

II-218 二次元表層選択取水に関する考察

東京電機大学 理工学部 建設工学科 学正員 及川秀明
東京電機大学 理工学部 建設工学科 正員 有田正光

(1) はじめに

周知のように選択取水の問題は環境水理学上重要な問題である。しかしながら選択取水によって貯水池内に誘起される密度流の流れのメカニズムについてはほとんど研究が進んでいないと考えられる。二成層化している水域の上層もしくは下層から選択取水を行なおうとする場合、選択取水の限界流量などの諸量を精度良く求める為には密度流の流れのメカニズム、例えば、密度界面の形状、界面抵抗係数、連行係数、静水域の流体の循環量、混合層の挙動などを知ることが重要であると考えられる。しかしながら従来の研究においてはこのような点についての研究はほとんど行なわれていない。本報においては選択取水によって貯水池内に生ずる密度流の流れの挙動についての若干の考察を行なうものである。

(2) 考える流れの場

選択取水の問題の最も単純化されたケースであると考えられる下層が冷水で上層が温水の二成層化した二次元的な貯水池から下流端のダム天端を通して上層の温水を選択取水する場合を考える。その場合の貯水池内に誘起される密度流の流れの模式図を図1に示す。

図1中に示す様に塩水楔の問題において有田・Jirka^{1), 2)}が行なった様に貯水池内に発生する密度流の界面として*i*-界面と*j*-界面を定義する。*i*-界面は密度界面であり、*j*-界面は零流速面である。本報においては塩水楔と同様に*i*-界面における連行速度： w_i は無視し得るものとする。従って図1は下層水を取水する事無く上層から最大流量を取水する流れの条件を示している。また同図中の記号で*s*=水表面を、*b*=水底面を表わしている。

図1中の記号で、 x =斜面勾配： S_b を持つ貯水池の底面からの上層の剥離点： S から流下方向に採られた座標； z =基準面から鉛直上向きに採られた座標； H =基準面からの水位； H_b =基準面から採られた貯水池底面の高さ； ρ =水の密度； $\Delta\rho$ は欠損密度で $\Delta\rho = \rho_b - \rho$ ； ρ_b =下層の冷水の水の密度； h =上層(*s*-*i*層)水深； q =上層(*s*-*i*層)の流量； F は上層(*s*-*i*層)の密度フルード数で、 $F^2 = q^2 / g' h^3$ 、 $g' = (\Delta\rho / \rho_b) g$ 、 g =重力の加速度である。また添字 *o*, *c*, *f* はそれぞれ $x=0$ (剥離点： S)の地点、 C 地点、ダムの天端における値であることを表わしている。

(3) 選択取水に伴う密度流れについての考察

上述のように温・冷水で二成層化した貯水池から上層水をダムの天端を通して取水する場合、貯水池内に生ずる密度流の流れの挙動についての

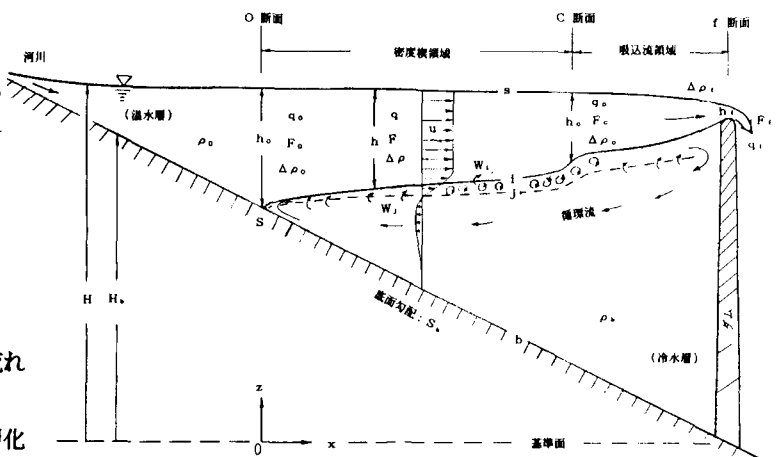


図1 二成層化した貯水池の上層からの選択取水に伴う貯水池内の密度流の流れの模式図

考察を図1に基づいて以下に箇条書にして述べる。

(a) O-断面は取水以前の冷水面より低い上層水の底面からの剥離点: Sを含む鉛直断面であり、ここでの上層(s-i層)の密度フルード数: F_0 は $F_0 < 1$ である。C-断面は上層(s-i層)が限界流($F_0 \approx 1$, この値は冷水層の循環の影響により一般には1より若干小さい値となる³⁾。)となる断面であり、急激な界面形状の変化が特徴的である。f-断面はダムの天端の位置の取水断面であり、一般には $F_0 \gg 1$ となる。

