

京都大学工学部 正員 岩佐 義朗

京都大学工学部 正員 野口 正人

京都大学大学院 学生員 早野 博和

1. まえがき

一般に、ダム貯水池においても自然湖沼と同様、夏期に水温成層状態がみられる。しかし、自然湖沼と異なりダム貯水池、ヒュムン部の多目的ダム貯水池では流入・流出流量が多いため、その多量によっては躍層面が著しく低下したり、成層状態が破壊されたりする。本報では、貯水池成層化に及ぼす取・放水の影響を調べるため取水モデルをつくり、実験および実測資料によりその妥当性を検討した。

2. 取水モデル

まず、密度分布が不連続な場からの取水について考える。すなわち、図1に示す取水口から流量 Q の流体が流出するとき、Crayaの関係 $Q = 2.55 \sqrt{g \cdot g_0} \cdot y_0^{\frac{3}{2}}$ より求まる y_0 を使い、 $y > y_0$ では下層のみが取水されるものとする。取水がさらに行なわれると上・下層流体の混合取水になる。そのとき上層から $Q(y_1 - y_0)/(y_1 + y_0)$ 、下層から $Q(y + y_0)/(y_1 + y_0)$ の流体が取水されるものとする、取水口から内部境界面までの高さ y は、単純に

$$A \cdot \frac{\partial y}{\partial t} = - \frac{y + y_0}{y_1 + y_0} \cdot Q \quad (1)$$

で表わされる。 $t = t_i$ で $y = y_1$ になるから、

$$\frac{y}{y_0} = (\alpha + \beta) e^{-\frac{Q(t-t_i)}{A y_0 (\alpha + \beta)}} - \beta \quad (2)$$

となる。また、取水流体密度は次式で示される。

$$\frac{\rho}{\rho_1} = 1 + \varepsilon \cdot e^{-\frac{Q(t-t_i)}{A y_0 (\alpha + \beta)}} \quad (3)$$

取水にあつて水面や底の影響が無視されるときは $\alpha = \beta = 1$ とすればよい⁽¹⁾。一方、取水口の位置が底や水面に近づいたときには、それらの影響を考慮して境界面の位置なうびに取水流体密度を決めねばならない。(2)、(3)式の示すモデルの妥当性を検討するために、淡・塩二成層流を作り、実験した。実験装置なうびにその方法については文献⁽¹⁾に示されているので省略する。ここでは、取水口高を $h_2 = 3, 12, 18 \text{ cm}$ と変化した場合の結果について簡単に触れる(図2参照)。 $h_2 = 12 \text{ cm}$ のときは前報でも述べたように計算値と実験値の一致はかなり良好である。しかし、取水口の位置が底に近いと($h_2 = 3 \text{ cm}$)、取水時間が長くなつたところ(2)式の値より実験値の方が大きくなる。これは、水路床における摩擦などが原因して、底附近の流体が流れにくくなるためと思われる。一方、取水口が水面近くにある($h_2 = 18 \text{ cm}$)ときはたゞとればよいことがわかる。

これまで密度が不連続的に変化する場合を考えた。しかし、一般に春さきから夏にかけて流入水温は上昇するため、以上のモデルで貯水池内水温分布を予知することは好ましくない。そのため、流入水温(密度)が連続的に変化する流れを用いて実験した。最初、密度分布が一様である貯水池に密度の変化する流体が流入した場合、密度が初期のものより小さくなることを内部境界面と仮定する。もちろん、密度分布が連続的であるか、不連続的であるかによって水理機構は異なるが、連続密度場に対しても近似的にCrayaの関係で取水層幅を決定しうものとし、連続密度場を代表する ε なうびに y_0 を求める。これらの値は互いに独立でないので、試行錯誤で求めることが必要となる。しかし、ひとたび適当な値が求まると、不連続場に対するものと同様にして取水流体密度が計算できる。図3には、時間の経過とともに密度が指数関数的に減少する流入水を与えた場合の計算値

