

九州工業大学 正員 浦 勝
 学生員 ○ 田 中 傑
 田 原 安 文

冷却水の深層取水、河口野水池の底層水排除などを導流水路に設けられた水門によって行なう場合を考え、下層取水の限界および上層水の混入をある程度許容した時の条件式を実験的に求めた。

1. 実験装置および実験方法 実験装置は図-1に示すように整流槽と $500 \times 50 \times 20$ (cm)の水路、2個の野留槽、塩水混合槽、管路系および淡水補給系統より成り、水路入口より $L=370$ cmに開度 $b=4$ cmの水門を、 $x=410$ cmに越流堰を設けた。成層流の場合は水道水と化学塩を用いて形成し、密度差は $\Delta\rho_0 = (\rho_2 - \rho_1)/\rho_2 = (75 \sim 10) \times 10^{-4}$ を用いた。実験は下層水流量 Q_2 を混合槽より整流槽へ流入させ、上層水流量 Q_1 は淡水ヘッドタンクより整流槽水面に浮べた板上に落下させ補給した。

密度分布の測定は $x=40, 120, 310, 368$ cmの4断面に設置したポイントゲージに塩分濃度計端子とPotentio-meterを取りつけ、これらの出力をX-Y Recorderに挿せることにより求めた。この方法により4断面の密度分布が4~7minで測定でき、直ちに内部境界面高さ h_2 、密度差 $\Delta\rho$ などが水温を媒介にして計算できた。

実験は同一の上層水混入率 $\lambda = Q_1/(Q_1 + Q_2) = Q_1/Q_T$ の状態に密度分布を15~30min毎に測定し、定常状態になるまで続けた。流出状態および取水された混合密度は P_6, P_7 端子で測定した。混入率は10, 5, 2および0%の4段階に変化させた。

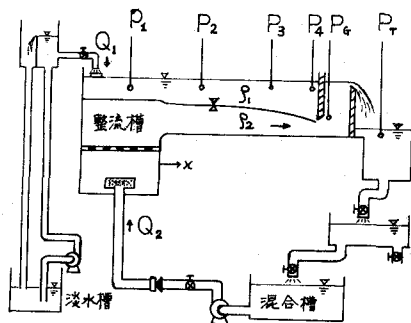


図-1

2. 鉛直密度分布 成層流の場の状態を見るため、4断面で得られた鉛直密度分布の一例を図-2に示す。同図は上から $Q_2 = 532.2$ cm³/secのもとで上層水混入率 λ が0, 2, 5, 10%の状態である。これより $\lambda = 5\%$ 以上では水路全断面に亘って二層流であるが、 $\lambda = 2\%$ 程度になると水門直上流に中間層が形成されている。さらに $\lambda = 0$ とすると中間層が水路上流端にまで達しており、中間層の密度は上流側の方が低いことがわかる。

3. 二成層流の取水条件式 各混入率 λ における定常状態の結果を図-3に示す。同図の縦軸は整流槽の内部境界面高さ h_r と水門開度 b との比、横軸は内部フルード数 $F_{b0} = Q_2/b \sqrt{\Delta\rho_0/\rho_2} g b^3$ である。これより β, n を混入率の関数として次のように表される。

$$F_{b0} \leq 1.0 ; \quad h_r/b = 1 + \beta F_{b0} \quad \dots (1)$$

$$F_{b0} \geq 1.0 ; \quad h_r/b = (1 + \beta) F_{b0}^n \quad \dots (2)$$

β, n の λ に対する値は実験的に図-3の表に示したような値となる。なお $\lambda = 0$ の時の $\beta = 1.2, n = 2/3$ は二層流の限界式であるがこれは、限界水深に基づくHarlemanの理論に水路と入口のエネルギー損失を考慮すれば次式で表される、

$$h_r/b = \frac{3}{2} (1 + f_e + f \frac{L}{R})^{1/3} F_{b0}^{2/3} \quad \dots (3)$$

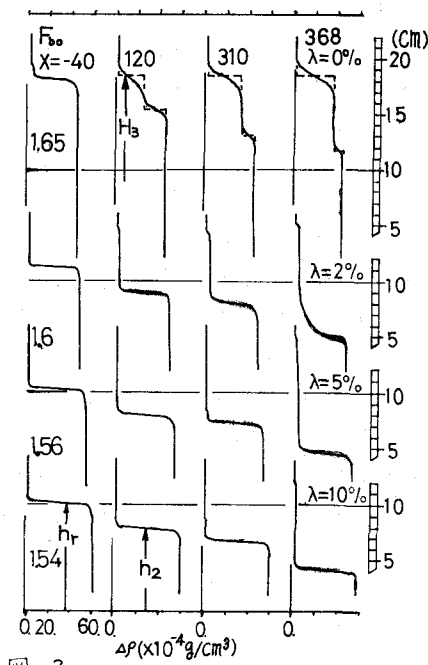


図-2

ここに f_e , f はそれぞれ入口とマサツ損失係数; R は径深である。 $f_e = 0.25$, $f = 0.022$, $R = b$ とすれば Harleman らの実験値も著者らの実験値も式(3)を満足する。また、千秋の式⁴⁾

$$h_r/b = 1 + (1/9) F_{b0} \dots (4)$$

は図-3 の $\lambda = 2\%$ の値をほぼ満足している。

図-3 から、取水限界を越える流量を取水すると、わずかな流量増加で予想以上の混入率となることが考えられ、混入を許容することは避けるべきと云えよう。

4. 中間層を持つ成層流の取水条件

2. 述べたように取水限界以下の流量で下層水のみを取水すると図-2 の $\lambda = 0$ の密度分布で示されるような中間層が形成されてゆく。これは水門近傍の下側境界面で不安定となり塩分が中間層へ混入し、中間層に発生した渦または乱れにより上層水が中間層へ混入するという過程を通じて境界面全体が上昇してゆく。このため図-3 の表示では中間層の存在する場合の限界条件を決めることはできない。

