可視化ヒートパイプの性能実験

東京都市大学　学生会員　○秋葉　将太　片根　弘人
東京都市大学　正会員　末政　直晃
ベターリビング　正会員　久世　直哉

1. はじめに

今日，我々の社会では産業の発展に伴い大量のエネルギーを消費している．それにより生活が便利になる一方，エネルギー源の枯渇や様々な環境問題に直面するようになった．その中でも，地球温暖化は大きな問題の一つであり，地球規模の気温上昇を引き起こしている．特に都市部では，構造物の蓄熱効果や人工排熱によって，ヒートアイランド現象という問題も生じている．そのため，二酸化炭素排出量の削減や省エネルギーの促進等の動きが社会全体で広がっており，その一つの方法として近年注目されているのが地下熱を利用する方法である．地中の温度は一年を通して安定しており，地表と比べて夏は涼しく，冬は暖かいため，地下との熱交換が可能になればヒートアイランド現象の抑制に繋がる．現状ではヒートパイプは冬場における融雪等のボトムヒートの環境下で多く用いられているが，夏場のようなトップヒートの場合，著しく作動効率が低下する問題点がある．

本研究は，ヒートパイプの課題である夏場利用でのヒートパイプの改良を目的としている．しかし，実際にはヒートパイプがどのように作動しているのかはいまだ不明確な点も多い．本稿では，アクリルを用いて作製した可視化ヒートパイプでの温度と液量による熱輸送量の違いについての性能実験とその結果について報告する．

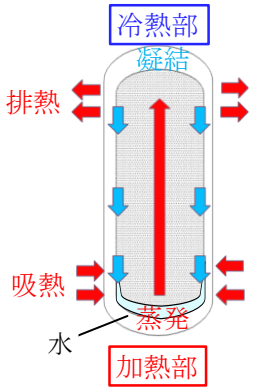

図-1：ヒートパイプの作動の仕組み

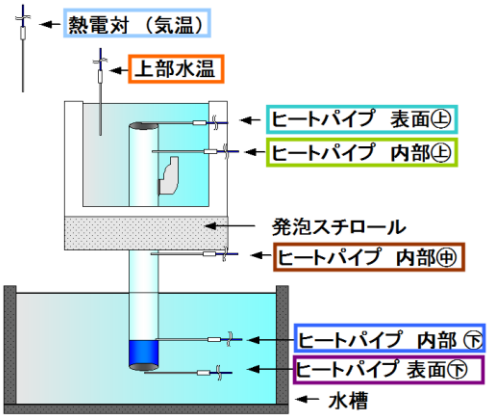

図-2：実験装置と熱電対の概要

2. ヒートパイプとは[1)]

図-1 にヒートパイプの仕組みを示す．ヒートパイプとは，脱気した容器内に蒸発冷媒(水やアルコールなど)を封入したもので，熱を効率よく運ぶ輸送装置のことをいう．作動原理として，減圧容器内の一部で冷媒が蒸発し，この蒸発した冷媒が低温部分に移動して放熱し熱を輸送する．また，放熱した冷媒は液体に戻り重力によって下側に下がり高温部分に戻るという対流サイクルがある．また，ヒートパイプは内部を減圧することにより，冷媒の沸点を下げて吸熱効率を高めると共に，冷媒蒸気の移動抵抗を減少させることで，同程度の直径であれば，熱伝導率の高い銅に比べて，数十倍～数百倍の熱伝導率を示すといわれている．そして最大の特徴は，パイプ両端に温度差が生じている限り，重力や毛細管力の作用により，外部からのエネルギーを必要とすることなく，メンテナンスフリーで連続的な熱輸送を可能とし，稼働時に全くコストがかからない点である．

3. 可視化ヒートパイプの性能実験

3.1 装置概要

実験装置と熱電対の概要を図-2 に示す．実験装置は，ヒートパイプ，発泡スチロール，水槽，熱電対から構成されている．ヒートパイプは内部を可視化するため，長さ 300mm，直径 50mm のアクリルパイプと銅板で作製し，内部の温度 を計測するために 10mm，150mm，290mm のところに熱電対を通す穴を設けた．また，発泡スチロールは断熱材として使用し，温度を計測するために用いた熱電対はヒートパイプ内部の上部，中央部，下部にそれぞれ 3 つ，ヒートパイプ表面の上部，下部，上部水温，気温の計 7 点に設置した．

キーワード　ヒートパイプ　可視化　ヒートアイランド

連絡先〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 東京都市大学地盤環境工学研究室 TEL03-5707-2202　E- mail:g0718075@tcu.ac.jp

3.2 実験概要

温度と液量による熱輸送量の比較実験では，まずヒートパイプ内部に高さ 20, 30, 40mm まで水を封入し，内部を真空脱気する．脱気終了後，水槽内の温度をそれぞれ 40，50，60℃に変え，上部水温は 25℃と一定とした．その後，ヒートパイプ下部を水槽内に入れ計測を開始し，上部水温の温度変化が見られなくなったところで計測を終了した．

