

神戸大学 工学部 正員 箕 源 竜

年間にあたる調整を目的とするような貯水池, 即ちその貯水容量が放流, 流入量に比して大であるものにおいては, 貯水が天然湖沼に見られるのと同様に水深方向に変化する密度分布を形成することには既によく知られている。このような密度勾配を有する貯水池内の流れは理論的にも実験的にも研究がなされているが多くの場合, 貯水池の一縦断面を取り, この面における二次元流として取扱われてきた。

ここでは貯水池の二次元模型における研究成果と, 種々の実測資料をもとにした実際の貯水池における流れとを比較検討して見た。

実際の貯水池における実測記録は放流, 流入水の流量およびその水温, 池水の水深方向における水温分布等であり, これらは過去に筆者等が実測を行つた時得た資料である。水深方向における水温分布は坑堤より水深 d の約 5 倍上流地帯において顛倒式水温計を使用して測定した。池水等の密度はこれらの水温の資料から換算して求められた。

水深方向密度勾配が直線関係にある二次元定常流については, C.S. Yih によつて解析されている。即ち $d\psi = \rho/\rho_0 d\psi$ といふ流れの関数を導入することによつて, 相対加速度 $g' = \frac{\rho}{\rho_0} g$ を用いた Froude 数を係数とする基礎運動方程式

$$\nabla^2 \bar{\psi} - F^{-2} \bar{\eta} = -F^{-2} \bar{\psi}$$

を得た。但しここで $\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial \xi^2} + \frac{\partial^2}{\partial \eta^2}$, $-\infty < \xi = \frac{x}{d} \leq 0$, $0 \leq \eta = \frac{y}{d} \leq 1$,

$$\bar{\psi} = \frac{\psi'}{U'^2}, \quad U' = \sqrt{\frac{\rho}{\rho_0}} u_{\xi=-\infty}, \quad F = \frac{U'}{\sqrt{g'd}}$$

である。

この基礎運動方程式を, 水深 d が一定, 放流口は下流端下部 ($\xi=0$, $\eta=0$) に位置するといふ境界条件の下に解いて流れの函数

$$\bar{\psi} = \eta + \frac{2}{\pi} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n} \exp[(n^2 \pi^2 - F^{-2})^{1/2} \xi] \sin n \pi \eta$$

を得た。この解は $F > \frac{1}{\pi}$ に適用されるが, この解にもとずくと, Froude 数 F が大なる値より $\frac{1}{\pi} = 3/8$ に近づくにつれて, 下流端上部附近に Vortex を生じ, この Vortex の長さは上流に向つて増大する。

Froude 数 $F = \frac{1}{\pi}$ において, この Vortex の長さは無限の上流にまで達し, 二次元流は上部停滞流 (Vortex の発達した部分) と, d_1 の水深をもつて流れる下部の流れとに分離する。この二次元流が $F = \frac{1}{\pi}$ において分離するといふ結果は Deblor により実験的に確かめられている。但し流れが分離する Froude 数は $\frac{1}{\pi}$ より少し小さく 0.28 である。又 Froude 数が 0.28 より減少するにつれて, 水深 d_1 が減少していく関係も実験的に求められている。二次元流の分離後の下部 d_1 の範囲の流れについての Froude 数 $F_1 = U_{d_1}/\sqrt{g'd_1}$ は d_1/d に無関係にはば一定となるが, その値は $\frac{1}{\pi}$ よりなく 0.24 を示す。農林省の出口氏も二次元 2 相流の実験において流れが Deblor の実験と同様に上下に分離することを確かめている。

实例の貯水池における測定資料をもとにして, 上記二次元模型の研究結果と比較する場合問題となるのは流速 U' と相対重力加速度 g' である。即ち貯水池の流入, 放流量は日々変動しているの下

るが、仮りにこれを定常状態とした場合、貯水池内の流速を求める方法、又実測の水深方向密度分布は図-1に示すように直線関係にはないが、これを直線関係とする場合、密度勾配の選定である。

その他、水深方向密度分布は $\bar{\rho} = 5$ において求めたのであるが、こゝでは流線は水面と平行となり無限上流と同等と見なし、又放流口高りは $\alpha/1$ 以下であるため、これも放流口位置による補正は必要ないものとする。

