

東京大学工学部 正員 玉井信行
 東京大学工学部 正員 ○ 廣沢佑晴
 芝浦工業大学 正員 菅 和利

1. はじめに

成層域における取放水の問題は貯水池の濁質あるいは感潮部の塩分の挙動などに関連して種々の討議がなされている課題である。ここでは二層に分離した二次元水域からの取水に際しての取水限界の確認を行なうと共に、それを超過した場合の混入比に関する情報を得ようとして行なった実験を報告する。さらに二成層の場合の従来の取扱いは無限水域の場合に限られていたと思われるので、取水口での被り水深の影響をみることも目標とした。

2. 実験装置及び方法

長さ360 cm, 幅20.8 cm, 深さ70 cmの水槽で底面より30 cmの高さに厚さ0.5 cmの全幅の取水口を設けた。まず水槽内に淡水を満ちその後底部に静かに塩水を注入して二成層をつくる。この塩水の注入方法として水槽底の一部に凹部を設け、下向きに塩水を注入させ、さらに凹部の底と上部に金網をおき上昇速度を抑えることにより、淡水との混合や内部波の発生を極力抑えるようにした。ついで界面付近の密度中間層を静かに取り除き、塩水の注入を止め、水面の高さが一定に保たれるように取水量と等量の給水を行ないながら取水を開始する。1～15分間隔に界面と取水口標高との距離と取水塩分濃度を電導度計により測定し、界面の位置の測定は取水口より10, 55, 100, 150, 200, 250 cmの位置で行ない、界面の代表的な位置としては200, 250 cmの位置での値の平均として与えた。このようにして取水を続け電導度計による濃度測定で混入比が0.1%以下では、混入なしとみなし測定を終了する。混入比は、全取水量 Q_T (cm³/sec) に対する塩水混入量 Q_s (cm³/sec) の比をパーセントで表わし、塩水混入量は界面低下量と電導度計の両者を併用して算定した。

3. 実験結果と考察

i) 取水限界について

図-1は $F_c = V_c / \sqrt{\epsilon g H_2}$ で定義される密度フルード数と、 H_2/D で実験データをプロットしたものである。ここに H_1 : 取水口標高より水面までの距離、 H_2 : 取水口標高より界面までの距離、 D : 取水口厚さ、 B : 水槽幅、 H : $H_1 + H_2$, V : H に対応する平均流速、 V_c : 下層よりの混入を生じない最大取水口速度、 ρ_1 : 上層の密度、 ρ_2 : 下層の密度、 ϵ : $(\rho_2 - \rho_1) / \rho_1$ である。
 ●印は被り水深 H_1/H_2 が相対的に大きく、○印はその値が小さい場合である。図中の実線I, IIは、Craya によって界面がシャープとして求められた式である。

上下二層の厚さを無限大と考えた場合

$$\frac{V_c}{\sqrt{\epsilon g H_2}} = 1.52 \frac{H_2}{D} \text{ ----- (I)}$$

水面が取水口標高と一致している場合

$$\frac{V_c}{\sqrt{\epsilon g H_2}} = 0.75 \frac{H_2}{D} \text{ ----- (II)}$$

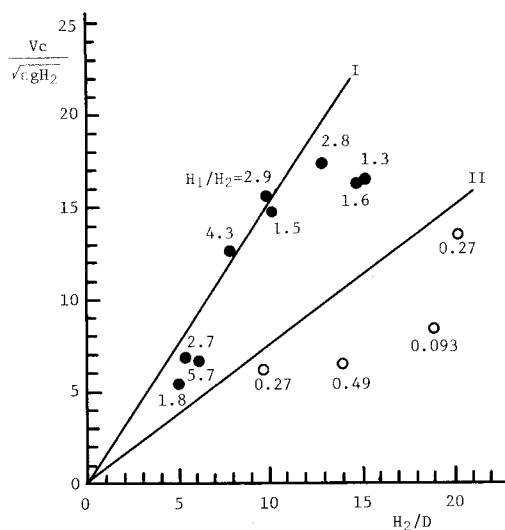


図-1

この図より、祓り水深がある程度大きく $H_1/H_2 > 1$ であれば無限水深の場合の式 (I) がよくあてはまり、 H_1/H_2 が小さくなると $H_1=0$ の場合の式 (II) に近付くことがわかる。しかし○印のデータは直線 (II) より下側にプロットされている、今回の実験では下側にプロットされることは原則的には考えられないが、上流側無限遠での条件が連続成層であればこうしたことが起り得るので、流水の補給の際の攪乱によるものと思われる。

