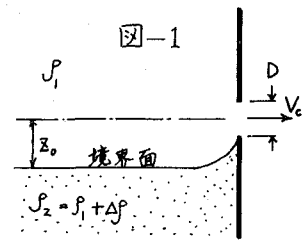


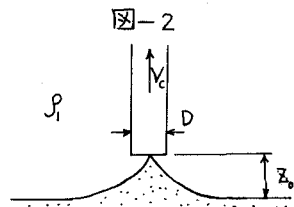
東北大学工学部 正員 岩崎敏夫
東北大学大学院 学生員 〇上原忠保

1. はじめに 層を成している水域より希望する密度の流体のみを取り出す選択取水のうち、上層取水については、貯水池からの温水取水の研究がすでにいくつか発表されている。取水形式がパイプの場合、Craya⁽¹⁾は図1のようなダム上流面からの横方向取水を扱っている。当初水平であった境界面が取水速度を増していくにつれて、次第に上方へ曲ってきて、ちょうど取水口に達した時の限界取水速度を V_c 、内部境界面と取水口中心間の高さを Z_0 、オリフィスの内径を D とすれば、

$$\frac{V_c}{\sqrt{\epsilon g Z_0}} = 3.25 \left(\frac{Z_0}{D} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad \epsilon = \frac{\rho_1}{\rho_2} \quad \text{ただし上下二層の水深を}$$



無限大とし、 $D \ll Z_0$ なる仮定を行っている また図2のような上方向取水は、J. Davidian and J. E. Glover⁽²⁾の研究があり限界状態では、 $\frac{V_c}{\sqrt{\epsilon g Z_0}} = 5.70 \left(\frac{Z_0}{D} \right)^{\frac{2}{3}}$ であるといわれている。



河口湖では、下層塩水との境界付近からの上層淡水の取水が必要であり、水深も浅く(約10m)、管径も大きいものが用いられると考えられる。そこで、有限の淡水水深、管高と管径が同程度のケースについて、オリフィスによる横方向上層取水限界量について実験を行ってみた。

2. 次元解析(図-3)

取水口付近の運動の限界状態を支配する変数としては、

- 1) Z_0 —内部境界面より取水口中心までの高さ、2) d_0 —取水口(オリフィス)の内径、3) u_0 —限界取水速度($4Q_0/\pi d_0^2$)、4) ρ_1 —上層流体の密度、5) $\Delta \rho$ —比重量差($\Delta \rho = \rho_2 - \rho_1$)、6) μ_1 —上層流体粘性係数、7) h_1 —上層水深があげられる。

・π定理により、 Z_0, u_0, ρ_1 を一変量に選べば次の様な無次元量が得られる。

$$\varphi \left(\frac{Z_0}{d_0}, \frac{Z_0}{h_1}, \frac{u_0}{\rho_1 g Z_0}, \frac{u_0 Z_0}{\mu_1} \right) = 0 \quad \text{注入口に関する同様な変}$$

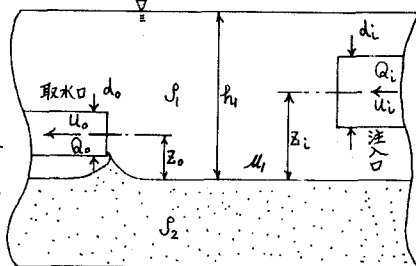


図-3

数も取水に影響を与えると考えられるが、注入の影響は少なくなるようにして無視した。

3. 実験装置と実験(図-4)

実験装置は実験水槽(四面がガラス張り、長さ3m×幅50cm×深さ80cm)及び、取水管、取水ポンプ、計量三角せき及び、注水管よりなり、淡水は循環する。塩水は実験水槽内で作り、ロータミンBで着色し、その上に注水板(図-5)を用いて淡水をためて成層状態を作った。取水管は、渦巻きポンプに直結したエスロンパイプの先端に取り付け(図-6)、予め所定の高さに設置しておく。水槽

内の水位を一定に保つため取水量と同量の注水を行う。
 注水パイプは取水に影響を与えないように大きなものを用い管口には円筒形の金銅を巻き付けて減速した。高流量の場合には、境界面が不安定になることがあるので水槽両端に消波工を設置した。各変数は $z_0 = 3 \sim 12 \text{ cm}$, $d_0 = 2.0 \sim 10.7 \text{ cm}$, $h_1 = 30 \sim 50 \text{ cm}$, $\Delta\rho = 0.01 \sim 0.03$ でこれらの組み合わせ50種について実験を行った。

