

神戸大学工学部 正 員 神田 徹

神戸大学大学院 学生員 ○ 二宮節夫

1. まえがき

水資源計画のための貯水池操作問題に関してはいくつかの方法が提案，検討されつつある。それらの中の最も有力な方法論は，貯水池系を不確定な情報である流入量を入力に持つシステムとみなして，最適化の手法を応用する方法である¹⁾。この場合，計算機性能を含めた広義の計算技法の限界から，システムのモデル化，目的関数の単純化，流入量の一種の平均化的取り扱い，等を容認せざるを得ない。したがって，このような手法で決定される操作ルールが，貯水池の計画段階ではなく，現実の貯水池管理を実施していくいかなる場合にも適切なルールであるかどうかには問題が残されている。

本研究は，以上の観点から，貯水池の現実的な管理方式を原点に立ち戻って考察することとし，ここでは渇水時の貯水池操作を対象として，流入量の単純な統計的予測を導入した 2，3 の操作ルールと利水の多目的性や渇水強度との関係をシミュレーションによって検討せんとするものである。²⁾

2. 渇水時の操作目標と評価指標

渇水時の放流操作は，貯水池の流況調整機能の面と需要者側の利水目的の面から次のような基本的目標のもとに行なわれると考えてよいだろう。(1) 操作期間中，貯水池を空にしない。すなわち貯水池の流況調整機能を失なわない。(2) 強度の水不足をなくして，節水の程度を平滑化する。(3) 放流量の総量（あるいは平均値）を最大にする。以上の目標が達成されたかどうかを示す指標として次の量を採用する。ⅰ) 無調節期間 m ；貯水池が空になって流入量をそのまま放流する期間（ここでは半旬数）。すなわち貯水池の流況調整機能面の評価に関する量。ⅱ) 節水被害 P ； $\sum_{t=1}^N \{d_t \times (R_c - R_t) / R_c\}$ で定義する。ここに d_t は第 t 期の不足水量， R_t は第 t 期の実放流量， R_d は各期の目標放流量（操作期間中一定）， N は最終期間。これによって放流量の平滑化（水供給の安定度）を評価する。ⅲ) 最終残留貯水量 S_N / S_0 ；操作期間最終では貯水量を使い切るのが望ましいから，これによって節水量が適切であったかどうかの評価を行なう。ⅳ) 節水後の再目標放流期間 n ；節水開始時期，節水程度が適切であったかどうかの評価をする。

3. 節水放流ルール

節水放流ルールは，現時点からある将来までの一定期間の流入量の予測を行ない，その期間の総予測流入量と現時点の貯水量で目標放流を放流可能かどうかをチェックし，放流可能，不可能に対応して目標放流あるいは節水放流する，ということを基本方針とする。この方針で貯水池操作を行なう場合は次の事項を検討しておく必要がある。すなわち，(1) 流入量の予測期間をどのくらいにするか。(2) 総流入量の予測誤差をどのように考慮すべきか。(3) 不足水量の時間的配分方法はどのようにすべきか。

まず，目標放流を行なうか，節水放流を行なうかを定める条件は次式で与えられる。

$$S_t + \left(\sum_{l=1}^T \hat{Q}_t(l) - k \sigma_0 \right) - S_{t+T} \begin{cases} \geq T \cdot R_c & \text{のとき目標放流} \\ < T \cdot R_c & \text{のとき節水放流} \end{cases}$$

ここに S_t は第 t 期末貯水量， $\hat{Q}_t(l)$ は第 t 期から l 期後，第 $(t+l)$ 期の予測流入量， σ_0 は $\sum_{l=1}^T Q_t(l)$ の標準偏差， S_{t+T} は第 $(t+T)$ 期末の基準貯水量， T は流入量の予測期間， k は予測誤差に関する係数。

また，節水放流の場合，総不足水量は次式で与えられる。

$$D_T = T \cdot R_c - \{ (S_t - S_{t+T}) + \left(\sum_{l=1}^T \hat{Q}_t(l) - k \cdot \sigma_0 \right) \}$$

したがって，第 $(t+1)$ 期の節水量 d_{t+1} ，実放流量 R_{t+1} はそれぞれ

表-1 放流ルールのパラメータの値

方式	k	β	T (半旬数)
A	0.0, 0.25, 0.5 0.75, 1.0	1	最終半旬 まで
B	0	0.2, 0.4, 0.6 0.8, 1.0	最終半旬 まで
C	0	1	3, 6, 9 12, 15, 18

