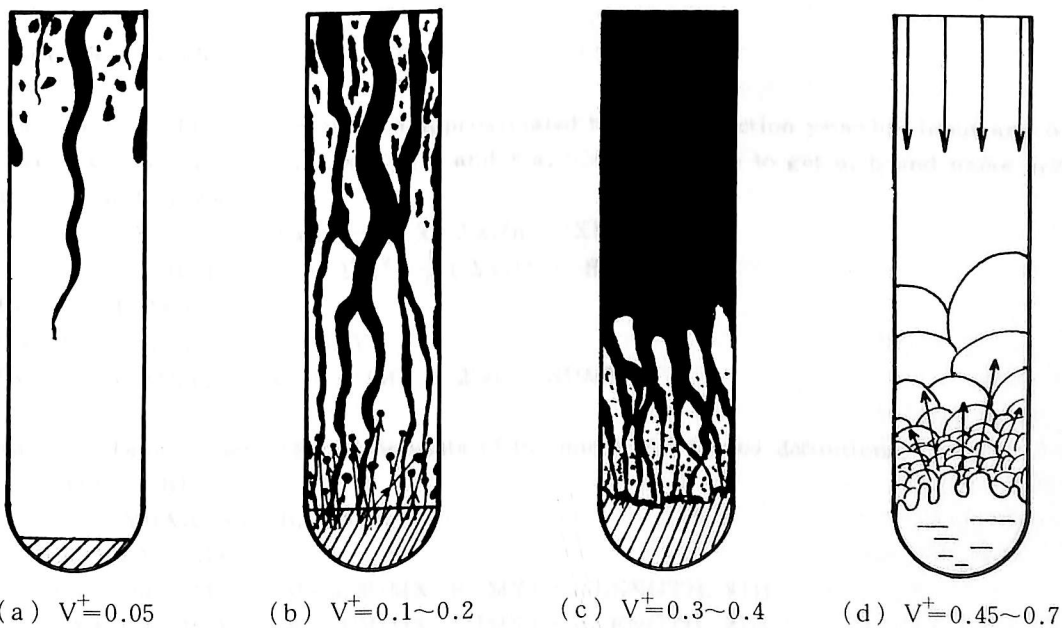


図4

のと考えられる。

(d)  $V^+ = 0.75 \sim 1.15$  の場合 この範囲内では (c) の場合と大差のない状況であるが、突沸のサイクルが約 4.5 秒と若干長くなっており、熱輸送量は幾分低下している。この低下の原因としては、作動水が増えるにつれて突沸発生の過熱度に達するため時間が長くなること、作動水を持ち上げるためのエネルギーレベルが (a) ~ (c) の場合より大きくなることなどが考えられる。

## 5. 結 論

作動液として水を用いた密閉型二相サーモサイフの熱輸送量の挙動を封入量と可視化により明らかにした。得られた主なものは次の二点である。

(1) 熱輸送量は封入比によって変化し、封入比が

0.45 ~ 0.7 で最大となる。

(2) サイフォン内を降下する突沸液は作動水を攪乱、刺激し沸騰状態の誘発、持続を生じせしめ、熱輸送量を増加させる大きな要因となる。

終りにのぞみ、本実験に協力を惜しなかつた本校卒研究生 管原 誠、土田 保の両君に、また実験装置等の製作に協力いただいた本校機械工場の職員の諸氏に厚く御礼申し上げます。

## 文 献

- (1) 山西, 清水, ヒートパイプとその応用, オーム社
- (2) Casarosa, C. ほか 2 名, Int, J, Heat Mass Transfer, 26-6, 933 (1983)