

貯水池濁水の排除に関する基礎的検討

大阪大学工学部 正員 室田 明 大阪大学工学部 正員 道奥康治
 大阪大学大学院 学生員○吉田 弘 島根県 正員 妹尾圭人

1. はじめに；貯水池内の濁水長期化を軽減させるためには、濁水貯留後できるだけ多くの濁質を放出し、可能な限り早期に清水を確保することが原則である。一般に成層期の貯水池に濁水が流入した場合、中層部に高濃度の濁水層が形成される。そのため最も一般的には洪水直後において中層の取水口を用いた中間濁水の集中的排出を図り、その後表層取水に切替えて清水を放流するという取水口操作がとられる。しかしながら、いかなる時間において中層から表層取水へ切替えれば放流水質に関して最も有利であるかという点については明らかでなく、現在のところ濁水対策としての統一的な操作指針はない。現実にはケースに応じて極めて模索的かつ試行錯誤的な放流操作がなされているにすぎない。本研究は中層に滞留した濁水を効率的に排出し、低濁度の放流水を得るための最適な取水口切替時間について選択取水理論を用いた解析的検討を行い、濁水軽減対策としての貯水池操作に関する基本的指針を提示するものである。

2. 解析手法；中層部に濁水層が形成される場合を想定し、図-1に示すような三層系を対象とする。以下のような仮定を設けて現象を単純化する。(1) 中層内の濁質濃度は一様に分布している。またその密度効果は水温に比べて小さいと考え無視する。(2) 初期においては表層・下層の濃度は0とする。(3) 濁質濃度0の清水が放流量と同じ流量で全て中層内へ流入している。(表面の水位は変化しない。)(4) 躍層面での各層間の混合は無視する。(5) 濁質の沈降にともなう濃度変化は無視する。(6) 初期においては中層からの取水を行っているとする。

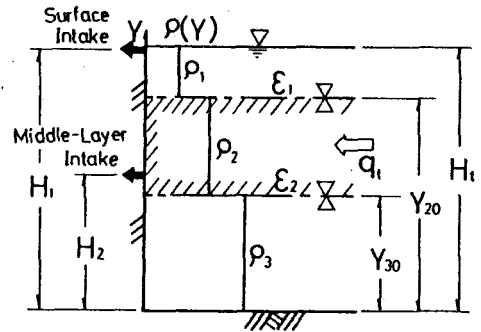


図-1. 対象とする成層場

以上の仮定のもとに著者等¹⁾による三成層密度場の取水理論を導入し定式化を行う。その結果、放流水の無次元濁質濃度 C^* は次式のような諸量の関数であることが示された。

$$C^* = C / C_s = \begin{cases} \text{func.}(F_t, \epsilon_1/\epsilon_2, Y_{20}/H_t, Y_{30}/H_t, H_2/H_t) & (\text{中層取水時}) \\ \text{func.}(F_t, \epsilon_1/\epsilon_2, Y_{20}/H_t, Y_{30}/H_t, H_2/H_t, H_1/H_t, t_c^*) & (\text{表層取水時}) \end{cases} \quad (1)$$

ここで C ：ある時間における放流水の濁質濃度、 C_s ：中層内濁質濃度の初期値、 $F_t = \sqrt{g \cdot \epsilon_1 \cdot H}^3$ ：単位幅流量 q_t を全水深 H_t で無次元化した密度フルード数、 ϵ_1/ϵ_2 ：一次躍層および二次躍層の相対密度差の比、 $\epsilon_1 = (\rho_2 - \rho_1) / \rho_1$ 、 $\epsilon_2 = (\rho_3 - \rho_2) / \rho_2$ 、 t_c ：表層取水への切替時間、 $t_c^* = t_c / (L_0 \cdot H_t / q_t)$ ： t_c の無次元量、 L_0 ：貯水池長、である。その他の諸量については図-1中に示すとおりである。

Akira MURATA, Kohji NICHIOKU, Hiromu YOSHIDA and Keito SENOO

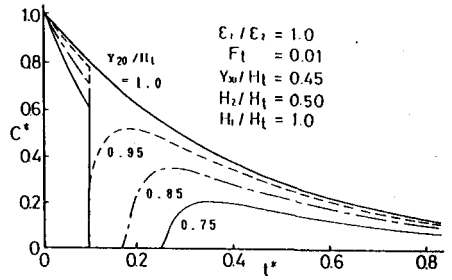
3. 放流水濁質濃度の経時変化特性；図-2(a),

(b) はともに放流水無次元濁質濃度の経時変化例を示す。図-2(a) は式(1)中のパラメータのうち初期の一次躍層高さ Y_{20}/H_t を変化させた場合、図-2(b) は取水流量 F_t を変化させた場合の結果を各々示している。なお、ともに中層取水から表層取水への切替時間 t_c^* は $t_c^* = 0.1$ に固定している。他のパラメータの値については図中に記している。 $t^* = 0.1$ の取水口切替後急に C^* は減少しその後再び濁質濃度が増加した後あるピーク値を示して単調減少する。図-2(a) より初期の一次躍層位置 Y_{20}/H_t が低いほど表層選択取水による流出濁質濃度の低減効果は高いことがわかる。また図-2(b) からは F_t が小さい（躍層の成層強度が大きく流量が小さい）ほど取水口切替直後の低減効果は大きい。

