

九州工業大学 正員 浦 勝
学生員 ○高田能典

1. はじめに 水路($20^B \times 500^L \times 50^H$ cm)の入口から $x = 370$ cm の位置に開度 $b = 4$ cm の水門を設け、これより上流に密度流の場を作り、下層取水の実験を行なった。各実験とも平衡状態と思われるまで(3時間以上)行なつた。実験条件を表-1に示す。すでに述べたように下層取水を行なうと、水門より上流側には図-1

に示すような上層(密度 ρ_1)、下層(密度 ρ_2)の流体

の中間に鉛直方向に一様な密度 ρ_m を有する中間層が形成される。本報ではこの中間層に注目して、中間層の形成過程、特性および流出密度への影響について検討した結果を報告する。

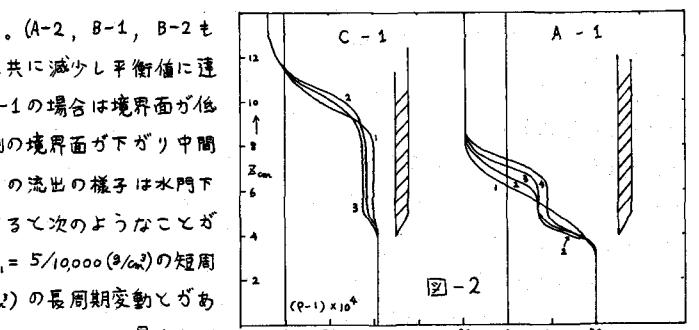
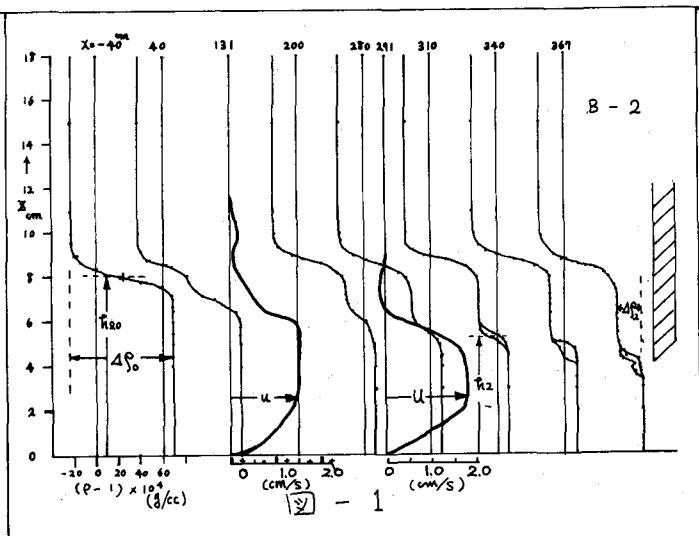
2. 中間層の形成過程 水門による下層流体の取水によって、いずれの場合も中間層が形成される。中間層の形成過程には2種類あるようである。 $\Delta \rho_0 (= \rho_2 - \rho_1)$ がほぼ等しく境界面高さ h_{12} が異なる A-1 と C-1 を同じ流量で取水した場合の水門直前の密度分布の時間的変化を図-2 に示す。A-1 の場合は取水開始により ρ_2

が最低値に達し以後わずかに増加する。(A-2, B-1, B-2 も同様)。一方、C-1 の方は ρ_2 が時間と共に減少し平衡値に達する。(C-2, D-1, D-2 も同様)。A-1 の場合は境界面が低く断面流速が速いため水門より上流側の境界面が下がり中間層ないし上層が水門から流出する。この流出の様子は水門下端における密度の時間的変動から調べて次のようなことが言える。密度は周期 $T_1 = 9.5''$ 、振幅 $A_1 = 5/10,000 (\text{g/cm}^3)$ の短周期変動と $T_2 = 270''$ 、 $A_2 = 20/10,000 (\text{g/cm}^3)$ の長周期変動があり時間の経過とともに振幅が減少してゆく。下は上層流体が

水門下端と上層境界面を下層流の平均流速で往復する時間にほぼ対応している。水門近傍の境界面高さ $h_{12} = 5.6 \text{ cm}$ を用いると長波の波速 C は $C = \sqrt{(\Delta \rho_0 / \rho_2) g R_1} = 5.68 \text{ cm/sec}$ となる。したがって波長 $L_2 = C \times T_2 = 1534 \text{ cm}$

EX.no.	記号	$\Delta \rho_0 \times 10^4$	h_{12}/b	q	Re	F_B	M_o	$M \times 10^{-6} \text{ g/s}$
A-1	○	59	1.4	3.75	390	.32	382	.47
A-2	□	59	1.4	8.80	960	.72	4.70	—
B-1	○	98	1.46	3.68	383	.32	2.93	.42
B-2	□	98	1.46	7.46	770	.63	(3)	.26
C-1	○	49	2.5	3.75	430	.61	.04	—
C-2	□	52	2.5	5.25	600	.74	.14	.07
D-1	○	48	3.95	3.55	370	.82	.03	.01
D-2	□	48	3.95	5.25	560	1.05	.02	.04

