

II-232 二次元選択取水の問題に関する基礎的実験

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 正員 有田正光

1. 緒論 選択取水に伴って生ずる貯水池内の流動に関する、より精度の高い予測モデルの確立のためには精度の高い実験・実測データの収集が必要である。本報においては夏期の貯水池の二成層化した密度成層の状態において、上層の温水を選択取水することによって生ずる流動場の流速と水温の同時測定を実験室において試みたのでその結果について報告するものである。

2. 実験装置及び実験要領と実験結果 実験装置は高さ1 m、幅40 cm、長さ10 mの鉛直二次元水槽である。実験水槽は仕切り板で4.5 mの区間、10 cmと30 cmに二分割し、幅10 cmの部分を実験領域とした。水温測定にはサーミスタを使用し、また流速測定は染料で流れを可視化することによって行なった。

実験は上層を温水、下層を冷水とし水槽内に密度成層を形成させた後、上層の温水を下流端の上部に設置されたダム模型から選択的に取水することによって行なった。実験を始めるに当たって水槽内に形成させた密度成層の典型的な一例を図1に示している。図中の実線は温度分布図を示している。同図より水温がほぼ一定の上層と下層の中間に温度が連続的に変化する中間層が形成されていることが分かる。図中で ΔT_r は $\Delta T_r = (T - T_a) / (T_s - T_a)$ で定義される。ここに、 T = 任意の地点の水温、 T_s = 水表面近くの最大水温、 T_a = 下層の冷水の水温である。

ここでは下層の冷水を取水する事無く上層のみを（中間層も含めて）取水しうる最大流量を限界流量と定義して、限界流量以下で取水する場合（実験・1、図2）と限界流量以上で取水する場合（実験・2、図3）の実験結果を比較検討することとする。実験・1の水槽内の初期温度分布を図1に示しているが、実験・2の初期水温分布もほぼ同様なものであった。図2と図3には取水温度、取水水温、零流速面の位置、 $\Delta T_r \approx 0.5$ で定義される密度界面の位置、染料によって可視化された密度界面の位置が示されている。実験結果より分かるように流れの十分上流においては $\Delta T_r \approx 0.5$ で定義される密度界面の位置と染料によって可視化された密度界面の位置は両者ともほぼ一致するものである事が認められる。以下に実験結果に基づいてそれぞれの流れの特徴について考察する。

限界流量以下の取水流量の場合（図2） この場合の流況の特徴を簡条書きにして記述すると次のようである。①下流端のダムの天端より貯水池外へ流出する最下端の密度界面を取水界面と呼ぶと実験・1のケースの取水界面は下層に形成される循環流の速度が極めて小さいものであったので零流速面の位置とほぼ一致することとなる。この位置は $\Delta T_r \approx 0.6$ で定義される密度界面の位置であることが認められる。②この零流速面より上層の流れはそのほとんどがダムの天端より水槽外へ流出するが、ごく一部は上流端の壁面で反転し水槽内に循環流を発生せしめることとなる。この循環流は流速そのものは極めて遅いものであるにもかかわらず、水温分布の構造には大きな影響を与える。つまりこの循環流は水温がほぼ一定の新たな温度成層の形成をもたらす（例えば $x = 5, 10, 20, 30$ cmのデータ参照）。

③取水界面はダムの天端の取水の効果を受けてダムに近づくにつれてその高さが高くなる。一方、 $\Delta T_r \approx 0.5$ で定義される密度界面の位置はダムの極めて近傍を除けば水槽内の全域においてほぼ一定の水深を保つ。下層の循環流はこの密度界面と取水界面との間に発生する。④観察によれば取水界面を示す流線はダムの天端よりある程度下で壁面と衝突し渦み点を形成する。この渦み点の位置は不安定で間欠的な三次元

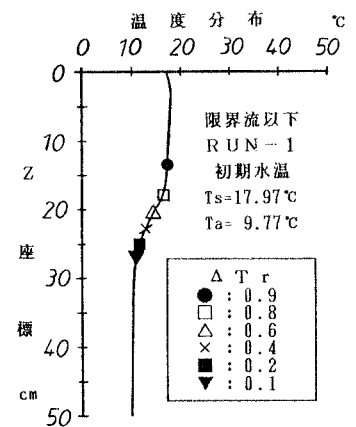


図1. 水槽内に作られた密度成層

の渦がしばしば発生し、瀾み点の直下層の流体塊を上層に巻き上げダム为天端より越流することが認められる。⑤上層の流速分布は温度分布と比較的類似な流速分布形を示しているが、ダムの天端の近傍においては取水の効果を受けて水表面近傍の流速が極めて早いものとなっていることが認められる。これは限界流量以下で上層を取水する場合にはダムの天端における上層の取水角度が90度となる事、及び流れが鉛直方向に水温分布を持つことに起因している。

