

九州大学工学部 正 平野宗夫
九州大学工学部 正 羽田野繁義
九州大学大学院 学 梅尾信之

1. まえがき

貯水池濁度の長期化現象は富栄養化の問題とともに人工貯水池における重要な課題として取り上げられるようになった。この問題に対して種々のモデルを用いた解析がなされているが、その際、流入部における流入濁水と池水との混合割合について適当な値を仮定して計算が行なわれている。本研究は、流入部における濁水の稀釈混合について若干の実験を行ない、簡単なモデルにより計算を行なったものである。

2. 実験およびその結果

(1) 実験装置と方法

下流端に越流せき（高さ0.35 m）を設けた2次元水路を所定の勾配にして淡水を満ちておき、所定の濃度・流量の着色塩水を上流から射流状態で流入させることにより、貯水池流入部における濁水および池水の流れを模型で再現した。（図-4参照）。また、後述の如く潜り桌下流では傾斜アリウムとなって流動するが、定常になった傾斜アリウムに対して塩分濃度および流速の分布を測定した。塩分濃度は採水後電導度計により、流速分布はウォーターブレードを投入し、V.T.R. でそのすじの変形を読むことによりそれぞれ求めた。

(2) 実験結果

a) 流況 潜り桌近くでは図-1に示すような形状で流動している。すなわち、流入端から潜り桌の間では濁水流の層は全体として水面近くまでおよび、その内部では大きなスケールで乱れた状態となっており、潜り桌近くでは支配断面で見られるような形状を示し、その下流で傾斜アリウムが形成されるとともに上方の淡水部分では混合に寄与する逆流が生じている。

また、潜り桌は前後に変動し、傾斜アリウムおよび逆流域の流速にも変動が認められた。

b) 流速分布・濃度分布 上述の方法で測定した流速分布および濃度分布の一例を示したのが図-2および3である。図より両者とも傾斜アリウム特有の分布を示している。

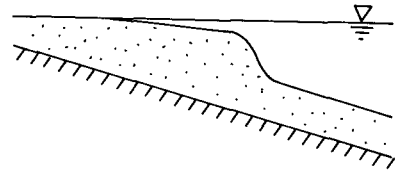


図1 潜り点付近の状態

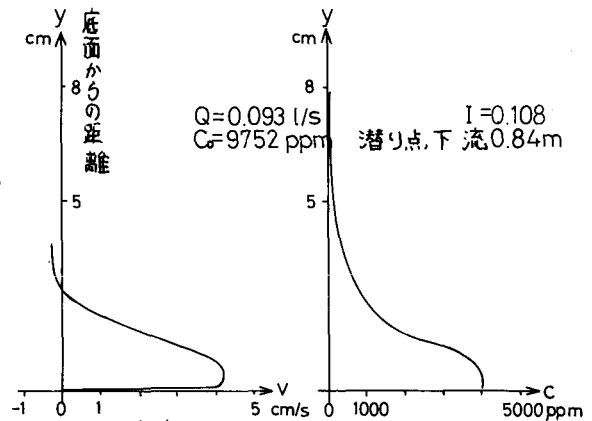


図2 流速分布

図3 濃度分布

3. 理論的考察

貯水池流入部の流れを図-4のようなモデルで考える。潜り桌を狭み近接しあう鉛直2断面で囲まれる領域の全水深をコントロールボリュームとし、この領域に連続式および運動量の式を適用し、ファシネスク近似を用いると

それぞれ式 (1) および (2) となる。

$$u_1 H_p + u_2 (H_p - d) = u_3' d \quad (1)$$

$$\rho u_3'^2 d + \rho u_2^2 (H_p - d) - \rho_1 u_1^2 H_p = \frac{1}{2} \Delta \rho g (H_p^2 - d^2) \quad (2)$$

