

II-338 間欠式揚水筒による湖水の流動特性

東北大学大学院 学生員 ○長尾 正之

東北大学工学部 正会員 真野 明

東北大学工学部 正会員 後藤 光亀

1. はじめに 間欠ばっきは、成層化した貯水池や湖水の水質を改善するための有効な手段として各地でおこなわれている。しかし、これをおこなった場合の鉛直、水平方向の水温分布の変化、揚水筒周辺の流れについては、あまりよくわかっていない。著者は、仙台市近郊の貯水池で間欠ばっきをおこない、そのときの2次元流速分布、温度分布を実測した。本研究では、この時のデータをもとに、おもに揚水筒上部での流れ特性について考察する。

2. 実験方法 実験は、1990年8月20日と9月6日の、夜間におこなった。観測をおこなった場所は、仙台市の中原補給貯水池である。この貯水池は、水の出入りが少なく、そのため、水位変動もほとんどないという利点がある。貯水池の水深は、約7.2m、長さ400m、幅100~150m、貯水量は33万 m^3 である。実験に使用した揚水筒は、間欠式空気揚水筒であり、その内径は10cm、本体の長さは3mである。また、本体の取水口と空気室の位置は、水底より50cm上にあり、揚水筒先端から水面までの距離は、3.6mである。この揚水筒は、一回のばっきで

4.0g~4.5gの気泡を発射する。

次に、実測のための座標系を次のように定義した。

z軸: 水面を原点として、鉛直下向きが正の方向。

x軸: 揚水筒を原点とし、揚水筒から水平に遠ざかる方向が正。実験の範囲は、8月20日では、 $x = 0 \sim 350 \text{ cm}$ 、 $z = 0 \sim 355 \text{ cm}$ であり、x方向に4カ所、z方向に11カ所の41点を選んで流動特性を観測した。観測のために取水用のテラスにトリローを設置した。トリローには、二成分電磁流速計とサーミスター温度計をとりつけ、流速と温度を測定した。トリローで測定される流速は、x方向の流速 V_x 、z方向の流速 V_z の2成分である。このほかに、揚水筒内の二カ所に光センサーを応用して開発した気泡感知センサーを設置して、揚水筒内の気泡の上昇および気泡の揚水筒先端の通過のタイミングを測定した。観測は、0.1秒間隔で2または4分間おこない、上記の項目をA/Dボードを通してパソコンに入力した。

3. 観測結果及び考察 図-1に観測中の鉛直方向の水温分布を示す。水面の温度は、 $26^\circ\text{C} \sim 28^\circ\text{C}$ 、揚水筒取水口での水温は $19^\circ\text{C} \sim 21^\circ\text{C}$ であった。揚水筒先端から発射される水塊の温度は、別の日の実測により、揚水筒取水口の温度とほぼ等しいことが確かめられている。なお、透明度は8月18日は、2.5mであったが、9月4日には4.1m

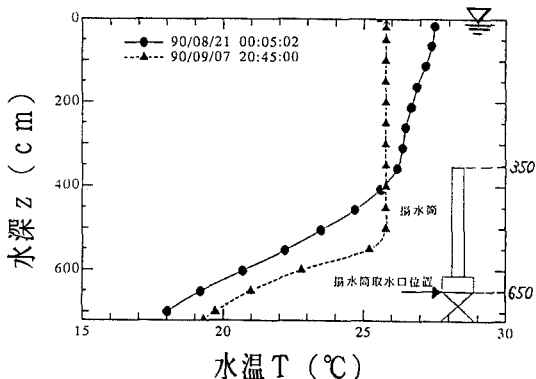


図-1 実験日の鉛直水温分布

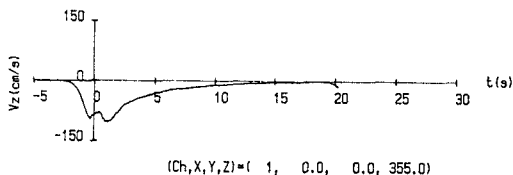
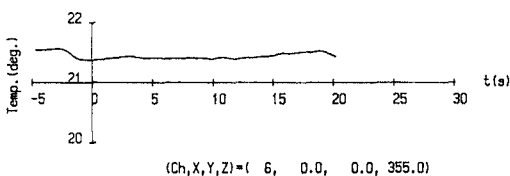
図-2(a) 揚水筒先端の流速 V_z 