ii) 混入比について

取水限界流速以上で取水を行なうと下層よりの混入が生じ、この値を知ることは重要なことである。図-2 はある初期条件の下に取水を開始した時に、混入比がどのように変化していくかを密度フルード数 $F = V/\sqrt{gH}$ によって実験毎に表示したものである。

一点鎖線は H_1/H_2 が相対的に小さくその値は 0.3~0.7 に属するものであり、実線は H_1/H_2 が大きく 1.5~10 に属するものである。これらの区分は図-1 の○印と●印の区分に対応しており、祓り水深は混入比についても重要な影響を及ぼすことがわかる。さらに図中の実線の H_1/H_2 の値が左から右に減少するにつれて実線の勾配が緩やかになり、取水限界でのフルード数が大きくなることかわかる。このことは図-1 で H_2/D が大きい程 V_c が大きくなり混入しにくくなることに対応している。この図は H_1/H_2 をパラメーターとして混入比と密度フルード数との関係が良く表わされており、混入比に対する情報を得ることが出来る。

初期の水面位置に関する条件と上下二層間の密度差が与えられたとき、取水量と下層よりの混入量の関係を知ることができ、実際の取水を行なうときにも活用できるであろう。現在までのところ初期条

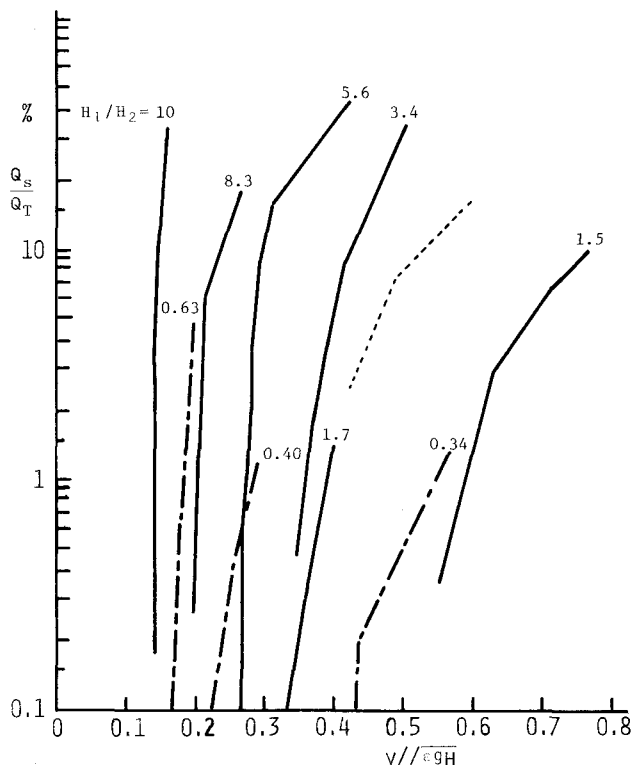


図-2

件が Q_s/Q_T で 50% 以下であるので確定したことは云えないが、図-2 の各ケースごとに Q_s/Q_T を H_2/H_1 の関数として表示してみると、これらの線群を包絡する曲線があるように思われる。すなわち各 H_2/H_1 に対する限界混入比の存在が予想される。今後も、混入比評価の精度などを検討すると共に初期条件の H_2 が非常に小さい実験を行ない上述の限界混入比などの実態を明らかにしていきたいと考えている。

4. おまけ

二次元の二層流について実験を行ない取水に伴う特性を調べた。混入限界水深については、祓り水深がある程度大きければ無限水域の理論が適用できることが判った。混入限界を超えている場合の混入濃度は、祓り水深をパラメーターとして密度フルード数の関数で表わされる。

本実験を行なうにあたっては本学学生佃建一君の尽力を得た。ここに記して謝意を表わします。

5. 参考文献

Craya, A., La Houille Blanche, 1949 · Gariel, P., La Houille Blanche, 1949