3.3 実験結果・考察

液量 20mm，60℃においての時間経過に伴った温度推移を**図-3** に示す．ヒートパイプの各点や水温の温度変化に着目すると，計測開始時のヒートパイプ下部の温度が一定の傾きで上昇し，その後、徐々に緩やかな傾向を示し定常状態へと移行していった．そしてその動きに伴い，ヒートパイプ内部の下部，中央部，上部の順に同様の傾向が見られ熱が伝わっていることが確認できる．ここで，ヒートパイプの熱移動を確認するため，液量と温度の違いでのヒートパイプ内部下とヒートパイプ表面上，ヒートパイプ表面下とヒートパイプ内部下についての温度差の比較を行った(**図-2** 参照)．それぞれの関係図を**図-4**，**図-5** に示す．

まず，**図-4** において，水槽内温度が高くなるほど各ケースとも内部下と表面上の温度差が大きくなる傾向となった．これは，温度が高くなるにつれ，飽和水蒸気量に達したために蒸発限界となり熱を運ぶ量が減少したためと考えられる．また，液量の違いでは 30mm のとき最も温度差が低くなった．このことから，液量 30mm では他のケースに比べ熱を伝えやすく蒸発限界に達しにくいと考えられる．次に，**図-5** において，水槽内温度が高くなるにつれて内部下と表面下の温度差が大きくなった．このことからも蒸発限界によって熱が伝わりにくくなってしまったと考えられる．また，液量の違いでは，どの温度でも液量 30mm のところで最も温度差が低くなることから，液量 30mm において蒸発と凝結のサイクルがスムーズに働き熱輸送が行われやすいと考えられる．また次に，各条件での熱輸送量を確認するため，上部水温の温度が一定となった到達時間とその時の到達温度についての比較を行った．それぞれの関係図を**図-6**，**図-7** に示す．**図-6** において到達時間は水槽内温度が高く，液量が多いほど伸びる傾向を示した．ただ，20mm と 30mm の到達時間は大きい変化は見られなかった．また，**図-7** において到達温度では 30mm が最も高く 20mm では低い傾向を示した．このことから，30mm では熱を早くかつ多く伝え，20mm では蒸発限界に達したため，温度も低くなったと考えられる．このことから，30 ㎜では飽和水蒸気量に達しにくく，蒸発と凝結のサイクルが良く働いていると考えられる．

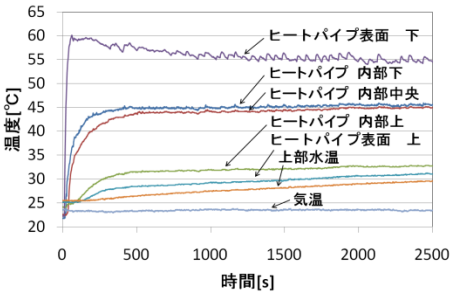

図-3：温度推移（60℃）

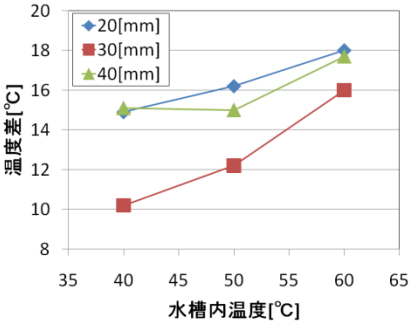

図-4：内部下と表面上の温度差

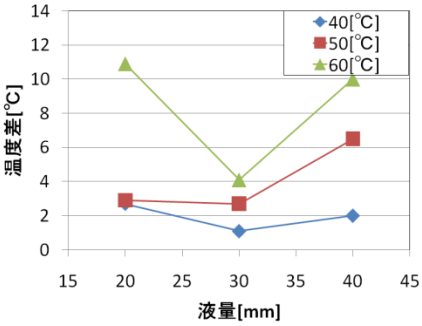

図-5：表面下と内部下の温度差

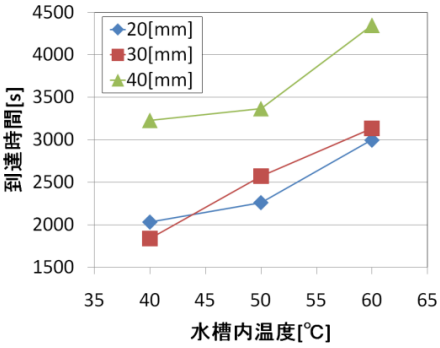

図-6：上部水温の到達時間

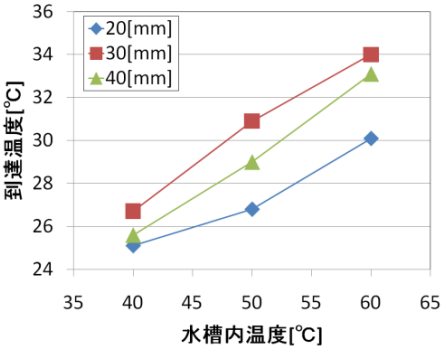

図-7：上部水温の到達温度

4. まとめ

温度と液量の違いによる可視化ヒートパイプ性能実験を行った結果，ヒートパイプ内部下と表面上，表面下と内部下での温度差は液量 30mm のとき最も低い傾向を示した．また，上部水温の到達温度も 30mm の時最も高い傾向を示したことから 30mm のとき蒸発と凝結のサイクルが良く働いていることがわかった．

<参考文献>(1)ヒートパイプの研究：http://www.aist.go.jp/MEL/soshiki/ene/netu/~shiraishi/shiraishi02.htm