

東洋大学大学院 学員 山本 哲郎
 東洋大学工学部 正員 萩原 国宏
 東洋大学工学部 正員 田中 修三

1. はじめに

成層型貯水池では昇温期に温度躍層を形成することがよく知られている。この原因としては流体である水の熱伝達がその際に生じる渦流と密接に関係しているものと考えられる。そこで今回は、熱伝達の際に生じる渦流を熱源が上部、下部及び側部にある type といふ方向について熱伝達の際に生じる渦流の形態について実験及び考察を行なつてみることにした。

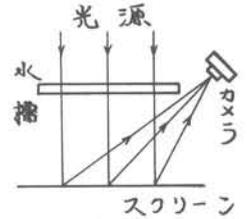
2. 実験方法

材質アクリル製の高さと幅の比、 $H : L = 0.5 : 1, 1 : 1, 2 : 1$ であるような内寸 $4.0 \times 16.0 \times 2.0$ の model 1, $8.0 \times 16.0 \times 2.0$ の model 2, $16.0 \times 16.0 \times 2.0$ の model 3 の三つの水槽を作り各 model について図 1 に示



A type B type C type
 <図 1>

す実験 type で熱伝達の際に生じる渦流を、グリセリン、染料、アルミ粉を用いて写真撮影と目視によって観察した。尚、グリセリンでの実験は実験前日にあらかじめグリセリンを水槽内に入れ静置して置いたものを実験した。そして、図 2 に示すように透過光を水槽の後ろのスクリーンに写し、それを写真撮影する方法を用いた。

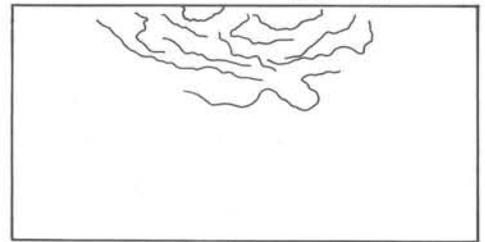


<図 2>

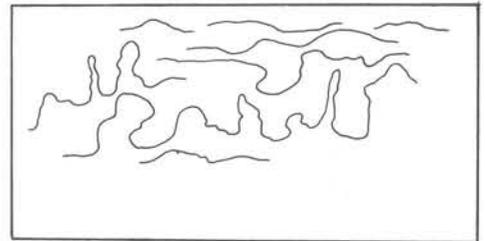
3. 実験結果

(i) A type (熱源が上部にある場合)

染料、アルミ粉などでは渦流の存在を認めることは出来なかったが、グリセリンでの実験のみ水槽内に変化を認めることが出来た。写真では鮮明でないのでトレースしたものが図 3, 4 であります。実験開始約 5 分後に図 3 で見られるように熱源中央部に出た凸部が、ゆっくりと横に広がりながら下降して行き最初の波形を生成する。それがゆっくり下降して行く内に次の波形が最初の波形の下方に同様に生成されこれを繰り返した。波形の生成地点は徐々に下降して行き、この間に出た波形の順に波形が少しずつ薄れてきて図 4 のようになる。以上の現象については実験開始約 5~30 分の間で確認された。このように波形が生成される原因としては水よりグリセリンの方が粘性が大きいので、水の乱れのベクトルが粘性によってより広い範囲で力が吸収されるためと考えられる。



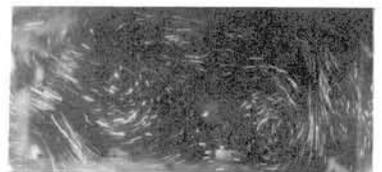
<図 3>



<図 4>

(ii) B type (熱源が下部にある場合)

この type の渦流はいわゆる '対流' と称せられているもので、写真 1 は model 2 でアルミ粉を用いて写真撮影したものである。この model 2 では水槽内に渦が 1 つの場合もあったが中央を境として左右対称の渦が存在することが分かった。また、model 1 では水槽内に渦が 2, 4 つの場合が約 model 3 では渦が水槽内の下方に 2 つ, 上方に 2 つ出ることが分かった。

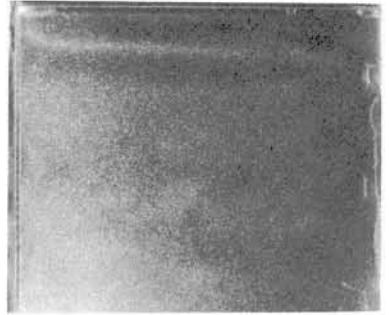


<写真 1>

このことより $H : L$ が渦の生成数に関係していると考えられる。

(iii) C type (熱源が側部にある場合)