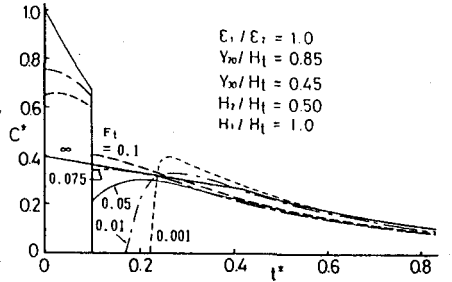
4. 取水口の最適切替時間；実際の貯水池において

ても図-2に見られるように、切替直後に C^* が一時的に低減しても再び増加し始め、ピーク濃度を示したのち減少傾向に転じている場合が多い。従って取水口の切替後にあらわれる放流濁質濃度のピーク値が許容値以上とならぬようにあらかじめ十分な中層取水を行う必要がある。一方、逆にできるだけ早期に清水を放流するためには取水口の切替を可能な限り早期に行うことが望まれる。そこで『取水口切替後にあらわれる C^* のピーク値を許容値以下に押えうる切替時間の最小値』を最適な切替時間 t_{copt} と定義し、数値計算によってこれを求める。図-3 は t_{copt} の無次元値 $t_{copt}^* = t_{copt}/(L_0 \cdot H_t / q_t)$ を無次元濁水層厚の初期値 $(Y_{20} - Y_{30})/H_t$ と放流濁質濃度の許容値 C_p の無次元量 $\lambda = C_p/C_s$ の関数として示したものである。曲線群は t_{copt}^* の等値線である。なお実際の貯水池における無次元取水流量はおおよそ $F_t = 0.005 \sim 0.01$ であり、この範囲内で F_t の値を変化させても図-3の関係はほとんど変化しない。むしろ初期の濁水層厚さと流出濁質濃度の許容値が取水口切替時間の最適値を決定づける支配的要因である。従って密度構造や流量に関する情報がなく、 F_t の正確な評価ができなくとも初期の濁水層厚が把握されてさえいれば濁水軽減のための適切な放流操作を行うことができると思われる。

図-2(a) は式(1)中のパラメータのうち初期の一次躍層高さ Y_{20}/H_t を変化させた場合、図-2(b) は取水流量 F_t を変化させた場合の結果を各々示している。



(a) 初期一次躍層高さ Y_{20}/H_t を変化させた場合



(b) 取水流量 F_t を変化させた場合

図-2. 放流水の無次元濁質濃度 C^* の経時変化

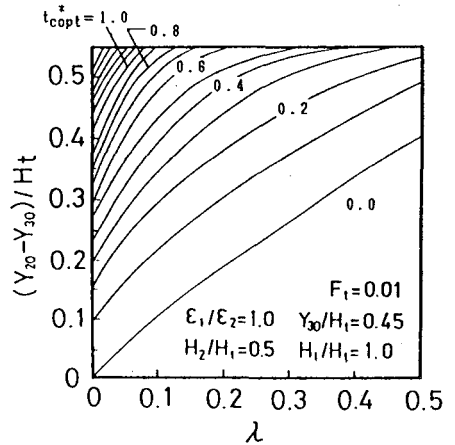


図-3. 取水口の最適切替時間におよぼす初期濁水層厚さ $(Y_{20} - Y_{30})/H_t$ と放流水濁質濃度の許容値 λ の影響

と定義し、数値計算によってこれを求める。図-3 は t_{copt} の無次元値 $t_{copt}^* = t_{copt}/(L_0 \cdot H_t / q_t)$ を無次元濁水層厚の初期値 $(Y_{20} - Y_{30})/H_t$ と放流濁質濃度の許容値 C_p の無次元量 $\lambda = C_p/C_s$ の関数として示したものである。曲線群は t_{copt}^* の等値線である。なお実際の貯水池における無次元取水流量はおおよそ $F_t = 0.005 \sim 0.01$ であり、この範囲内で F_t の値を変化させても図-3の関係はほとんど変化しない。むしろ初期の濁水層厚さと流出濁質濃度の許容値が取水口切替時間の最適値を決定づける支配的要因である。従って密度構造や流量に関する情報がなく、 F_t の正確な評価ができなくとも初期の濁水層厚が把握されてさえいれば濁水軽減のための適切な放流操作を行うことができると思われる。

参考文献 1) 室田明・道奥康治：土木学会論文集、第 357号、pp105 ~ 113, 1985.