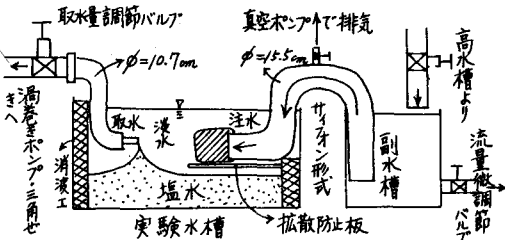


図-4

4. 混入開始の基準 取水流量が少ないと、取水口に向う淡水はあかかも境界面が固体であるかのように境界面に沿って流れていく。境界面は完全な不連続面とはならず遷移の領域が形成されている(2~5cm)から。取水流量が増すと淡水層層間の剪断応力が大きくなるため、まず密度の低い塩水が、次にそれより重い塩水が取水口にひきあげられる。そこで限界状態の判定として、①上昇する塩水の濃度が下層塩水の40~70%の時、②塩水の上昇が定常的に起り、更にその形状は、なだらかな尾をひいていること、③その比重が上下層の中間付近になるように混合した径3mmの液滴を境界面上に放っておき、この液滴が吸い込まれる時を目安とした。尚、境界面は、実験終了後の静止状態における濃度分布曲線の変曲点の高さ(その濃度は、ほぼ40~60%の間にある)とした。(図-7)

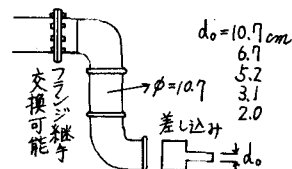


図-5

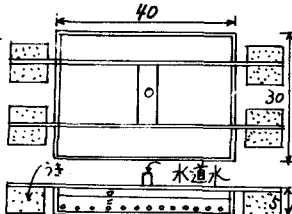


図-6

5. 実験結果

図-8は実験データを無次元数 z_0/d_0 と内部フルード数 $F_{r0}' (= u_0/(\epsilon g z_0)^{1/2})$ で対数プロットしたものである。このグラフから、かなりのバラツキは存在するが z_0/d_0 がパラメーターとなっており、管高 z_0 が一定の時、上層水深 h_1 が大きくなると同じ z_0/d_0 に対し大なる内部フルード数、従って一般には取水速度が大きい必要があることがわかる。管高によるレイノルズ数、 $u_0 z_0/\nu$ に関しては顕著な傾向はみられなかった。同一の図に Craya & w Glover

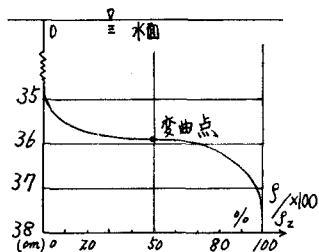


図-7

の式を書き入れると $z_0/d_0 \gg 1$ のケースではあるが、我々の曲線群中に含まれている。今回の実験では、 $F_{r0}' = m (z_0/d_0)^n$ とすれば、

$$\begin{cases} z_0/d_0 \times 10 = 2.20 \text{ のとき } m = 1.50, n = 2.10 \\ z_0/d_0 \times 10 = 1.40 \text{ のとき } m = 2.35, n = 2.09 \\ z_0/d_0 \times 10 = 1.10 \text{ のとき } m = 4.60, n = 2.26 \end{cases}$$

今後水深の変化を大きくして実験を行い、更に限界時における流速分布の測定が必要であると思われる。

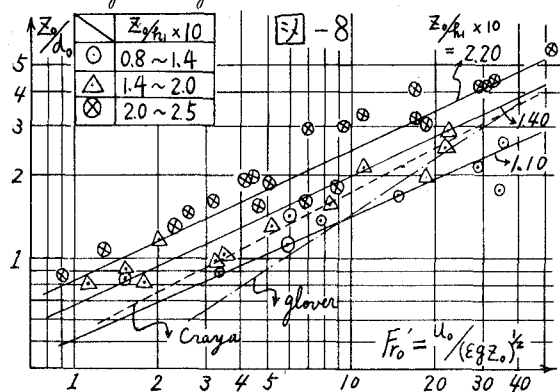


図-8

(1) Streeter ; "Handbook of fluid dynamics" Section 26-8, 1961

(2) Davidian J. and J.E. Glover. Pro. A.S.C.E. Journal of the Hydraulic Div. August 1956 vol.82.