II-202　洪水による貯水池の成層変化について

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　児島　彰

1。まえがき

自然湖沼でみられるように、人工のダム貯水池においても受熱期に成層状態が現われ、水利用のうえで重要な問題を呈する。とくに、躍層面の発達により底層での溶存酸素が欠乏し、水質が悪化することはこれまでにもしばしば指摘されてきたとおりであり、強制的に成層が破壊されることもある。[1] 一方、洪水のように大量の流入がある場合にも成層破壊が起こるが、ときには、貯水池の成層度により濁水が長期間に亘って滞留する現象がみられる。[2] 本報では、前報[3]に引き続き連続密度場での取水モデルについて考察し、実際の貯水池における成層化予測を行なう。また、洪水の成層に及ぼす影響についても簡単に触れる。

2。連続密度場の取水モデル

二成層密度場の取水については前報でとり挙げたが、ここでは、図1に示されたような貯水池に密度が時間的に変化する流入水があるとき、取水により貯水池内の密度分布が如何に変化するかについて取扱う。すなわち、この場合にも貯水池における水平方向の密度差が無視でき、一次元解析がなされるものとすれば、取水口を原点にして鉛直上向きに y 軸をとれば、次式が成立する。[4]

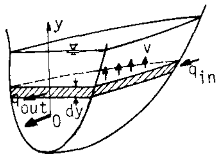

図 1

$$\frac{\partial}{\partial y}(Av) = q_{in} - q_{out} \qquad (1)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho A) = -\frac{\partial}{\partial y}(\rho A v) + (\rho_{in} q_{in} - \rho q_{out}) \qquad (2)$$

ただし、A：対象素片の境界面面積，v：移流に伴う垂直流の速さ，ρ_{in}：流入水の密度、また、q_{out}，q_{in}はそれぞれ単位高さあたりの流出・流入流量を、ρは貯水池内の密度を表わす。境界面の面積が高さによらず一定なるときには、(2)式は(1)式を用いて

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -v\frac{\partial \rho}{\partial y} + \frac{1}{A}(\rho_{in} - \rho)q_{in} \qquad (3)$$

と改められる。ここで、つぎの仮定を設ける。すなわち、(i)流出・入流量が等しくQで表わされるため、貯水池水位は一定に保たれる、(ii)貯水池は十分大きく、つねに　$y_0 < h_1$，h_2が成立する、(iii)流入水は鉛直方向にδの幅で貯水池水面に流入する、(iv)貯水池内の流体は取水口を中心に鉛直方向$2y_0$の幅で取水される。これより、境界条件は

$t = 0$ で　$\rho = \rho_0$　　；　　$y = h_1$ で　$\rho = \rho_{in}$

と表わされる。つぎに、密度ρを代表密度ρ_rとそれからの密度差$\Delta\rho$を用いて　$\rho = \rho_r + \Delta\rho$　と置けば、(3)式は

$$\frac{\partial \Delta\rho}{\partial t} + v\frac{\partial \Delta\rho}{\partial y} = \frac{1}{A}(\Delta\rho_{in} - \Delta\rho)q_{in} \qquad (4)$$

となり、$\Delta\rho$に関する一階の偏微分方程式になる。この式の特性方程式は(4)式の右辺をfとすれば

$$\frac{dt}{1} = \frac{dy}{v} = \frac{d\Delta\rho}{f} \qquad (5)$$

となるが、(1)式から求められるように、(5)式のvは式中にy_0を含む。一般に、取水層幅（$2y_0$）は貯水池内の成層度に応じて時間的に変化するため、上式を解析的に解くことは困難であり、数値的方法により解を求めざるを

えない場合が少なくない。

つぎに、特殊なケースとして流入流体の密度が一様に減少し、密度差が指数関数で表わされるものをとりあげる。すなわち、流入流体の密度ρ_{in}を　$\rho_{in}=\rho_r+\Delta\rho_{in}$　ただし、$\Delta\rho_{in}=(\Delta\rho)_0 e^{-at}$ で表わし、y_0がほぼ定数で与えられるものとすれば、貯水池内密度はつぎのようになる。

$$\rho=\rho_r+\frac{(\Delta\rho)_0}{Q-a\delta A}\left\{Qe^{-a(t-t_i)}-a\delta Ae^{-\frac{Q}{A\delta}(t-t_i)}\right\} \qquad (6)$$