さらに、図-3 の表示は整流槽の境界面高さ h_2 を基準量としているが、水路の二層流を考える場合には水路無限遠点に対応する $x=120\text{cm}$ の諸量により適当であろう。これらのことを考慮して図-4 には λ が有限値の二層流の場合は h_2/H_T と $F_2 = Q_T/B\sqrt{\Delta\rho_2/g\delta_2}$, $\lambda = 0$ で中間層が存在する場合には、 h_2/H_3 と $F_2' = Q_T/B\sqrt{\Delta\rho_2/g\delta_2}$ を両軸にとり実験結果をプロットした。ここに H_T : 総水深, H_3 : 上側境界面高さ, $\Delta\rho_2 = \rho_3 - \rho_2$, ρ_3 : 中間層密度。 λ の有限の二層流の場合はばらつきが大きい $h_2/H_T > 1.5$ に対して、 $h_2/H_T = \gamma F_2^* \dots (5)$ で表され $\lambda = 2, 5, 10$ に対してそれぞれ $\gamma = 7.7, 3.0, 1.5$ となる。

一方 $\lambda = 0$ とすると F_2' が減少し $F_2' = 0.25 \sim 0.3$ 近くに限束してゆく。この値は連続密度分布で line sink による Deblor の実験値, Y_{ih} の理論値に近く $h_2/H_3 = 0.29 F_b^*$ $\dots (6)$ で表されるがばらつきが大きいので、今後検討を行ないたい。最後に境界面形状を $h_2 = \alpha(L-x) \dots (7)$ で近似した時の係数変化の一例を $\lambda = 10\%$ の場合で図-5に示す。

参考文献 1) Harleman, Elder; Proc. ASCE, July 1965 HY4, p. 43

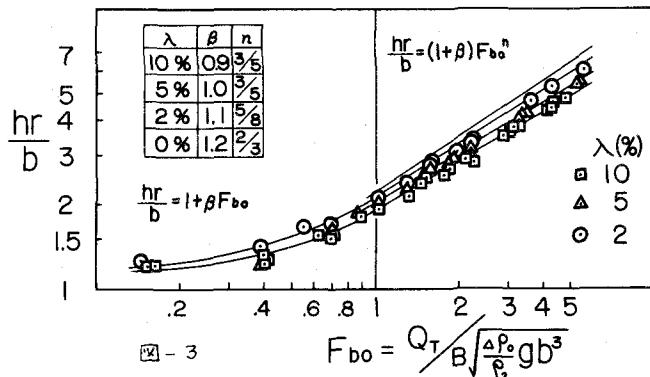
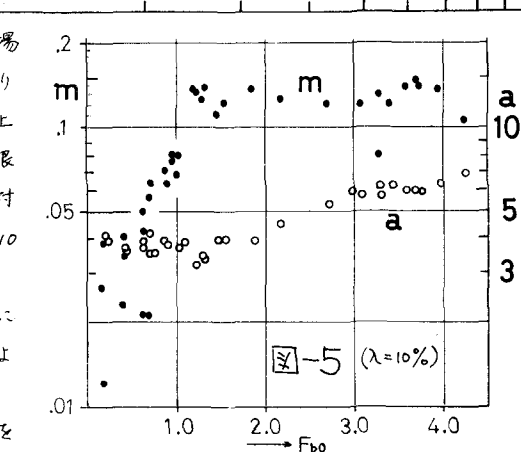
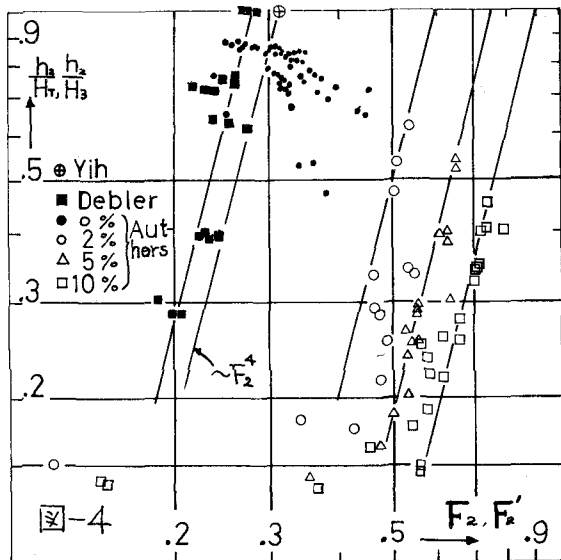


図-3



2) Harleman, Gooch, Ippen; Proc. ASCE, April 1958 HY2, p. 1584

3) 浦, 高田; 土木学会年報 1976 II p. 385

4) 千秋; 土木学会年報 1967 p. 253

5) 浦, 高田; 土木学会西部支部年報 1976 p. 129

6) Deblor; Proc. ASCE, July 1959 EM3, p. 51