

(Ⅱ-1) 二次元選択取水に関する実験的検討

東京電機大学 建設工学科 正員 有田正光

東京電機大学 建設工学科 学生員 及川秀明

1. 緒論 選択取水は発電所の冷却水取水や貯水池の水質保全などに関連する水理学上の重要な問題である。従来のこの問題の理論的な取り扱いにおいては流れの場の密度成層の密度勾配が一定であると仮定し、ポテンシャル問題として取り扱われる事が多かったと考えられる。しかしながら夏期においては二成層の躍層を形成していると考えの方が妥当であるケースも多く、その様な条件の流れの場を仮定しなおかつ粘性の効果を含んだ理論的検討が必要であると考えられる。著者等はこの理論的取り扱いの基礎となるべき実験を行なったのでその一例について本報において報告する。

2. 実験装置及び実験要領と座標系 実験装置の概要及び座標系を図1に示す。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。同図に示す様に実験水槽は仕切り板で4 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。なお今回の実験においては上層が温水、下層が冷水で二成層化した貯水池の上層水を下流端のダムの天端を通して取水する場合を念頭におくこととした。図1中の記号でTは水温をuは流速を表わしている。また水温で T_s は水表面近傍の温水の温度、 T_a は下層の冷水の水温である。ここで下層の冷水よりの上昇温度： $\Delta T = T - T_a$ を定義する。以下に実験計画に基づいた実験の手順及び実験において留意した点について箇条書にして述べる。

①下層水の高さとなるべき位置迄冷水を入れる。 ②所定の温度に設定された温水を量水槽より水槽内の水路下流端に設置された温水注入装置を通して極めて注意深く冷水の上に流入させ二成層を水槽内に形成させる。 ③二成層が水槽内に形成されたのを待って上層に温水注入装置より実験計画の上層温水量を流す。その後水槽内の流れが十分に定常状態になるのを待って水温分布、流速分布の測定を始める。

④水温分布の測定には芝浦電子製の時定数：0.1秒のサーミスタを使用した。サーミスタは計測器の自動昇降装置に設置され遠隔操作で昇降させることができる。昇降装置により出力される位置の情報とその地点における温度の情報は電圧の信号として同時にマイクロコンピュータ内に装着されたA-D変換器に導かれA-D変換された後にマイクロコンピュータにより計算処理されるとともに全てのデータがフロッピーディスクに保存される。

⑤流速の測定は特注の極めて細いステンレスパイプを持つ染料投入器を使用して流れを染料で可視化し、それをタイマーの内蔵されたビデオカメラによって撮影した上で、実験終了後に流速分布を算出した。

3. 実験結果と考察 以下に著者等の実験の一例を示すと共にその考察を行なう。

図2 aに実験を行なうに先立って実際に水槽内に作られた密度成層の温度分布を示す。同図に見られる中間層はこの種の実験に必然的に生ずるものであり今回の実験においてはこのような初期条件の基に実験を行なった。なお図中における記号は無次元上昇温度： $\Delta T_r = \Delta T / (T_s - T_a)$ の値を示すものであり、それぞれ▼= $\Delta T_r=0.9$ 、○= $\Delta T_r=0.8$ 、□= $\Delta T_r=0.5$ 、△= $\Delta T_r=0.2$ 、X= $\Delta T_r=0.1$ 、となる位置を示している。また図中に示す様に水表面からそれぞれの点までの水深を $h_{0.9}$ 、 $h_{0.8}$ 、 $h_{0.5}$ 、 $h_{0.2}$ 、 $h_{0.1}$ とする。

図2 b、cに本報で示す実験例の $x=5\text{cm}$ 、 $x=300\text{cm}$ における流速分布と水温分布を示している。同図の実験例における実験条件はダム模型天端よりの単位幅当りの上層取水量： $17.8\text{ cm}^2/\text{sec}$ 、水表面近くの上層水温： $T_s=15.3^\circ\text{C}$ 、下層の冷水の水温： $T_a=9.6^\circ\text{C}$ である。図2 b、cの比較より $x=5\text{cm}$ と $x=300\text{cm}$ の流速分布と温度分布には極めて大きな相異が見られることが分かる。 $x=5\text{cm}$ における流速分布

より水表面近傍の流速が極めて速くなっている事が認められる。これはダム模型近傍において上層が急激に小さくなる為である。また水温分布より中間層の厚さを例えば ($h_{0.2} - h_{0.8}$) と定義すると、 $x=300\text{cm}$

