

II-90

利水用貯水池による渇水期特性に応じた合理的放流操作の研究

名古屋工業大学 ○ 学生員 鈴木正人 正員 長尾正志

1. 研究の概要

近年、全国的に渇水状態が頻発しているが、早急な貯水池建設は期待薄で既存の貯水池を効率的に運用することが最も重要な課題であろう。本研究は渇水期の特性に相応した合理的放流操作の策定を目的として、牧尾ダムのデータを用い、渇水時流況のモデル化、利水用貯水池の機能評価などの解析を行ったものである。

2. 渇水時流況の表現モデルと貯水量過程の理論

本研究では、渇水時流況の特性を良く表現しうる理論分布として、モデル分布に相関を持つ標準離散分布である正、負の二項分布を採用した。

また、母数推定法には、積率法、最尤法の両手法を数値実験的に比較検討した結果最尤法が、データの自己相関性が強い場合にも、有効性、不偏性において優れていることが示唆された¹⁾ので、最尤法を用いた。

さらに、貯水量推移を酔歩過程へモデル化することで、初期貯水量に依存せずに、ある程度の期間を経た後の各貯水量状態が生起する確率の収束値（貯水量定常分布）を求めることができる²⁾ので、これを利用する。

3. 利水用貯水池の機能評価

貯水量定常分布、および初期貯水量 u から始まって溢水せずに空になる確率を基に、貯水池の利水機能を評価する。すなわち、一般的な指標（機能評価量）として貯水量定常分布 V_i ($i = 0, 1, \dots, K-M$) (K : 貯水池容量, M : 目標放流量)、渇水確率 V_0 、放流量期待値 $E[M]$ 、貯水量期待値 $E[V]$ 、空水到達期待時間 $E_1[N]$ など²⁾がある。しかし、利水目的からみて合理的な貯水池操作計画の策定という面からは、渇水期の特性に応じたもう少し詳細な指標設定が必要である。そこで比較的流入量が多い秋期渇水期と、流入量そのものが少ない冬期渇水期に分けて、各期間に対応した合理的操作指標（策定指標）を考えた。

まず、秋期渇水期における操作方針を『秋期渇水期の終了時点、つまり冬期渇水期の開始時点、に確保したい貯水量 U_w (U at winter start) を充足し、かつ渇水期間の全体にわたり安定した取水ができることを目標とする。』とし、それにそって以下の2つの指標を設定した。

$$\textcircled{1} \quad M(1 - \sum_{i=0}^{U_w-1} V_i) \rightarrow \max \quad (1), \quad \textcircled{2} \quad E[V] \geq U_w. \quad \text{かつ} \quad M \rightarrow \max \quad (2)$$

また、冬期渇水期における操作方針を『渇水期間中は貯水池を空にしないことを原則とする。なおかつ渇水期間中にわたり安定した取水を目標とする。』とし、以下の指標を設定した。

$$\textcircled{1} \quad E_1[N] \geq T_w \quad \text{かつ} \quad M(1 - V_0) \rightarrow \max \quad T_w: \text{冬期渇水期間長} \quad (3)$$

4. 適用計算

4.1 設定条件 1969年から1986年までの18年分の牧尾ダムの日流入量を基礎資料とした。秋期渇水期を9月2日～11月30日、冬期渇水期を12月1日～2月28日と設定した。各年各渇水期の流入量系列を、単位操作期間: 1, 3, 5日、単位量: 単位期間 $\times 3 \text{ m}^3/\text{sec}$ として、離散化したうえでモデル化した。さらに渇水の大きさを流入量平均値の小ささにより判断し、各年渇水期に渇水順位をつけた。それをヘイズンプロットにより非超過確率と対応づけ、各モデルの積率と回帰することで任意の非超過確率に対応する流入量系列を設定できるようにした。つぎに機能評価量、策定指標などの計算を行った。

また、実績値より、秋期渇水期の目標としての U_w を貯水率90%に定めた。冬期渇水期においては、 U_w が90%確保できない場合も考えられるので、 U_w が50%, 10%の場合も考察対象にいたれた。

4.2 操作策定結果と考察 秋期渇水期に対し、式(1)を指標とした場合の策定案と結果を表-1に示す。機能評価量の計算結果より、こまめな操作が合理的なことが予想されるので、単位期間は1日とし、目標放流量1単位を100分割し、内挿することで目標放流量を推定した。また、式(2)を指標とした場合の策定案を表-2に示す。また、秋期渇水期において、多くの貯水量を貯留するときはこまめな操作が合理的であったので、単位期間は1日としている。策定案と結果を比較すると、式(2)による方が目標放流量を大きめに策定しているという違いはあるが、その内容においてはそれほど大きな差が無いことから、どちらの指標を用いても合理的操作が可能なるように思える。