ここに、 u_1 、 u_2 および u_3' はそれぞれ潜り桌の直上流の平均流速、潜り桌下流での逆流の平均流速およびフリュームの平均流速の水平成分、 H_p および d はそれぞれ潜り桌での水深およびフリュームの流動厚さ、 $\Delta \rho$ および ρ_1 はそれぞれ流入水の稀釈混合前と後の密度の断面平均と淡水密度との差である。また、混合割合を r 、供給水の単位幅流量を q とすれば、

$$q = u_1 H_p, \quad r q = u_2 (H_p - d), \quad (1+r) q = u_3' d \quad (1')$$

式 (1) および (1') より流速を消去した後、多少変形すると、

$$Fr_1^2 = \frac{(1 - d/H_p)(1 - d^2/H_p^2)}{2 \left\{ d/H_p - 2(1+r) + (1+r)^2/d/H_p \right\}} \quad (3)$$

ここに、 $Fr_1 = (\frac{q^2}{\rho_1 g H_p^3})^{1/2}$ である。

一方、上と同じような鉛直 2 断面で囲まれる領域のうち、水面から $H_p - d$ の部分をコントロールボリュームとして運動量の式を次式 (4) のようにおき、これに上と同様の操作をすれば式 (5) が得られる。

$$\rho u_2^2 (H_p - d) = \frac{1}{2} \Delta \rho g (H_p - d)^2 \quad (4)$$

$$Fr_1^2 = \frac{1}{2r^2} (1 - d/H_p)^3 \quad (5)$$

式 (3)、(5) より Fr_1 を消去して得られた r に関する 2 次式を解き、物理的意味を考慮して負号を採用すると、

$$r = \frac{-(1 - d/H_p)^2 - (1 - d/H_p) \sqrt{d/H_p (1 - d/H_p^2)}}{1 - 2d/H_p - d^2/H_p^2} \quad (6)$$

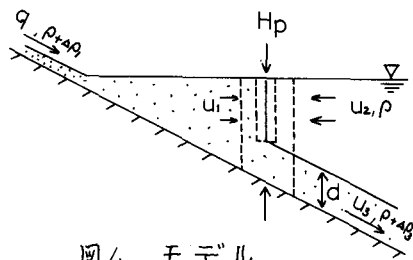


図4 モデル

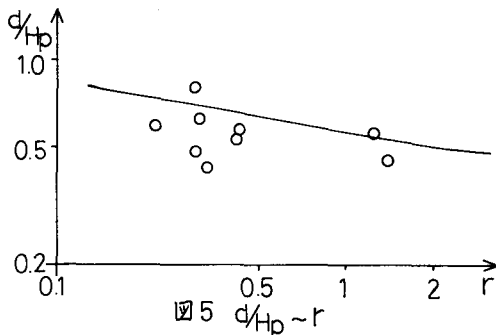


図5 $d/H_p \sim r$

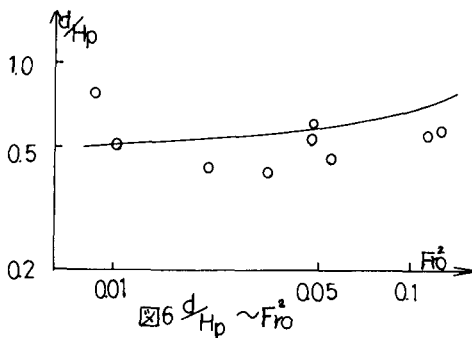


図6 $d/H_p \sim Fr_1^2$

以上の関係式の適合性をみるために計算値と実測値とをプロットしたのが図-5 および 6 である。なお、 r の実測値は下層の流速分布から求め、 d は目視によるものを用いた。図より多少のバラツキはあるものの、実測値と計算値はほぼ同様の傾向を示している。なお、式 (6) 中 Fr_1^2 は $Fr_1^2 = \frac{q^2}{\rho_1 g H_p^3}$ である。

4. あとがき

以上より、潜り桌付近の水理諸量の関係は本モデルで一応説明できると考えられるが、ある入力に対してどのような流れが実現されるのかという問題はまだ残されており、解決が求められる課題である。最後に本研究にあたり実験およびデータ整理に熱心に協力して頂いた大学院生赤司淳也君に謝意を表します。