B133 仕切られた容器内で生じるサーマルプルームの 感温液晶による可視化

一宮 浩市、 藁科 博章

Visualization of Thermal Plume in a Partially Divided Vessel by Liquid Crystal Suspension

Koichi Ichimiya and Hiroaki Warashina

This paper describes about the flow and temperature visualization in a partially divided vessel by thermosensitive liquid crystal suspension. Partitions were set vertically on the bottom heated plate. Scattered light from the liquid crystal suspension was transformed by using regression equation of relative brightness (r, g, b). A partition controls the behavior of thermal plumes from heated section. It is supposed that the thermal diffusion is enhanced by changing the material. Effect of a partition was also examined on the rising velocity and the frequency of thermal plumes.

Key words : Visualization, Liquid Crystal Suspension, Regression Equation Method, Thermal Plume, Partition

1. 緒 言

容器内の自然対流は、蓄熱層、太陽熱集熱器、室内冷暖房、電子機器の冷却等に関連し、実用的にも広く見られる。単純容器内の自然対流は良く見られるが応用を考えた場合、容器内に仕切り板を設けることにより伝熱流動状態を制御する必要がある。Bajorekら¹⁾は直方体容器内に断熱板を部分的に設ける事により生ずる自然対流への影響を実験的に検討している。木村ら²⁾は長方形容器内の鉛直加熱壁上に仕切り板を設けた場合の流れと温度分布について仕切り板の角度を変化させて実験を行っている。Nansteelら³⁾は可視化実験により仕切り板の有無による相違を明らかにしている。Hsuら⁴⁾は2次元閉空間内の自然対流熱伝達及ぼす流体と仕切り板の熱伝導の影響を検討し熱輸送にはそれほど影響しないことを述べている。北村ら⁵⁾は水平加熱板上に設置された格子状フィンの影響を実験的に検討している。

本報では直方体容器内に幅方向に仕切り板を設け下面加熱部からの自然対流の挙動を感温液晶粒子を使用して可視化し仕切

り板の影響を検討するものである。

主要な記号の説明

F : プルーム発生頻度、Gr : グラスホフ数、H : 容器高さ、L : 加熱幅、T : 温度、V : 平均上昇速度
 τ : 時間

2. 実験装置および方法

試験部の概要を Fig.1 に示す。試験容器は180x100x155

Fig. 1 Test Section

* 山梨大学工学部

** (株) トヨタ

Fig. 2 Temperature Visualization ($Gr=2.3 \times 10^7$)

[mm] のアクリル製直方体容器である。上面中央には加熱面からのサーマルプルームの衝突する様子とらえるために感温液晶シートを接着したアクリル板を上面より15[mm]下に設置した。下壁加熱面は幅20[mm]のアルミニウム製で容器幅中央に設置されている。加熱部内部は温水を循環させることにより等温を維持している。仕切り板は幅10、高さ125、奥行き100[mm]のアクリル製である。設置位置は下壁中央より10[mm]に上向きに、さらに上壁中央より50[mm]の位置に下向きに、左右対称に設置されている。

容器内の媒体はシリコン油で感温液晶粉末 (W35型、粒子径50~100 μ m) を0.02重量%の割合で混入させて感温液晶懸濁液とする。シリコン油と液晶粉末の比重はほとんど等しく、数時間程度は液晶粒子の浮遊が維持された。

感温液晶より発せられた色光を温度に変換する方法として相対輝度による回帰式法を使用した。

実験条件としては、加熱面温度=48.5~63.1 $^{\circ}$ C、初期温度=21.9~22.7 $^{\circ}$ C、 $Gr=(2.2 \sim 4) \times 10^7$ である。

4. 実験結果

仕切り板を設置したときの温度の可視化と等温分布を $Gr=2.3 \times 10^7$ に対し経時に示したのがFig. 2(a),(b),(c)である。茶赤色の低温から緑青色までの高温まで表されている。Fig. 2(a)では下壁中央からサーマルプルームが間欠的に発生し、発生した直後すなわち容器下部ではその速度が速く、下流(容器上部)になるにつれ減速している。上昇の仕方はほぼ対称である。容器上面に衝突後左右に拡散し、仕切り板の内側に沿って下降流が生じている。Fig. 2(b)では温度上昇とともにプルームの高温部が尾を引くようになり、わずかに揺動が見られ、対称性が崩れている。しかし仕切り板が無い場合の単一加熱点からのサーマルプルームの揺動⁶⁾ほど大きくはない。上面付近では高温部(緑色)がかなり増大している。Fig. 2(c)では中央の仕切られた内側では液晶の感温範囲以上の高温になり青から黒になっている。それに対し左右に仕切られた外側では熱拡散による温度層が並行に安定して形成され上部より青、緑、黄、茶と変色している。図には現れていないが下面の加熱部に接した仕切り板の熱伝導を介して仕切り板外側の流体が熱せられて局所的に循環流が生じている。これは蓄熱層内で仕切り板の材料を選択することにより流動の制御のみならず熱拡散の促進に寄与する事を示している。

5. 結 言

直方体容器内に幅方向に仕切り板を設け下面加熱部からの自然対流の挙動を感温液晶粒子を使用して可視化し仕切り板の影響を検討した。その結果、仕切り板は、発生するサーマルプルームの移動状況を制御するのみならず、材料を変化させることにより熱拡散の制御も可能になる事が明らかになった。

参考文献

- 1) Bajorek S.M. and Lloyd J.R.: Experimental Investigation of Natural Convection in Partitioned Enclosures, J. of Heat Transfer, Vol. 104 (1982), pp.527-532.
- 2) 木村照夫、部谷尚道、竹内正紀、臼井滝雄: 仕切り板をもつ密閉容器内の自然対流熱伝達(鉛直加熱壁に仕切り板をもつ場合), Vol.51, No.462 (1985), pp.681-687.
- 3) Nansteel M.W. and Greif R.: Natural Convection in Undivided and Partially Divided Rectangular Enclosures, J. of Heat Transfer, Vol.103 (1981), pp.623-629.
- 4) Hsu T.H. and Tsai S.Y.: Natural Convection of Micropolar Fluids in a Two-dimensional Enclosure with a Conductive Partition, Vol.28, No.1 (1995), pp.69-83.
- 5) 北村健三、長江直行、木村文義: 格子状フィンを用いた水平加熱平板上自然対流の伝熱促進, 機論(B), Vol.61, No.582 (1995), pp.659-664.
- 6) 一宮浩市、安部寿久: 単一サーマルプルームの上壁加熱面への衝突による熱移動, 機論(B), Vol.62, No.601 (1996), pp.3446-3452.