ここに、t_iは、$h_1-\delta\geq y\geq y_0$で$\frac{A}{Q}(h_1-\delta-y)$、$y_0\geq y\geq -y_0$で$-\frac{2Ay_0}{Q}\log\frac{y+y_0}{2y_0}+\frac{A}{Q}(h_1-\delta-y_0)$で表わされる。

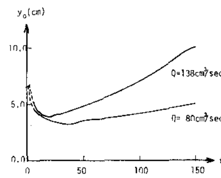

図2

以上に述べられた取水モデルの妥当性について検討するため、流量を80, 140 cm³/sec にして実験を行なった[3]。各実験に対する取水層幅をCrayaの関係より逆算すれば図2のようになる。これより、流量が比較的小さいときには前述の仮定はほぼ満たされ、図3に示されたように実験値は(6)式から計算した値とよく一致する。しかし、流量が増加するとy_0は一定とはみなされず、(1), (2)式を直接数値計算せねばならない。

3. 貯水池の成層化

取水モデルを使って貯水池の成層化予測をするため、淀川水系天ケ瀬ダムの貯水池における観測資料を数値シミュレーション結果と比較した(図4参照)。計算値と観測値とは必ずしも一致していないが、これはモデルが十分なものでないことによるとともに、計算に用いた各種の実測資料の不足にも起因するもので、定性的にはこのモデルにより成層予測がなされるものと思われる。とくに、4月および7月にはその差が大きいが、これは大流量の放流があったためで、成層破壊あるいはそれに近い状態が現われたためと推測される。したがって、取水モデルを現場に適用するについては、洪水時の成層変化について詳細な検討が必要になるが、このときには濁度が重要な問題となり、現象は複雑になる。図5には、青蓮寺・高山両ダム貯水池における洪水前後の水温分布が示されているが、この図からも明らかなように、洪水時を含めて上述のモデルを適用しうるか否かはさらに検討を要する。

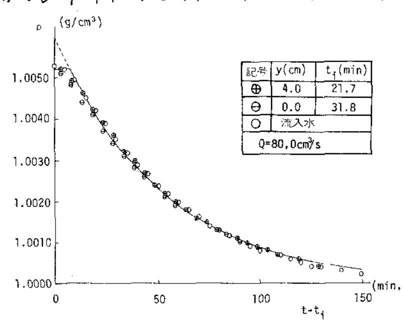

図 3

最後に、本研究を進めるにあたり種々御教示戴いた井上和也助教授に感謝の意を表します。

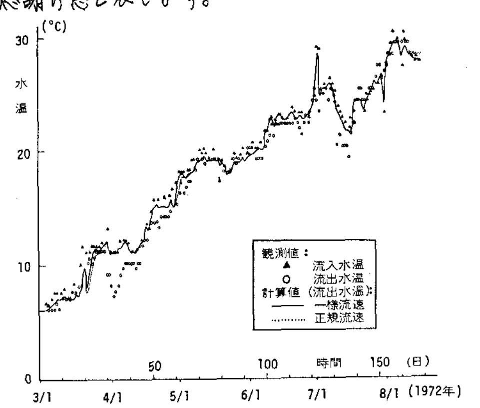

図 4

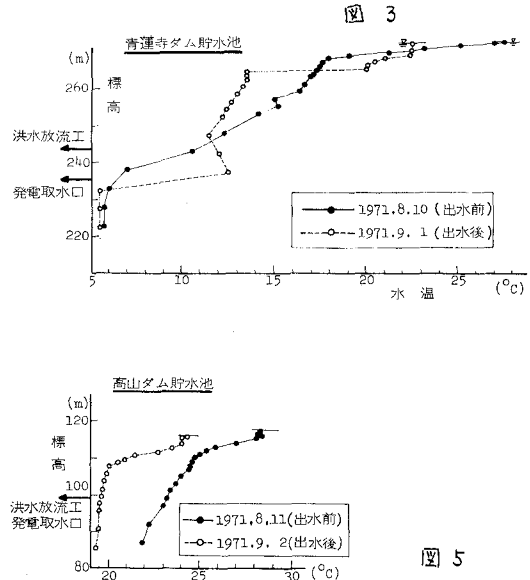

図 5

参考文献　(1) J.M.Symons, et.al., Jour. AWWA, 1970

(2) 安芸周一・白砂孝夫，土木学会年講概要集，S.48

(3) 岩佐義朗・野口正人・早野博和，年講概要集，S.48

(4) Huber, W.C., et.al., Proc. ASCE, HY-4, 1972