

## ため池の水位－貯留量関係のモデル化 Modeling of stage-volume relationship of irrigation ponds

○田中丸治哉<sup>1</sup>，小澤亮介<sup>1</sup>，中尾泰規<sup>2</sup>，多田明夫<sup>1</sup>

○Haruya TANAKAMARU, Ryosuke OZAWA, Yasuki NAKAO and Akio TADA

**1. はじめに** 兵庫県では，全国に先駆けて施行された「総合治水条例」に関わる取り組みの一つとして，ため池の事前放流による洪水軽減手法が検討され，特に丹波篠山地区では，次の手法による事前放流が導入されている<sup>1)</sup>。

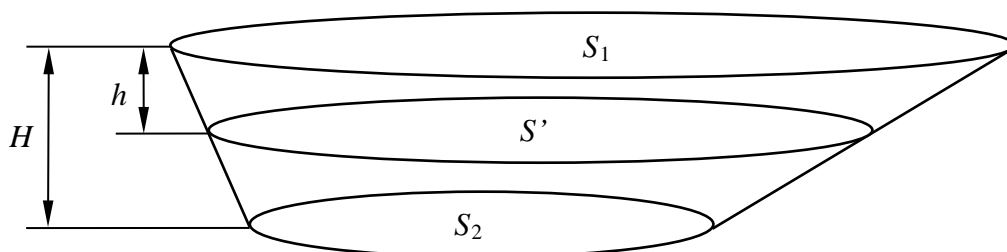
①営農上の支障がなく，減災効果が期待できる9月1日～10月31日の2ヶ月間，ため池水位を低下させる．②その際，ため池水位は，11月1日～翌年3月20日の約140日間に満水までの回復が期待できる水位まで下げる．すなわち，事前放流期におけるため池の空き容量は，約140日間の水位回復期に流入が期待される水量に合致させる．

ため池は水位で管理するのが普通であるから，手順②において事前放流期の水位を設定するためには，当該ため池の水位－貯留量関係を把握しておく必要があるが，ダム以外のため池でこの関係が得られているケースは稀である．そこで，ため池台帳に記載されている総貯水量などの基本的諸元に基づいて水位－貯留量関係を推定する方法を検討した．

**2. 問題の設定** 著者らは，丹波篠山地区のため池を対象として，タンクモデルによる長期流出解析に基づき，所定の渇水確率に対応する水位回復期の流入量を推定している<sup>2)</sup>。

ここでは，この確率流入量に見合う空き容量を確保するために，満水状態からどれだけ水位を下げるべきかを検討する．すなわち，水位回復期の確率流入量（＝事前放流期の空き容量）が与えられたときの水位低下量を求めることとする．その際，ため池の基本的諸元として，ため池の堤高，満水面積，総貯水量が利用できるものとする．

**3. 錐台によるため池のモデル化** ため池を空にして堤内の測量を実施すれば，ため池の水位－貯留量関係は正確に把握できるが，ため池の大半を占める老朽ため池では，水位－貯留量関係が得られていないのが実態である．そこで，ため池の内部形状が **Fig.1** のような錐台（円錐台ないし角錐台）で表現できるものと仮定することとした．ため池は，平地に多い皿池と山麓に多い谷池に大別できる．皿池であれば，上方から見て満水面と底面の



**Fig.1** 錐台によるため池のモデル化 ( $S_1$  : 満水面積,  $S_2$  : 底面積,  $H$  : 最大水深)  
Modeling of irrigation pond by frustum

1 神戸大学大学院農学研究科, Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

2 神戸大学農学部 (現 神戸市), Faculty of Agriculture, Kobe University

キーワード: 総合治水, ため池, 事前放流, 水位－貯留量関係, 錐台

中心位置に近い円錐台を考えればよい。一方、谷池であれば、満水面の中心位置よりも底面のそれが下流側に大きく偏った角錐台ないし円錐台が想定できることから、皿池・谷池のいずれについても、錐台による近似が可能と考えた。錐台であれば、満水面積を  $S_1$ 、底面積を  $S_2$ 、最大水深を  $H$  とすれば、総貯水量  $V$  は次式で求められる。

