

密度躍層を有する場における2次元取水問題について

大阪大学工学部 正員 室田 明
大阪大学工学部 正員 道奥康治
関西電力(株) 正員 大石富彦

1. まえがき；躍層を有する密度成層場からの取水問題は、従来躍層を一つの境界面とみなした2層系について理論的に検討され、選択取水可能な限界条件については種々の研究成果が得られている。しかし、流速分布等の流れ場を扱ったものは少なく、2層流動状態での流出密度の推定についても十分解明されるに至、ていない。本研究では特に流出密度の推定を目的とし、第一段階として2成層場における取水流動を基礎的に理解するために、2次元底部 Line sink からの下層取水実験を行なうとともに、1次元エネルギー方程式を用い支配断面の条件より得られる上層からの混入率と実験結果との比較を試みた。

2. 実験方法；実験水槽を図-1に示す。水位低下を避けるために水路に仕切り板を設け、幅 $0.1\text{m} \times$ 長さ 2.0m の水路部と貯水部に分割し、また Line sink からの取水を再現するために取水口厚さを極力小さくし、幅 $10\text{cm} \times$ 厚さ 0.25cm のアクリル製取水口を水路下流端に設置した。実験は所定の密度差を、水深比 $m (=h_2/h_1)$ のもとに、下層塩水を供給しながら一定流量で下層取水を行ない、定常状態での流出密度を取水口直下のパイプ内に設置した電導度計により求めた。

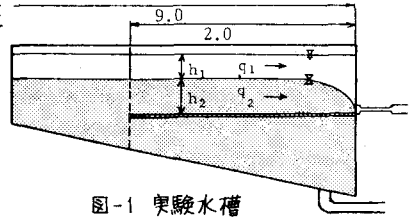


図-1 実験水槽

3. 実験結果；

(1) 流出密度；図-2に貯水部（流速なし）での塩水深 h_2 を代表長さにとり、密度差フルード数 $F_r (=g/\sqrt{egh_2^3})$ と比混入率 λ の関係を示す。ここで比混入率は上層からの混入率を全断面で一様流速となる全層取水状態での最大混入率で割、た値であり、任意の水深比に対する混入率をより普遍的に評価できると考えられる。図中実線は支配断面の条件 ($F_r^2 + F_r^2 - 1$)

より求めた Jirka¹⁾ の解である。 F_r の小さな範囲では実験値との差異が見られるが、これは躍層部分からの希釈水連行による流出密度の減少、さらに接近流速の影響を評価していないことによると考えられる。また、 F_r の増加に対して入は 0.8 付近までしか増加しないが、これは流速分布から判断して水表面付近に存在する補償流により流動層が制限されるため

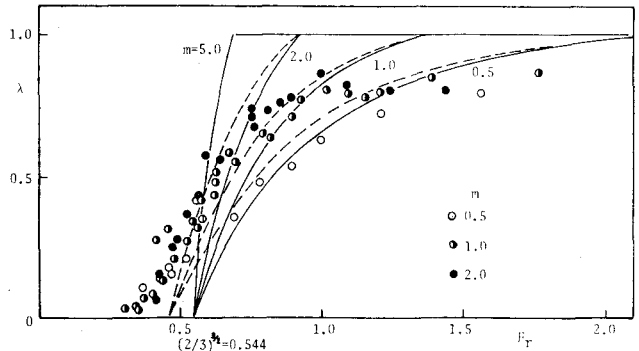


図-2 フルード数と比混入率の関係

Akira Murota, Kohji Michioku & Tomihiko Ohishi

めであると推察される。次に接近流速を考慮した場合の解を図-3に実線により示す。曲線は実験値の λ の増加に対する λ のなめらかな増加を良く表わしており、図-2と比較してこの解がより有効であることを示す。しかし、 λ の小さな範囲では先の Jirka の解と同様実験値は理論値に比して大きな値を示す。そこで躍層の影響を評価するために図-4

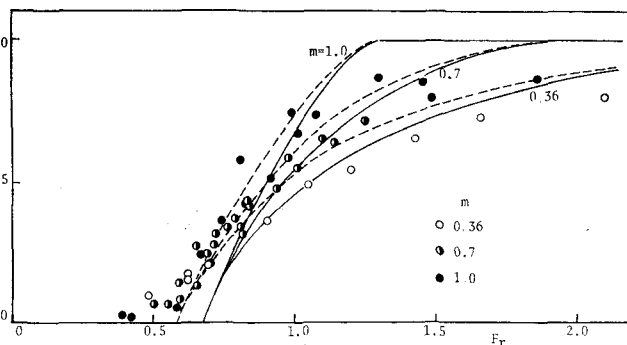


図-3 接近流速を考慮した場合の λ と Fr の関係

に示すように躍層内の密度分布、流速分布を直線に近似したモデルを設定し、比混入率に対する補正を行なった。躍層厚さ $t/h_2 = 0.4$ として各理論解の補正を行ない図-2,3の破線で示す。 λ の小さな範囲ではその傾向が是正されより実験値に近づいていることから、流出密度に与える躍層厚さの影響はかなり大きいと思われる。しかし、限界値($\lambda=0$)近傍では以然として若干の差異が見られる。

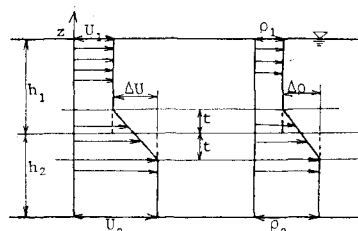


図-4 躍層のモデル

(2)限界条件； $\lambda=0$ に対する Fr をさらに検討するために図-5に取水口での流速 $V_c (=Q/D)$ により表わされる限界フルード数 Fr_c と界面高さ h_c を取水口径 D で無次元化した h_c/D の関係を示す。実験値では Fr_c と h_c/D の関係が水深比に無関係に点線で示すような直線関係にある。同図によれば実験値は接近流速を考慮しない場合、接近流速を考慮した場合ともに理論値(それぞれ破線、実線)より小さな値を示している。これは図-6に示されるように、下層流動状態の界面付近に見られる上下層の中間密度を有する Stagnant wedge の形成により、速度界面(破線)が低下し、wedge 内での循環によって希釈水が連行流出されるためであろう。すなわち、限界条件は現象的には Stagnant wedge の消滅に相当し、フルード数のような overall な量だけでは規定されず、躍層内での密度勾配等のより局所的なパラメーターが関与していると考えられる。

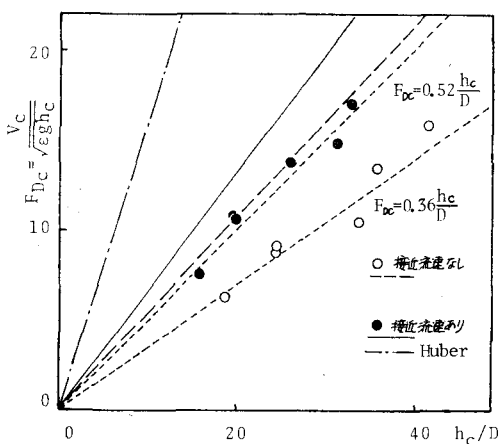


図-5 限界条件

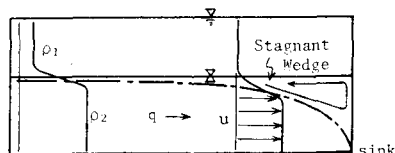


図-6 下層流動状態

最後に実験およびデータ整理は大成建設電気覚者の協力を得た。記して謝意を表する。(参考文献)

1) Jirka G. H. ; J. of Hydraulic Res. 17 1979