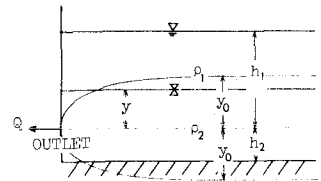


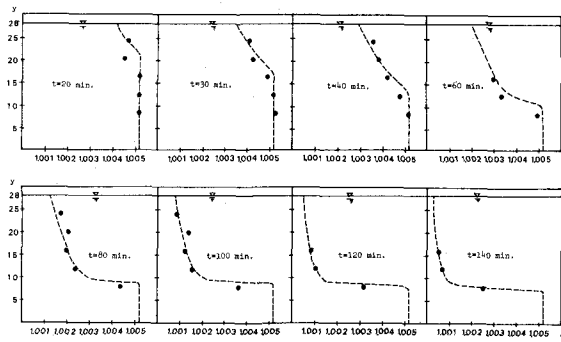
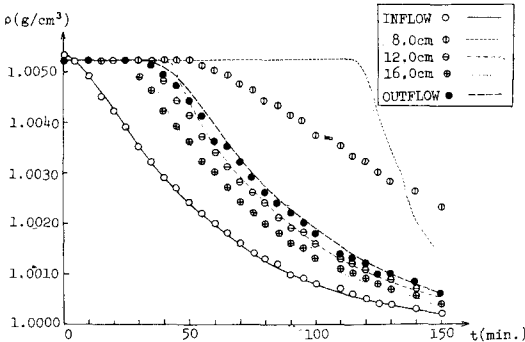
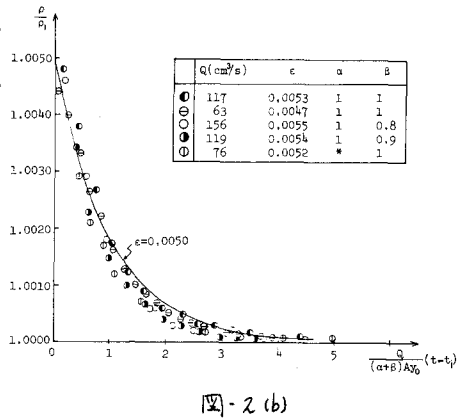
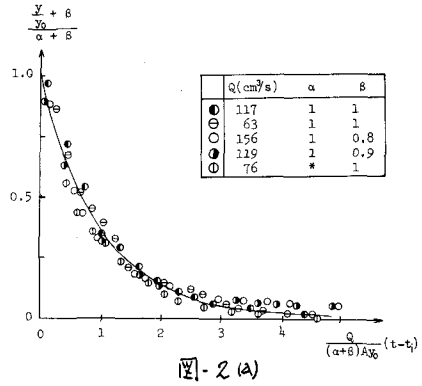
図-1

ならびに実験結果を示した。同図では流量を $80 \text{ cm}^3/\text{sec}$ としたときの結果が示されているが、 $140 \text{ cm}^3/\text{sec}$ とした場合もほぼ同じ結果が得られた。これより、流量の大小にかかわらず、密度が連続的に変化する場合も上述 α モデルを使って、水路内の密度ならびに取水流体密度をかなり正確に予知することができる。また、この実験における取水口は底より 12 cm のところにあるが、取水流体密度は水路内におけるほぼこの位置の流体密度に等しいことがわかる。なお、底より 8 cm の位置では計算値と実験値がかなり異なっているが、これは内部境界面が最終的にその附近に位置するため、かなり実験条件に影響されたと考えられる。

3. 結果と考察

前節では、二成層流に対して簡単なモデルを用い、密度分布が連続的に変化する場合にも適用されるよう修正してシミュレーションを行なった。その結果、それそれの場合とも、境界面の位置ならびに取水流体密度をかなり正確に知り得ることがわかった。しかし、一般の貯水池においては成層化に際しては要因として太陽熱の輻射などによるエネルギー授受があるため、成層状態は必ずしも簡単に求まらない。ここでは淀川水系（宇治川）天ヶ瀬ダムでの観測資料を使って2節のシミュレーション・モデルを検討した。流入水の水温は瀬田で、また、流出水の水温は天ヶ瀬発電所で観測されている。その結果、当該貯水池は“run of the river”としての性格が強く、流出・入水温は1~2日のずれをもつてほぼ相似な形をしていることがわかった。計算より求めた貯水池内水温分布を実測値と比較すると、底層水温の差が大きい。これは底層水温を決めるにあたって熱収支の項が重要な役割を果たし、また、前述のモデルは流出・入流量がほぼ定常の場合に適用されるもので、洪水のように大流量の流入がある場合には、その時点から再度計算し直さなければならぬためと思われる。（計算結果については講演時に示す。）

最後に、本研究を進めるにあたり種々御助言を戴いた井上和也助教授、ならびに、実験資料の整理を手伝ってくださった大学院生児島彰君に感謝致します。



参考文献

- 1) 岩佐井上野口, ダム貯水池の成層化と取・放水の影響, 第17回水理講演会講演集, 1973.2.