

長崎大学工学部 正員 ○野口 正人
長崎大学大学院 学生員 伊東 尚

1. まえがき

多目的ダム貯水池の環境を良好に保つため、水温成層の発達状態や濁水挙動を予測する種々な手法が開発されてきた。本報では、前報¹⁾に引き続き、貯水池水理実験装置を使用した濁水流の実験を行なった。以下では、その実験結果を示すとともに、数値シミュレーションを行なう際の問題点について検討する。

2. 実験の概要

実験装置は前報に示されたので省略する。ただ、今回の実験では濁水を流入させるため、実験水槽の上流端に濁水補給水槽を設置した。濁水補給は、主水槽へ流入する水路内での移流分散効果を利用して行なわれたが、そのため、予じめ補給水槽には流入濁度より逆算して作られた高濃度の濁水が満たされた。なお、濁水流入中は補給水槽の攪拌装置を使って、流入濁度が定さるだけ一様になるようにした。

実験は洪水後における濁度の軽減傾向を調べることに重点を置いて行なわれたが、とくに、(1)水温成層分布の違いによる濁水流入の影響、ならびに(2)取水口を中段から一時上段に切り替えた場合の影響について検討された。さらに、数値シミュレーション・モデルの検討のために濁水密度流の侵入速度が写真撮影により行なわれた。なお、以上の実験で濁度は透過光式濁度計(計測技研製)を使い求められた。

3. 実験結果と考察

移流熱量により水温成層の発達した貯水池(水槽)に、濁水流入があった場合の実験結果を示せば図1(a)~(c)のようである。[そのほかのケースについては講演時に示す。] 図1(a)には、流出入水における水温ならびに濁度の時間的变化が示されている。また、図1(b)、(c)には水槽内の水温分布と濁度分布とが示されている。実験は、最初、冷水(12℃)の満たされた水槽に温水(22℃)を流入させ、ほぼ二成層の温度分布を形成しておく。その後、流出入量を大きくし、濁水(1200 mg/lのカオリン混濁液)を流入させた。そして、濁水密度流が下流端に到達し、充分時間が経過した後、流量を小さくし、濁水流入を止めた。図1に示された実験では、これらの流量変化が286, 1149, 398 cm³/sec、水槽内の平均的内部フルード数で1.4, 6.0, 2.1×10⁻²のように与えられた。取水は中段取水口(底より35cm)

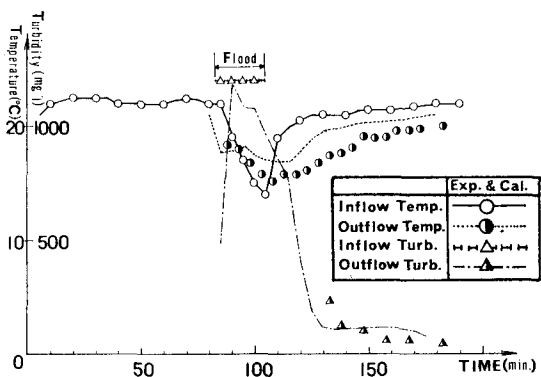
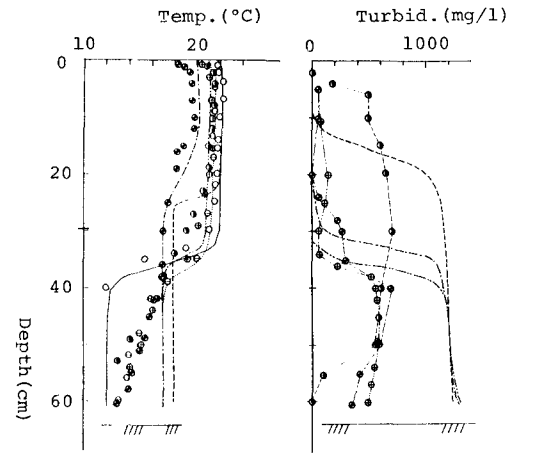


図1 (a)



Experi.	Calcu.	Experi.	Calcu.
○ (70 min)	— (70 min)	● (99 min)	--- (100 min)
● (92)	--- (95)	● (128)	--- (130)
● (120)	--- (120)	⊕ (142)	--- (145)
⊕ (148)	--- (150)		
⊖ (175)	--- (175)		

