

II-212

二次元選択取水の取水効率向上に関する研究

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 正会員 廣沢佑晴

【(1) 緒論】 選択取水の問題は工学、農業水理、環境水理などの多方面に渡って重要な問題である事は周知の通りである。選択取水の効率を向上させること、つまり同じ取水条件で任意の密度を持つ流体をより多く取水することは重要な工学上の課題である。本研究においては水平取水の問題を具体例として取り上げ、取水効率の向上の手法について検討するものである。

【(2) 考える流れの場と取水効率向上のメカニズム】 層化した鉛直二次元の貯水池の上層から下流端に設置されたダムの天端を通して上層の温水のみを分離選択取水する場合を考える。同図において q = 単位幅流量、 T = 水温、 h = 水深、 ρ = 密度であり、添字 $1, 2, f$ はそれぞれ上層、下層、取水地点の値であることを示す。本研究は同図に示すように取水地点のダム天端より l_1 の位置に水平な長さ l_2 の底を設置し、そこに低圧部を発生させることによって取水効率の向上を計ろうとするものである。以下にその原理について若干説明を加える。

図1に示すような上層が温水、下層が冷水で二成

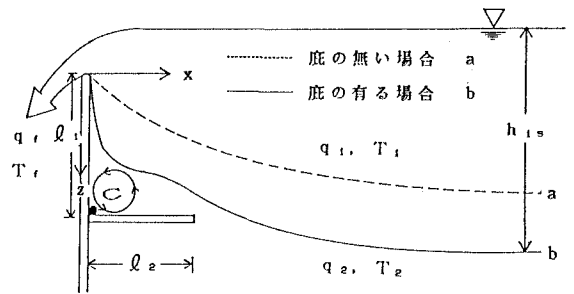


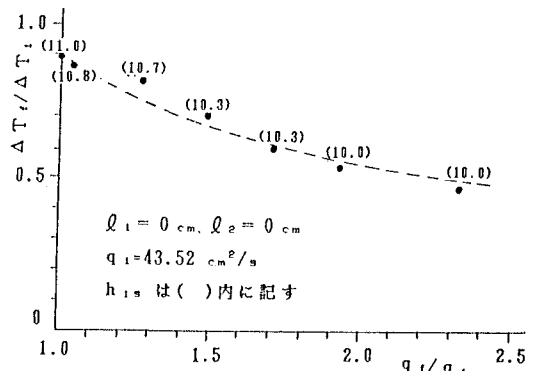
図1 考える流れの場と底の効果

図1に底を設置しないではば限界取水条件 ($q_f \sim q_{f0}$ = 限界取水流量、ただし取水流量は限界取水流量を若干超える場合を考える) で取水する場合の密度界面形状を破線で示している。この場合は限界取水条件近傍での取水であるから密度界面と取水界面はほぼ一致している事となる。また同図中に破線のケースと貯水池の条件および取水条件が同一として水平底を設置したときの取水界面の位置を実線で示してある。底を設置した場合は取水に伴って若干の下層水が取水口に向かって流動することになるが、このとき底と取水壁面で囲まれた隅部にコアンダ効果による低圧の渦が発生しこれによって密度界面の低下（つまり上層厚の増大）がもたらされ、選択取水効率が向上する事となる。本研究で提案する底の選択取水効率向上の原理を念頭におけばその効果は底の位置や長さによって大きく異なるものであることは明らかである。また取水流量が限界取水流量を超える場合にその効果を発揮するものであることに注意を要する。

ところで従来から水平底を使用して取水効率をあげようとする事はなされてきた。しかしながら従来の底の使用法は取水地点を前方に移動させたり（小型水槽を使用した実験では見かけ上の極めて大きな効果が表われる）、取水の方向を変化させて選択取水効率の向上を計ろうとするものであり本研究における底の使用法とは原理的に全く異なるものである。この点を明確にする為に本研究で提案する底を以下では「低圧発生底」と称することとする。

【(3) 低圧発生底の効果に関する実験例】

図2は低圧発生底の効果を調べるための基準となるべき底を設置しない場合の $\Delta T_f / \Delta T_1$ (ここに、 $\Delta T_f = T_f - T_2$, $\Delta T_1 = T_1 - T_2$) と q_f / q_1 の関係の実験結果の一例を示すものである。同図及び以下の図において () 中に示す h_{1s} は $x = 100$ cm の

図2 $\Delta T_f / \Delta T_1 - q_f / q_1$ 図 (底の無い場合)

位置での水表面から $\Delta T/\Delta T_1=0.5$ ($\Delta T=T_1-T_2$) で定義する密度界面までの厚さで上層厚の目安となるべきものである。また $q_f/q_1=1$ は $q_f=q_1+q_2$ の条件より下層水を流さないという条件である。なお本ケースは低圧発生底の効果を調べるための実験であるから、 $q_f/q_1=1$ は取水界面が密度界面とほぼ一致する限界取水条件での取水となっている。この場合、 q_f/q_1 において $\Delta T_f/\Delta T_1=1.0$ ではなく 0.9 程度の値となっているのは取水界面付近の温度分布に勾配があるためである。図 2 より q_f/q_1 が 1 より大きくなる、つまり下層冷水の流量を増加させるにしたがって無次元取水温度： $\Delta T_f/\Delta T_1$ が漸減するとともに h_{1s} の値が小さくなって行くことが認められる。