の場合に比較して $x=5\text{cm}$ の場合の中間層は著しく大きくなっていることが認められる。この辺の事情をより明らかにする為に図3を示す。図3は測定区間全長に渡って▼, ○, □, △, Xをプロットしたものである。同図より流速が良く分かるが、 $\Delta T_r=0.9, 0.8$ の等温度線はダムの天端に向かって流動し、 $\Delta T_r=0.5$ の等温度線はダム付近でダムの天端より離れてゆくような挙動を示し、 $\Delta T_r=0.2, 0.1$ の等温度線はほぼ一定水深を保っていることが分かる。本図よりダムの天端付近においては中間層が著しく大きくなる事情が分かる。また、この実験例においては図3及び図2b, cのよりダム天端より取水される限界密度界面は $\Delta T_r \approx 0.6$ であることが推察できる。

4. 最後に 以上に今回、著者等が行なった実験の一例のみを示したが本報に示す実験例は上層のみを取水する場合であり、その場合の下層水の循環は極めて小さいものである。一方、ダム天端よりの取水流量をより大きくしてゆけば上層の温水のみならず下層の冷水も取水されることになる。その場合の選択取水に伴う流れの挙動は本報に示す実験例とはかなり異なったものとなる。現在種々の条件に対応するデータを収集中であるが、それ等を基にして選択取水に伴う流れの特徴を念頭においた理論的考察を進めてゆきたいと考えている。

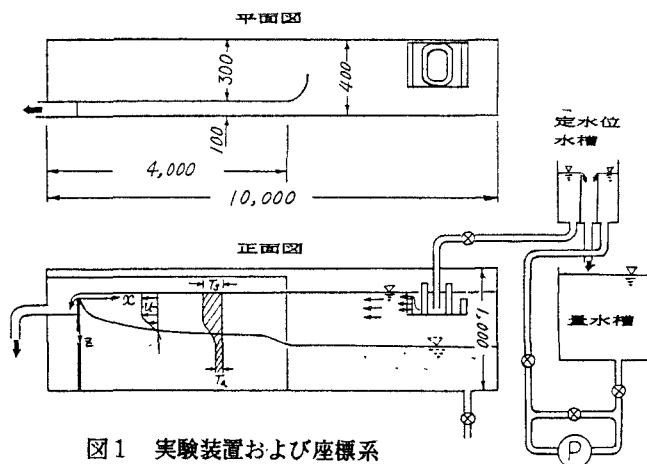


図1 実験装置および座標系

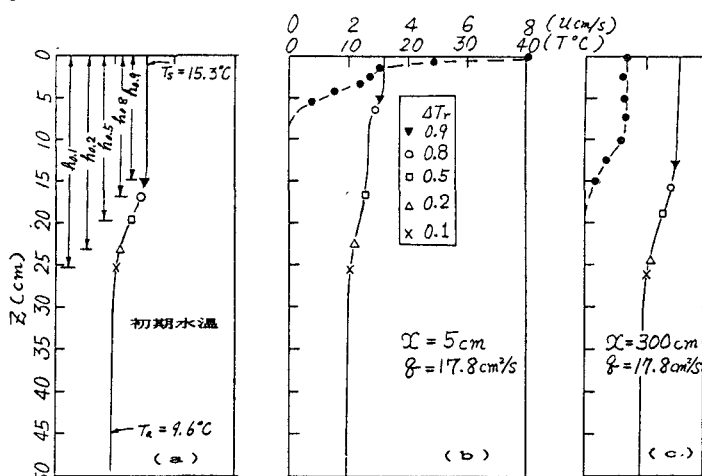


図2 初期水温分布、水温分布および流速分布

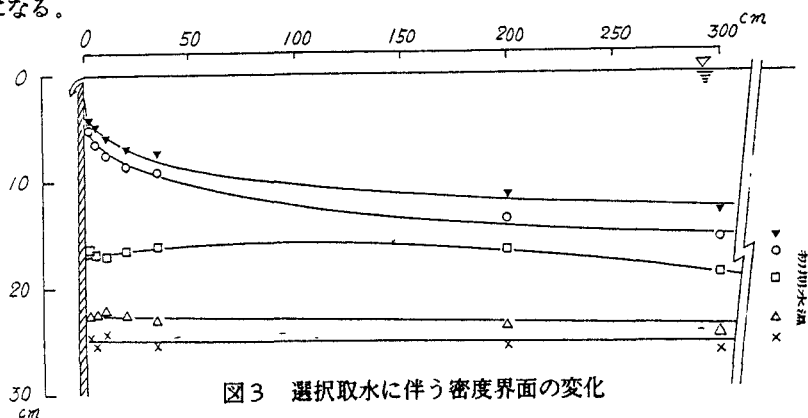


図3 選択取水に伴う密度界面の変化