図1 (c)

図1 (b)

のみで行なわれた。

一方、上述の実験結果を、以前著者の一人らが作成した数値モデル²⁾の計算結果と比較させるため、図1にはこれらも合わせ記されている。この数値モデルは濁水流入に伴う濁度変化を考慮して空間的に2次元で扱われているが、他の大部分の貯水池モデルと同様、運動方程式を直接解くことはなされず、選取水公式で代用された。

図1より、物理モデルならびに数値モデルの結果を比較すれば、以下のことが言える。

- (i) 概ね、物理実験と数値実験とは定性的に良く一致している。
- (ii) 流出水温・流出濁度については定量的にもかなり合っている。もっとも、この類の水理量は通常よりよく合致するものであるが、水温で1~2°Cの開きがある。この原因については図1(b)を見れば明らかのように、数値モデルの取水公式として使われたK₀の式が、大流量で取水層厚を過大に見積るためである。これに伴って、洪水初期では計算による流出水温が実験値より低くなり、その後は逆に高くなったものである。
- (iii) 濁度分布については、実験値と計算値とは同傾向を示すのみで、定量的にはほとんど一致していない。これは、境界条件が両者で完全には同じになっていないことや、計算に用いられた懸濁物質の沈降速度が水理実験のものを十分に表わしていないことなどの理由によるものと思われる。また、水理実験では時間が経過するとともに濁質が沈降し、全体の密度が減少するため、対流現象により濁水層より上部の層も濁っていくが、数値モデルにはこの効果は含まれていない。実際の貯水池でこの種の効果がどの程度かは資料を集めて検討せねばならないが、濁水長期化に対する影響はむしろ池内の乱れが大きく関係すると考えられる。

また、ここには示されていないが輻射熱量が卓越するような水温分布では、一般に温度こう配が小さいため、一度洪水が流入するとその後の清水化は濁質の沈降速度に大きく依存する。なお、図1に示された実験とほとんど同じ条件で、洪水後に一時表層取水を行なった実験もされたが、これによれば、今回のような場合にも白砂方式³⁾は有効であると思われる。

4. 濁水密度流の侵入速度

つぎに、濁水密度流の侵入速度について簡単に触れる。一般に、濁水密度流が中層に侵入するか、底層に侵入するかは密度の相対的の大きさにより決まるが、ここでは、図2に示されたような場合について考える。静水圧分布が言えるとき

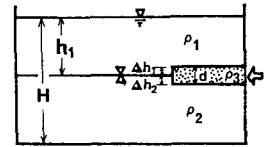


図 2

なる関係が成立し、進行方向に

$$\frac{\Delta \rho_1}{\rho_2} = \frac{f_2 - f_1}{f_2 - f_1} \quad \text{----- (1)}$$

の力が作用する。濁水密度流の侵入速度が、この圧力差による力のみから計算されるものとするれば、

$$V = \sqrt{\frac{\rho_2 - \rho_1}{\rho_2} g d \frac{f_2 - f_1}{f_2 - f_1}} \quad \text{----- (3)}$$

となる。福岡⁴⁾が引用したK₂₀の式⁵⁾では、侵入速度は上述のものの√2倍になっている。今回の実験では、実験値2.70‰に対して(3)式より求められる値2.98‰、或いは2.60‰に対して1.58‰となり、いずれがより妥当か判定するに到らなかった。これは、密度が温度と濁度とから求められたが、平均的濁度のとり方にも問題があったものと思われる。

5. あとがき

以上、貯水池に濁水が侵入したときの成層変化について、実験的な予測を試みた。これより、物理実験も数値実験と同程度に有用であるものと思われる。しかし、濁水長期化現象については池内の乱れが大きく関係するので、この影響をどのように評価するかは今後の課題として残された。

(参考文献) (1) 野口正人, 第32回土木学会年講, 昭52, (2) 岩佐義朗・野口正人・奥島彰, 京大防災研年報第18号B, 昭50, (3) 白砂孝夫, 電力中央研究所, 依頼報告7503, 昭47, (4) 福岡捷二, 第22回水講演文集, 昭53, (5) T.W. Kao, J. Hy. Div., ASCE, 1977