上記の問題となる流速と密度勾配については、資料の放流水の密度値と、それに相当する水深方向の密度分布から、放流水の密度が流出範囲 d_1 の平均密度を表わすものと考えて、試算により流出する池水の範囲 d_1 を求められるので、密度勾配、流速をそれぞれ資料の密度分布、放流量から適当な方法により定め、Froude数を求め、Deblorの実験結果と比較することにより、逆に密度勾配、流速を定める方法が適当であったかどうか検討し得る。

密度勾配と流速を定めるのに次ぎの方法で試みた。①密度勾配は水面における微小密度と池底における最大密度の差から求め、流速は測定時の放流量 Q から $U = \frac{Q}{A}$ とする。②流出範囲 d_1 における上下密度差から密度勾配を求め、流速は①同様とする。③密度勾配は②同様とし、流速は日平均放流量 $\bar{Q}$ から $U = \frac{\bar{Q}}{A}$ とする。これら①②③よりFroude数を求め、先きに試算によりおまづけている (d_1/α) との関係を示すと図-2, 3, 4の通りとなる。図-5に流出範囲 d_1 における上下密度差と $U = \frac{Q}{A}$ の流速からFroude数 F を求めこれが (d_1/α) にはほぼ無関係に一定であることを示す。これらの結果から言えることは、傾向、値としてはDeblorの実験と一致するが、数値的、量としてはDeblorの実験結果と大きく異なっている。即ち実例の貯水池に於いておまづけた F と (d_1/α) の関係はあらわす曲線形はDeblorの実験結果より求めたものと粗相下あるが、各々対応する値の値は大きく異なる。この事は流速の評価について充分考慮する必要があるものとする。

参考文献 1. Deblor, W.R. Stratified Flow into a Line Sink A.S.C.E. July 1957
2. Yih C.S. Dynamics of Nonhomogeneous Fluids Macmillan 1965

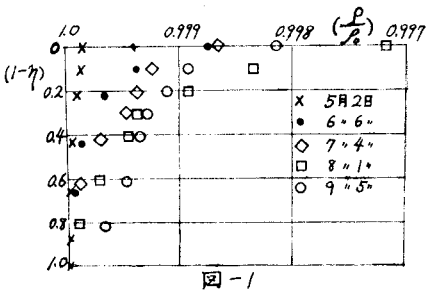


図-1

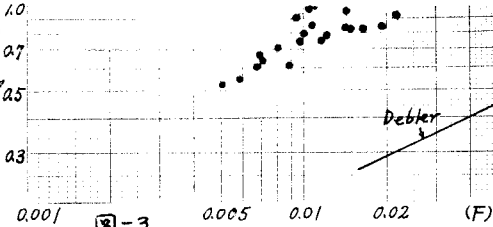


図-3

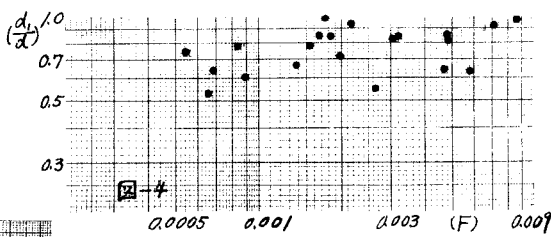


図-4

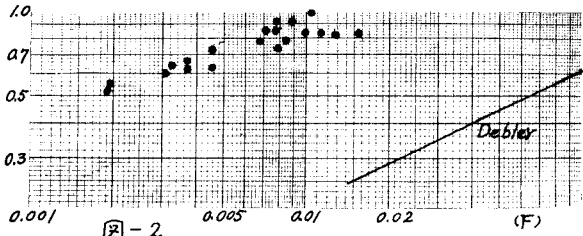


図-2

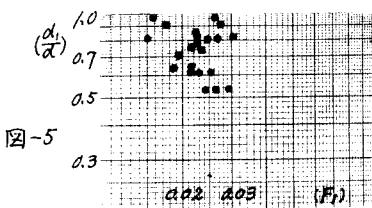


図-5