限界流量以上の取水流量の場合（図3） この場合の流況の特徴を箇条書きにして記述すると次のよう

である。①下層の冷水も取水さ

れるために実験・1に見られるような新たな中間層の形成は見られない。

② $\Delta T_r \approx 0.5$ で定義される密度界面の位置と染料によって可視化された密度界面の位置は流れの全域において一致する。③水温分布と流速分布は流れの全域において類似なものとなる。④実験・1で

見られたようなダムの取水口近傍における水表面付近の流速の著しい加速現象は見られない。これはダムの天端における上層からの取水角度が90度よりも小さくなるためである。また上層の取水角度は上層と下層からの取水流量の比によって変化するものである。⑤図中に示すように下層中に零流速点が観察されその近傍で循環流が観察される。これは下層中にも極めて僅かな温度分布が存在するためであるがこの現象は現場においても観測されるものと考えられる。

3.最後に 以上にダムの天端より上層を限界流量以下で取水する場合と限界流量以上で取水する場合について実験データを示し考察した。

現在、さらに多くのデータの収集を進めているが、それらを基にしてより厳密な議論を進めたいと考えている。また、選択取水に伴う流れの流速と温度の分布の相似性や局所的リチャードソン数、界面連行係数、界面抵抗係数などの検討を進めており、流れの詳細な構造についての研究を進めることを予定している。

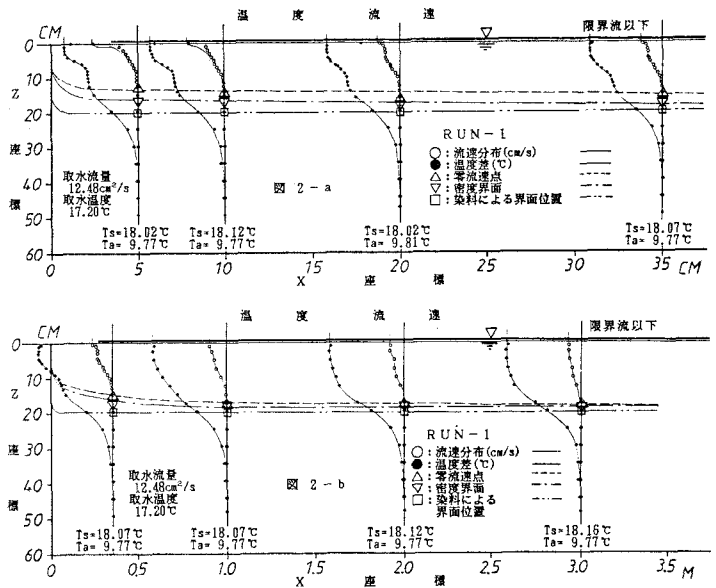


図2. 限界流量以下を取水する場合の流況図（実験・1）

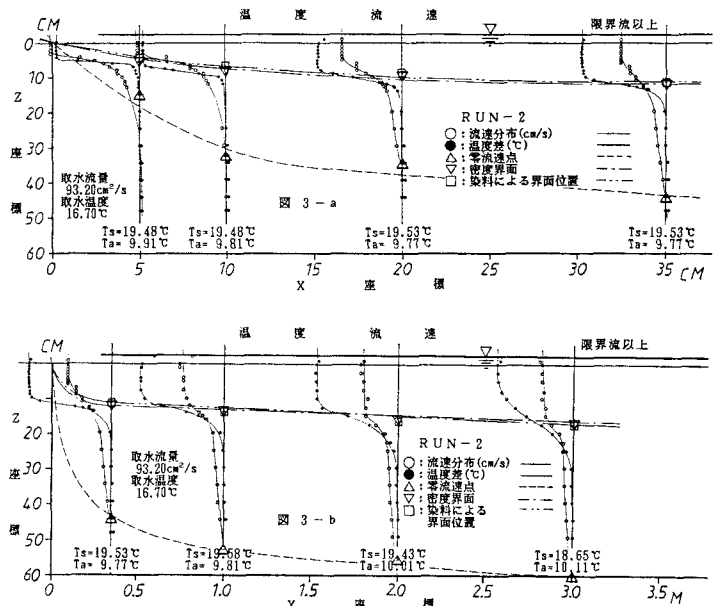


図3. 限界流量以上を取水する場合の流況図（実験・2）