初め熱源とE仕切る銅版に沿って上昇した対流が上壁に到達すると90°方向を変え上壁に沿って対流し、今度は側面に到達すると上壁に沿った対流の下方を写真2のように熱源に向って対流し始めた。このようにして槽内が成層されていくことがわかる。

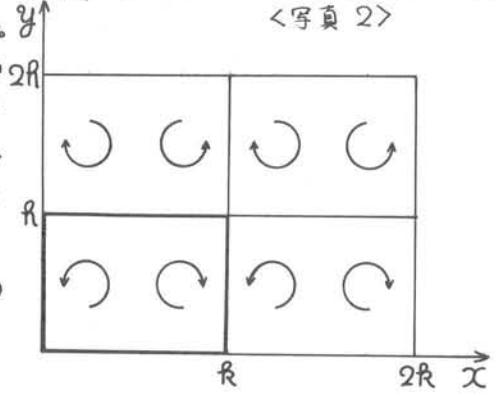


<写真 2>

4. 理論の展望

今回以上の実験で流れの様相が把握出来たと考える。そこでまず第一段階として、B type について以下の検討を加えることにした。

写真1のように渦が2つのものを写像する。図5のような場合、縦次なる矩形の同期平行四辺形 $(x_1, y_1), (x_2, y_2)$ を渦の中心として $x=r, y=r$ なる線に対する鏡像点及び鏡像の鏡像点上に図5に示す如く渦 $P, -P$ を置く。尚、2同期関数の同期を $2w_1=2r, 2w_2=2r$ として、複素ポテンシャル関数 W 、



<図 5>

$$W = \frac{iP}{2\pi} \log \frac{\sigma(z-z_1)\sigma(z-z_4)\sigma(z-z_6)\sigma(z-z_7)}{\sigma(z-z_2)\sigma(z-z_3)\sigma(z-z_5)\sigma(z-z_8)} \quad (1)$$

とし、境界条件を

$$\begin{cases} x=0, x=w_1=r \text{ では } u=0 \\ y=0, y=\frac{y_2}{x_2}=r \text{ では } v=0 \end{cases}$$

とすると、 u, v は Weierstrass の P 関数を用いると、

$$u = \frac{P}{4\pi} \left\{ \frac{P'(y-y_1)}{P(x-x_1)+P(y-y_1)} - \frac{P'(y-y_2)}{P(x-x_2)+P(y-y_2)} - \frac{P'(y-y_1)}{P(x+x_1)+P(y-y_1)} + \frac{P'(y-y_2)}{P(x+x_2)+P(y-y_2)} \right. \\ \left. - \frac{P'(y+y_1)}{P(x-x_1)+P(y+y_1)} + \frac{P'(y+y_2)}{P(x-x_2)+P(y+y_2)} + \frac{P'(y+y_1)}{P(x+x_1)+P(y+y_1)} - \frac{P'(y+y_2)}{P(x+x_2)+P(y+y_2)} \right\} \quad (2)$$

$$v = -\frac{P}{4\pi} \left\{ \frac{P'(x-x_1)}{P(x-x_1)+P(y-y_1)} - \frac{P'(x-x_2)}{P(x-x_2)+P(y-y_2)} - \frac{P'(x+x_1)}{P(x+x_1)+P(y-y_1)} + \frac{P'(x+x_2)}{P(x+x_2)+P(y-y_2)} \right. \\ \left. - \frac{P'(x-x_1)}{P(x-x_1)+P(y+y_1)} + \frac{P'(x-x_2)}{P(x-x_2)+P(y+y_2)} + \frac{P'(x+x_1)}{P(x+x_1)+P(y+y_1)} - \frac{P'(x+x_2)}{P(x+x_2)+P(y+y_2)} \right\} \quad (3)$$

となり、渦の中心 $E(x, y) = (4.0, 4.0), (8.0, 4.0)$ で $P=1.0$ とし、各格子点での速度ベクトルは図6のようになる。また今後は、以下に記す微分方程式を解いて行きたいと思っている。

<図 6>

$$C_p V \frac{dT}{dt} + E + E_f = \frac{T_h - T_c}{d} R A$$

左辺第1項は T_c の温度上昇に変換されるエネルギー、第2項は対流に費すエネルギー、第3項は粘性で散失されるエネルギーであり、右辺は槽内に入力するエネルギーである。

5. おわりに

実験に当っては東洋大学電算室、MELCOM, COSMO, 700-III を使用した。