図-2(b) 90/9/6 揚水筒先端での水温変化

に回復している。また、気泡センサーによれば、9月6日の気泡発生間隔は23.3秒、標準偏差は1.1秒であった。また、観測をおこなった時間により、この値は若干相違した。実測した流速と水温は、センサーでとらえた気泡通過のタイミングを利用して位相平均し、さらに細かい変動を取り除くために移動平均により平滑化をおこなった。

図-2は、揚水筒先端の鉛直流速 V_z 、水温 T の波形である。ここで、横軸の時間 t の原点は、揚水筒先端を気泡が通過した時刻である。これをみると、気泡が揚水筒から発射2.5s前から流速、水温とも変化し始めていることがわかる。これは、揚水筒の下部から気泡が上がってくるときに、筒内の水を押し上げるからである。また、一回のばっきで揚水筒から発射される水は37.9ℓ、上層と下層の温度差を6℃を使って、一回のばっきによって輸送される負の熱量を計算すると、 9.5×10^5 Jとなる。

次に、時刻 t に対する流速と水温の2次元分布を示す。（図-3、4） $t=4$ sでは、 $z=150$ cm付近に27.6℃の冷水があり、これは上に向かって移動中であることがわかる。また、水面温度は、その下層の水温よりも0.1℃低いことがわかる。これは、ばっきにより下層の冷水が水面まで運ばれ、周りの水と混合しながら水平方向に広がり、これが何回も繰り返されることで水面が徐々に冷やされていくためと考えられる。 $t=10$ sでは、冷水が水面に達し、水平に向きを変え周りに広がっている。

また、冷水の温度は27.8℃であり、これは $t=4$ sのときに比べ0.2℃高い。このことから、冷水は周りの水と混合し、その温度を上げながら水面に向かうものと考えられる。図-5は、平均流速の2次元分布を示したものである。これによると、揚水筒軸上に鉛直上向きの流れがあり、これが水面に達すると水平方向に向きを変え、周囲に広がっていることがわかる。それ以外の場所では、揚水筒の軸に向かう循環流が存在していることがわかる。

4. おわりに 本観測により、揚水筒の軸上と、水面には強い流れがあり、またその他の場所では弱い循環流が存在していることがわかった。また、揚水筒から発射される冷水塊は、周囲の水と混合しながら上昇することが判明した。

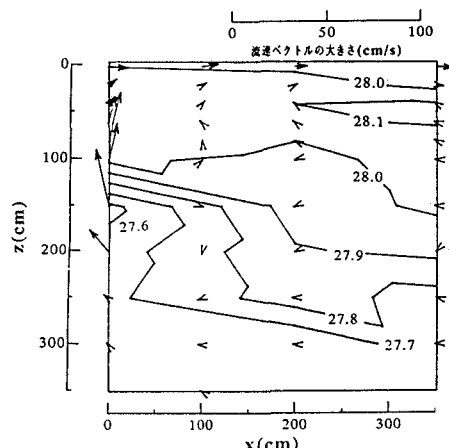


図-3 $t=4$ (s)における流動特性

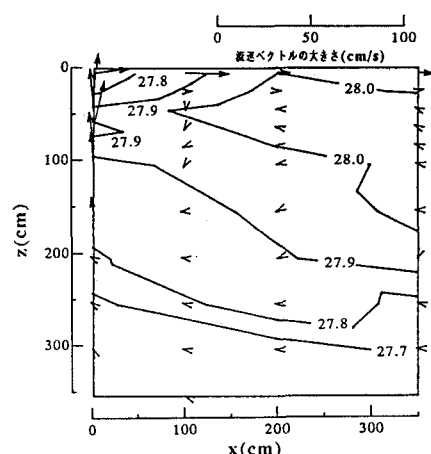


図-4 $t=10$ (s)における流動特性

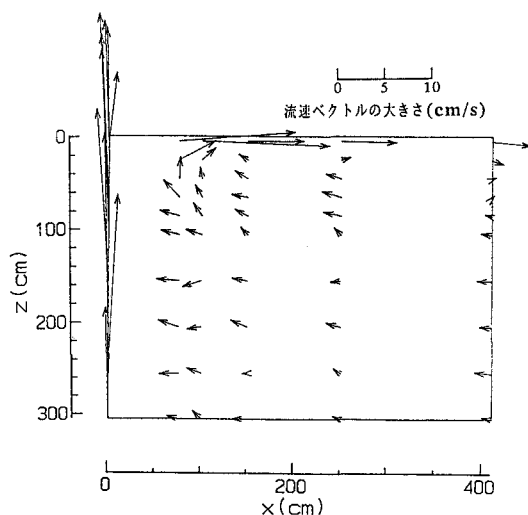


図-5 平均流速による流速ベクトル図