$$V = \frac{1}{3}H(S_1 + \sqrt{S_1 S_2} + S_2) \quad (1)$$

ここで、満水面積  $S_1$  と総貯水量  $V$  は与えられているから、最大水深  $H$  の第 1 次近似値として堤高を与えると、未知数は底面積  $S_2$  のみとなる。そこで、 $x = \sqrt{S_2}$  とおくと、(1)式は次の 2 次方程式となり、解の公式によって解くことができる。

$$x^2 + \sqrt{S_1}x + S_1 - \frac{3V}{H} = 0, \quad x = \frac{-\sqrt{S_1} + \sqrt{S_1 - 4\left(S_1 - \frac{3V}{H}\right)}}{2}, \quad \frac{V}{S_1} \leq H \leq \frac{3V}{S_1} \quad (2)$$

ただし、①  $x$  は正の実数で、かつ、②  $S_1 \geq S_2 (=x^2)$  を満たさなければならない。①と②を満たすための条件は、(2)式の第 3 式で与えられる。そこで、丹波篠山地区の 468 箇所のため池に上式を適用したところ、最大水深  $H$  を堤高で近似したとき、307 箇所は第 3 式の関係を満たしていたが、 $H < V/S_1$  のケース (20 箇所) と、 $H > 3V/S_1$  のケース (141 箇所) が見られた。そこで、前者については最大水深  $H$  を堤高の 1.5 倍、後者については最大水深を堤高の 0.5 倍と仮定し直して、再度、第 3 式を満たすか否かを確認した。この修正にもかかわらず、第 3 式を満たさないケースが 38 箇所あったが、これらについては、ため池台帳の総貯水量の信頼性が低いと考え、総貯水量を  $V = 1.5 \times \text{堤高} \times S_1$  ないし  $V = 0.5 \times \text{堤高} \times S_1 / 3$  に置き換え、全てのため池について、第 2 式より底面積  $S_2$  を求めた。

**4. 水位低下量の決定** 満水状態からの水位低下量  $h$  のときの空き容量  $V'$  は、Fig.1 の  $S_1$  と  $S'$  に挟まれた部分の体積である。 $V'$  と  $S'$  は、満水面、水位低下量  $h$  のときの水面、底面が相似であることを利用すれば、次式で求められる。

$$S' = \left[ \frac{h}{H} \left( \sqrt{\frac{S_2}{S_1}} - 1 \right) + 1 \right]^2 S_1, \quad V' = \frac{1}{3}h(S_1 + \sqrt{S_1 S'} + S') \quad (3)$$

ここで採用したため池モデルは、ため池内部の形状を粗く近似したものであること、さらに、ため池内に量水標が設置されているケースは少なく、正確な水位管理は困難であることを考えて、0.5m 刻みの水位管理を想定した。その際、水位低下量  $h$  を決定する手順は以下の通りである。①満水面から水位を 0.5m 刻みで順次下げ、その水位に対応する空き容量  $V'$  を(3)式で計算する。②空き容量  $V'$  が水位回復期の確率流入量 (確率流入量  $\geq$  総貯水量のときは総貯水量) を上回らない範囲で最大の水位低下量を採用する。

別報<sup>2)</sup>においては、丹波篠山地区のため池 468 箇所を対象として、事前放流によって確保できる空き容量 (= 雨水貯留容量) を上述の手順によって求めている。なお、0.5m 刻みで水位を管理したときの空き容量と確率流入量との差は、地区全体では高々 1 割程度であることを確認しており、0.5m 刻み程度の水位管理で実用上は十分である。

**引用文献** 1) 兵庫県丹波県民局篠山土地改良事務所、サンスイコンサルタント (株): ダム・ため池事前放流検討委託業務 篠山地区報告書, 2014, 2) 小澤亮介, 中尾泰規, 田中丸治哉, 多田明夫: ため池の事前放流による洪水軽減に関する研究, 平成 27 年度農業農村工学会大会講演会 講演要旨集, 2015