

## II-233 選択取水に伴う流れの可視化とその考察

東京電機大学 建設工学科 学生員 及川秀明  
 東京電機大学 建設工学科 正会員 有田正光  
 東京電機大学 建設工学科 学生員 真崎哲二

【(1)はじめに】 本報は二成層化した二次元の水域から上層もしくは下層を取水する場合の流況を流れの可視化によって明らかにしようとするものである。実験に使用された可視化手法は染料による可視化とシャドウグラフ法による可視化手法である。染料による可視化実験は表層取水の場合について、長さ:10m、幅:40cm、高さ:1mの大型水槽を使用して行なわれた。また、シャドウグラフ法による可視化実験は下層取水の場合について、長さ:2m、幅:10cm、高さ:20cmの小型水槽を使用して行なわれた。

### 【(2)流れの可視化手法】

(a)染料による可視化:染料による可視化は、主に極めて内径の小さい4本のステンレスパイプを組み合わせた染料放出装置を使用して行なった。鮮明な流線を得るためになるべく濃い染料水を使用し、また、染料の作る軌跡が浮力効果によって流れの流線から逸脱しないように染料水の密度の調整を行なった。

(b)シャドウグラフ法による可視化:シャドウグラフによる可視化実験の為の点光源はスライド投影器を利用して作り出された。また使用した凹面鏡は直径30cmである。

【(3)流れの可視化によって得られる知見】 本章においては流れの可視化によって得られた知見を限界取水流量以上の流量を取水する場合と限界取水流量以下の流量を取水する場合に分けて述べる。

(a)限界取水流量以上の流量を取水する場合 限界取水流量以上の流量を取水する場合の大型水槽を使用しての染料による可視化結果を写真1に示す。水域から一様に取水され、ほぼポテンシャル流的な流動をしていることが認められる。同写真の実験条件は、 $q_1$ (単位幅上層流量) $=40\text{cm}^2/\text{sec}$ 、 $q_2$ (単位幅下層流量) $=16\text{cm}^2/\text{sec}$ 、 $T_s$ (上層温度) $=26.8^\circ\text{C}$ 、 $T_a$ (下層温度) $=17.1^\circ\text{C}$ である。この場合の上下層の温度分布はほぼ一様分布となっていた。また、流速分布は取水地点より遠方では上下層ともほぼ一様分布となっていたが取水地点近傍における表層付近の流速は著しく加速される現象が見られた。

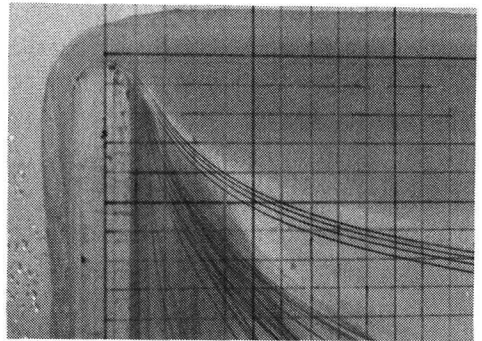


写真1 限界取水流量以上の流量で取水する場合

(b)限界取水流量以下の流量を取水する場合 限界取水流量以下の流量を取水する場合は、上層水の一部のみが取水される為に取水地点壁面において澱み点が形成され流況は複雑なものとなる。ここでは限界取水流量より若干取水流量が小さい場合の取水地点付近の流況の可視化写真の一例を写真2に示す。染料放出管は水路中央に鉛直に挿入してある。同写真の実験条件は $q_1$ (単位幅上層流量) $=20\text{cm}^2/\text{sec}$ 、 $q_2$ (単位幅下層流量) $=0\text{cm}^2/\text{sec}$ 、 $T_s$ (上層温度) $=25.5^\circ\text{C}$ 、 $T_a$ (下層温度) $=16.3^\circ\text{C}$ である。同写真より得られる知見を以下に箇条書きにして示す。