冬期渇水期に対し、式（3）の指標により合理的操作を策定した結果を表-3に示す。流入量系列の非超過確率0.2, $U_{ws} = 10\%$ の場合を除き、どの場合も空水に至るまで90日以上を要するので、表-3の結果が策定結果そのものになる。つまり、ほとんどの場合、 U_{ws} に依存せず操作は一定になるが、 U_{ws} が多ければそれだけ余裕をもった操作ができるといえよう。

最後に、設定した合理的目標放流量と、流入量系列の平均値の関係を調べてみる。流入量系列の非超過確率0.01, 0.02, 0.05, 0.1で単位期間3, 5日の場合にも同じように放流量期待値を最大にするような目標放流量を求めて、流入量系列の平均値とプロットしたのが図-1である。両者を直線回帰すると、非常に適合がよい回帰直線が得られるが、その周辺にばらつきがみられる。その原因は、平均値以外の要素（分散や自己相関性）にあると考えられる。

目標放流量策定曲線といった観点から、変動係数を1、自己相関係数を0.1, 0.5, 0.9として仮想的な流入量分布を設定し、同じように合理的目標放流量と平均値との関係をプロットしたのが図-2である。これを見ると、平均値が等しくても相関が強いと目標放流量が大きく策定されることがわかる。自己相関が強い、つまり流況が安定しているためにそれだけ放流操作がしやすく、目標放流量を大きく設定することが合理的操作につながるのであろう。

5. まとめ

秋期、冬期各渇水期に対し、合理的放流量操作の策定を行って、設定した合理的操作策定指標により、現実に即した貯水池操作の手がかりを得ることができた。また、放流操作策定曲線により操作策定の簡略化が可能であると思われる。

6. 参考文献

1) 鈴木正人・外山康彦・長尾正志：渇水時流況の表現のための離散化確率モデルの選定，土木学会中部支部概要集，pp142-143, 1988.3

2) 長尾正志：貯水池による水量制御の信頼性評価，水理委員会水工学シリーズ，1984

表-1 秋期渇水期合理的放流操作（その1）

非超過確率	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50
単位操作期間	1	1	1	1	1	1
目標放流量	2.01	2.01	2.01	2.01	2.61	3.67

表-2 秋期渇水期合理的放流操作（その2）

非超過確率	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50
単位操作期間	1	1	1	1	1	1
目標放流量	2.15	2.15	2.16	2.17	3.01	4.09

表-3 冬期渇水期合理的目標放流量策定案とその結果

非超過確率	0.01	0.02	0.05	0.10	0.20	0.50
単位操作期間	1	1	1	1	1	1
目標放流量	0.82	0.84	0.90	1.05	1.20	1.37
放流量期待値	0.37	0.38	0.41	0.54	0.80	1.06

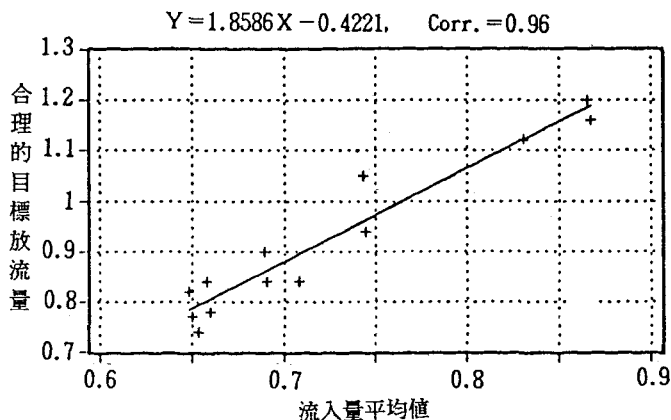


図-1 合理的目標放流量と流入量平均との回帰

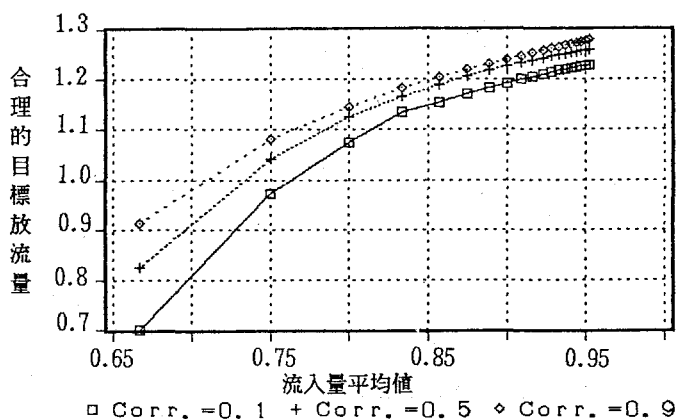


図-2 合理的目標放流量へ相関係数が与える影響