表-1



となり $L_2 / 4 = 383\text{cm}$ が得られる。これはほぼ水路長 370cm に対応する。よって T_2 は水路口を節、水門断面を腹とする副振動の周期であると考えられる。以上より、A-1の場合には上層界面と水門下端の間の長さを経てする渦が存在すると想われる。これが中間層の密度を一様にする原因であろう。さらに境界面の低下によって生じた重複波により長周期の変動が存在する。この場合境界面が水門下端より高くなると下層流が水門に衝突し下層界面上部の流れが上向流を作り中間層の濃度の増加をもたらすものと考えられる。一方、境界面が高いC-1の場合には水門断面での圧力降下が少ないため密度変化は水門下端にまで達しない。この場合、下層の隅角部に上流から輸送された低密度の流体が停滞し、徐々に密度が減少する死水域とみなせるような領域が発達する。この中では下層の流動により弱い循環をもつたうえ十分時間が経過すると、その領域では密度は鉛直方向にも流れ方向にもほぼ一定値をもつ。

3. 中間層の特性について 図-1より中間層は水門から上流にいくにつれて密度 ρ_3 が減少し、その厚さも小さくなっていることがわかる。このことは一般的な傾向であるが、図-3に $(\rho_2 - \rho_3) / (\rho_2 - \rho_1)$ と水路入口からの距離 x

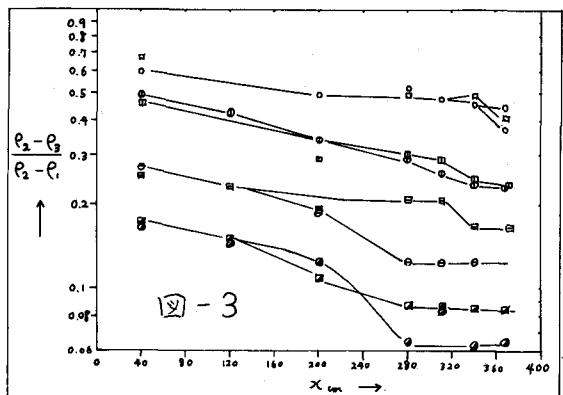


図-3

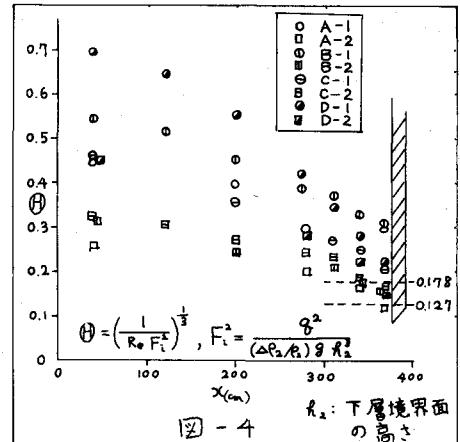


図-4

の関係を示す。この図より初期境界面の高い場合(C,D)は水門よりある距離までは水平方向にも ρ_3 がほぼ一様であり初期境界面が低い場合(A,B)とは異なった様子が現れる。このことは中間層の形成過程の相違とも関連している。つぎに図-4は中間層形成下の平衡状態における下層界面の安定性を調べるために Keulegan 數 F_1 と距離 x の関係を示したものである。これより、上流側ではいずれの場合も安定であるが、流量が大きいと、水門近傍で不安定になることがわかる。これは図-1 の密度分布図によてもわかる。

4. 流出率について 水門下流における密度分布より単位時間あたりの流出率を計算した結果を表-1に示した。 M_0 は初期流出率、 M は定常時の流出率である。A,B は初期境界面が低いので初期流出は大きい。このことは中間層の形成を考慮しないパラメータを用いた図-5で上層流出、混合流出の領域に入ることからもわかる。中間層が形成され定常状態になると h_{20}/b が小さい場合流出率は小さくなる。この場合の流出限界は図-6に示すように中間層の変量を用いたフルード数 F_b によって示されるようである。(文献) ① 浦5 土木学会西部支部年譲(S50) P149 ② 水理公式集(S46) P354

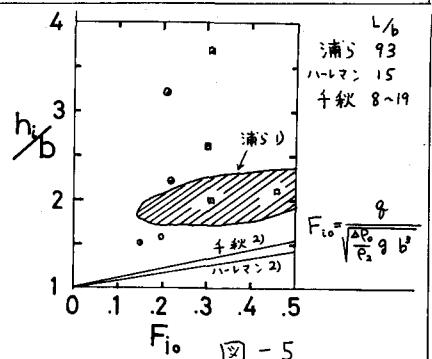


図-5

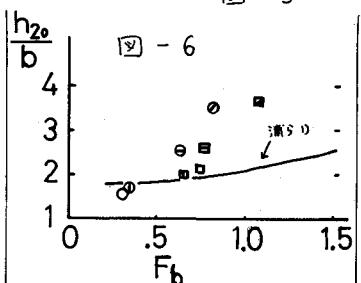


図-6