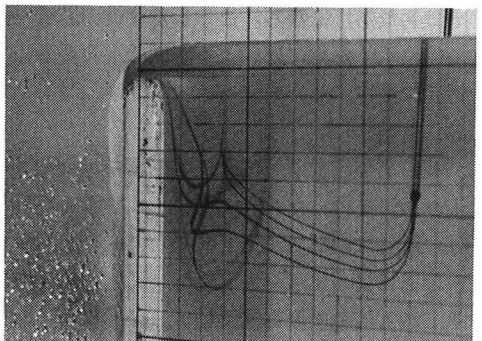


写真2 澱み点付近の流況

①写真には4本の流線が可視化されているが、4本の流線の内、上の2本の流線は澱み点より上にあり、直接水槽外へ流出している事が認められる。この上側の2本の流線

と取水地点壁面のなす角度は取水地点においてほぼ 0 度となっており、流れは壁面に沿って上昇している。

②上から 3 本目の流線はほぼ澱み点に到る流線であり、取水界面を通る流線となる事、および最下端の 4 本目の流線は取水界面より下の流線となっている事が認められる。ただし、実際には流れの三次元構造の為に、理想的な澱み点は形成されず、澱み点に到った流線もしくはそれより下方の流線は実験水路の両壁面のいずれかの方に曲げられた後、スパイラル状の渦を形成しながら上昇し、水槽外へ流出する事が観察される。3 本目の流線と 4 本目の流線の挙動の基本的な相違は、4 本目の流線の方が下層方向への転流の規模が大きい事および側方に移動した後に形成されるスパイラル渦のスケールが大きい事である。このような流出機構は吉田等<sup>1)</sup>によっても観察されている。

③取水地点壁面に染料で可視化された半円が認められるがこの半円内に到った流線は直接水槽外へ流出していたのに対して外側へ到った流線は壁面方向へ曲げられスパイラル渦を形成して水槽外へ流出することが認められた。この事からこの半円形の染料の線を「澱み線」と名付ける。

④下層水の流出現象はしばしば間欠的なものであり、上述の澱み線を表わす半円形の大きさは周期的に大きくなったり小さくなったりする。そしてそのスケールが小さくなったりとき下層水の大規模な流出現象が観察される。

以上に述べてきたように限界取水流量より若干取水流量が少ない場合に表われる澱み点近傍の流況は極めて複雑なものとなる。なお、スパイラル渦の形成とそれによる下層水の流出の様子をより鮮明に可視化した写真を写真 3 に示す（写真 2 と同水理条件）。

ところで、写真 2 の最下段の流線よりも下の流体はもはや水槽外へは流出せず下層に循環渦を形成する。この循環渦の可視化写真を写真 4（写真 2 と同水理条件）に示す。また、写真 5 は小型水槽を使用して得られた循環渦のシャドウグラフ法による可視化写真である。この循環渦は水槽内に密度中間層の形成をもたらすと共に流速分布にも大きな影響を及ぼす。また、周囲水の補給がなければ循環渦は成長を続け流れは非正常となる。従って温度と流速の同時測定など実験が長時間におよぶ場合は限界取水流量以下の流量での取水の場合でも限界取水流量以上の流量を取水する場合と同様に常に周囲水の補給が必要である。

【(4) 総括】 本報においては、染料とシャドウグラフ法による流れの可視化によって選択取水に伴う流れの流況を明らかにした。なお本報に示した以外にも、流れの可視化によって非正常取水の場合の挙動や限界取水流量を超えて取水する場合の上下層の取水流量の比と取水地点における密度界面の角度の関係などの多くの知見を得たが紙面の都合で割愛する。

【参考文献】 (1) 吉田静男, 塚田昌司, 第24回水理講演会論文集, PP.423-428, 1980.

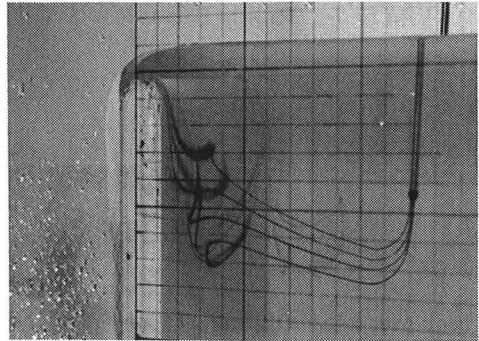


写真 3 スパイラル渦による下層水流出

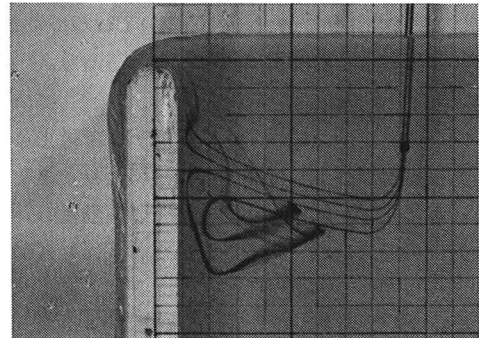


写真 4 下層水に形成される循環渦

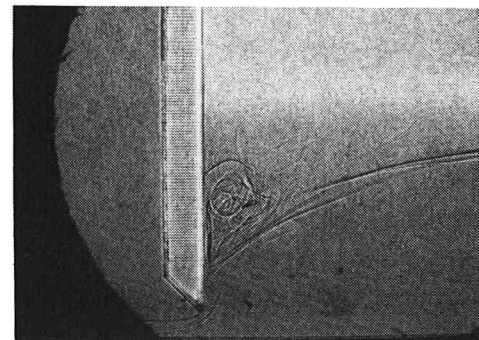


写真 5 シャドウグラフ法による可視化