(b) 上記のようにO-C区間は $F < 1$ であり、C-f区間は $F > 1$ となる。従って、O-C区間は内部波の波速を基準とすると亜波速流の領域、O-f区間は超波速流の領域である。貯水池内のそれぞれの区間の長さの比は取水口の条件や貯水池の長さなどの条件により異なる。当然の事ながら貯水池の長さが非常に長い場合にはO-C区間の長さはC-f区間に対して卓越し、逆に貯水池の長さが比較的短い場合にはC-f区間の長さはO-C区間に対して卓越する。また選択取水流量が大きくなる程C-f区間の長さは長くなる。

(c) O-C区間は水面勾配: $S_b = dH/dx$ が小さい領域であると考えられるので密度楔の問題として塩水楔と同様な解析が可能である。従ってこの領域を密度楔領域と呼ぶこととする。密度楔の問題の典型例としての塩水楔については有田-Jirka^{1), 2), 3)}によって取り扱われ、実験・実測の両方を良く説明しうるモデルが提案されている。これらの論文によればi-j界面の界面形状、密度楔の長さ、j-b層及びi-j層を流動し循環する冷水流量などの精度の良い予測が可能である。密度楔の領域が長い条件の場合にはi-j層の混合層が非常に発達し、またその流量も大きくなるのでこの部分を選択取水によって排除するかどうかの工学的な判断が求められると考えられる。さらにi-j界面における連行速度: w_i は無視し得ることはこの領域の特徴である。

(d) C-f区間の特徴は水面勾配: $S_b = dH/dx$ が大きい事である。従って密度流はダムの天端の取水口への吸い込み流としての理論的取り扱いが必要となる。その意味で本報ではこの領域を吸込流領域と呼ぶ事とする。この区間の取扱いは従来、界面の混合層の存在や界面抵抗係数、連行係数などを無視し、ポテンシャル流として取り扱われる事が多かった。この区間においても密度楔領域と同様に精度の高い理論の確立が望まれていると考える。特にこの区間のi-j界面の連行係数は不明であり今後の研究により正しく評価する事の工学的意味は大きい。

(e) C-f区間の吸込流領域部分の解析が確立されれば、著者の一人等^{1), 2), 3)}によるO-C区間の密度楔の領域についての研究結果と組み合わせる事により貯水池内の密度流の全体像が明らかになると共に上層の最大取水流量などの精度の高い評価が可能となる。

(4) 最後に

従来貯水池内の密度流の流動を議論するに当ってはC-f区間のみが議論の対象とされ、しかもその取扱いはポテンシャル流としての取り扱いがほとんどであった。しかしながら予測の精度を上げる為には界面に発達する混合層などの挙動を考慮にいった精度の高いC-f区間の予測モデルの確立が待たれている。また本報中に指摘した様にそれぞれの現場により程度の差はあれ貯水池内の密度流れはO-C区間を伴うものであると考えられる。O-C区間は著者の一人等^{1), 2), 3)}による塩水楔の理論を使用して流れの諸量を見れば良い。

著者等は現在本報に述べた様な概念に基づき精度の高いデータを採集する為の実験を計画中である。

(参考文献)

- 1) 有田正光・G.H. Jirka: 二層流の連行及び界面抵抗係数, 第31回水理講演会論文集, pp.479 - 484, 1987.
- 2) 有田正光・G.H. Jirka: 塩水楔の二層界面の連行と界面抵抗係数, 土木学会論文報告集, II, 投稿中, 1987.
- 3) 有田正光・G.H. Jirka: 塩水楔の流れの諸量の予測モデル, 土木学会論文報告集, II, 投稿中, 1987.