図 3 は $l_1=3\text{ cm}$, $l_2=3\text{ cm}$ の底を設置した場合の実験結果である。同図より q_f/q_1 の増加に対して $\Delta T_f/\Delta T_1$ の値は単調に漸減して行くのではなく一旦増加しピークを持っていることが分かる。図 3 を図 2 と比較すると定性的にも定量的にも極めて大きく異なり、本研究で提案する低圧発生底の効果は明らかである。定量的な議論の為に $\Delta T_f/\Delta T_1=0.8$ 迄の取水が許されると仮に考えると両図の比較により約 17% の取水効率の向上が認められる。この様に本研究で提案する低圧発生底はその規模が小さいものであるにもかかわらず極めて大きな効果を持つものである事が検証された。

(4) その他の実験例および総括

前章に低圧発生底が選択取水効率の向上に大きく寄与することを述べた。しかしながら前述のように低圧発生底の効果は貯水池側の条件や取水条件とともにその長さや位置によって大きく異なるものである。従って多くの実験結果に基づく詳細な検討が必要であるがここでは一例のみを示し考察する。

図 4 は $l_1=2\text{ cm}$, $l_2=3\text{ cm}$ のケースを示すもの

である。同図のケースは底の設置位置以外の条件は図 3 のケースとほぼ同様であるが、 $\Delta T_f/\Delta T_1-q_f/q_1$ 曲線上では差異がみられ、 q_f/q_1 の増加に対して広範囲に渡って $\Delta T_f/\Delta T_1$ の値がほぼ一定となる領域を持つことがその特徴である。これは低圧部の効果が下層取水量の僅かな増加に対して強くなり、それによる取水界面低下の効果と取水量増加に伴う密度界面上昇の効果とがほぼバランスするためである。このケースの選択取水効率は図 3 のケースより高いと見做す事ができる。この様に低圧発生底はその設置位置や長さによって大きく変化するものであり、今後より詳細な検討が必要となる。なお、写真 1 は低圧発生底の効果を示す可視化写真である。低圧発生底による低圧部によって取水界面が低下している様子が分かる。

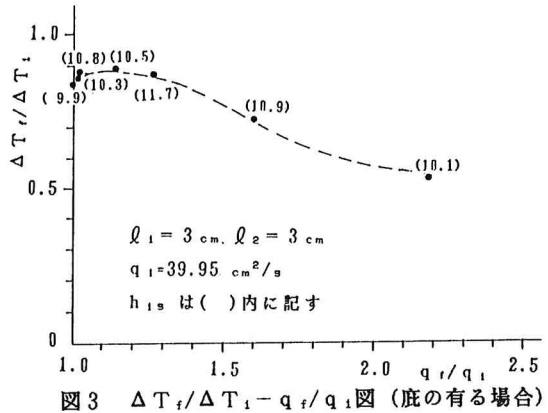


図 3 $\Delta T_f/\Delta T_1-q_f/q_1$ 図 (底の有る場合)

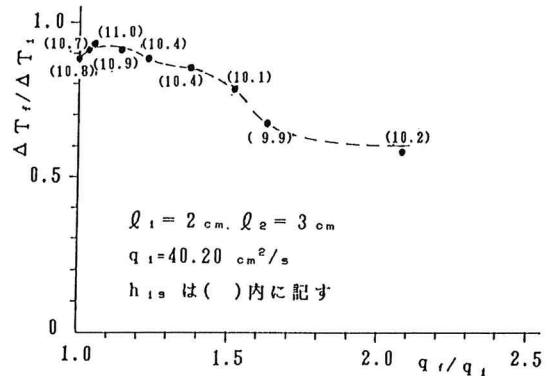


図 4 $\Delta T_f/\Delta T_1-q_f/q_1$ 図 (底の有る場合)

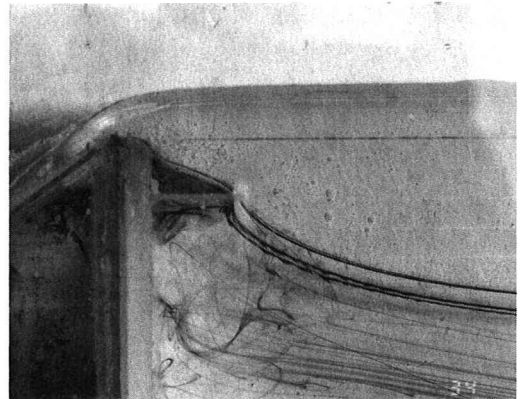


写真 1 流れの可視化