$$d_{t+1} = D_T / (\beta \cdot T), \quad R_{t+1} = R_t - d_{t+1}$$

ここに β は不足水量の時間的配分に関する係数である。

パラメータ k, β, T の値をそれぞれ表-1のようにに変化させた場合の放流ルールについて以下の検討を行なった。

4 数値シミュレーション

(1) 計算方法 貯水池の操作期間は6ヶ月、操作の時間単位は半月とする。

(a) 貯水池流入量 貯水池流入量モデルは1次のマルコフ過程とする。予測流入量は平均二乗誤差予測を用いれば、次式で与えられる。

$$Q_t = \mu + \rho(Q_{t-1} - \mu) + (1 - \rho^2)^{1/2} \cdot \sigma \varepsilon$$

$$\hat{Q}_t(l) = \mu + \rho^l(Q_t - \mu)$$

ここに $\hat{Q}_t(l)$ は予測流入量, μ は平均流入量, ρ は自己相関係数, σ は流入量標準偏差, ε は独立な正規標準化変量 ($N(0,1)$)。なお $\mu, \sigma = 1, 5$ (m^3/sec) とする。

(b) 貯水池容量 上式を用いて50年間の流入量データを模擬発生させ、この流入量データ中、渇水第10位の流況で、全期間(6ヶ月)を通じて目標放流可能となるように貯水池容量(初期貯水量)を決定した。

(c) 貯水池操作のシミュレーション 渇水流況第1~15位について表-1に示した3方式によって貯水池操作のシミュレーションを行なった。

(2) 計算結果及び考察

(a) 無調節半月数; 渇水強度が強いほど、パラメータ k, β, T による変化が大きく、渇水8位以降は k, β, T の値に関係なく0である。強度の強いとき、 k が大きいほど、 β が小さいほど、さらに T を短くするほど半月数は少なくなる(図-1, 2)。(b) 節水被害; 渇水強度が強い場合には、 β を小さく、 T を短くするほど、節水被害は小さくなる(図-3, 4)。(c) 節水後の再目標放流半月数; 渇水強度が弱い場合、 k が小さく、 T を長くするほど半月数は減少する。また β の影響は少ない(図-5, 6)。(d) 最終残留貯水量; 渇水強度が弱い場合、 k が大きく、 β が小さく、 T が短いほど残留量は増加する(図-7, 8)。

以上のように、上記の標価指標(a)(b)と(c)(d)とはトレードオフの関係にある。結果の詳細は講演時に述べる。

参考文献 1) 室田・神田; 利用水単一貯水池の最適操作計画に関する方法論, 土木学会論文報告集, No. 246, 1976

2) 神田・二宮・三田; 渇水時の貯水池管理における流入量の統計的予測の導入について, 関西支部年講, 1977

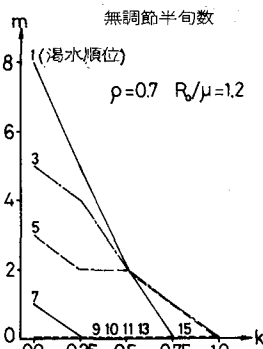


図-1 $m \sim k$ の関係

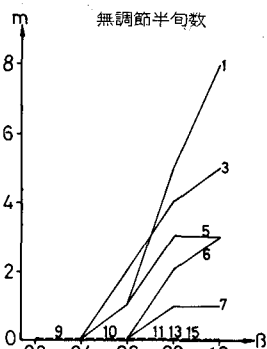


図-2 $m \sim \beta$ の関係

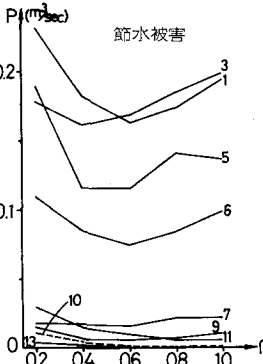


図-3 $P \sim \beta$ の関係

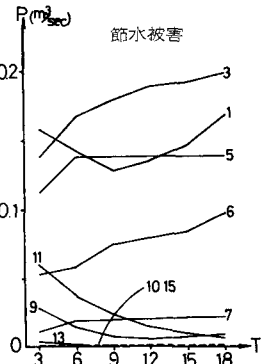


図-4 $P \sim T$ の関係

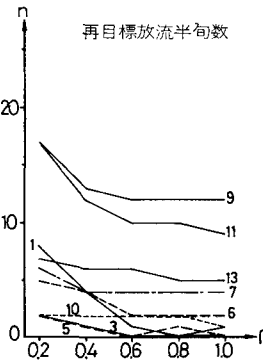


図-5 $n \sim \beta$ の関係

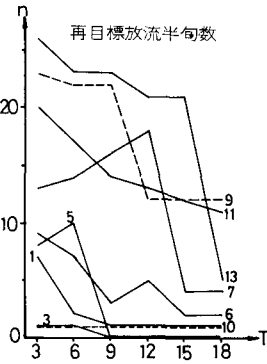


図-6 $n \sim T$ の関係

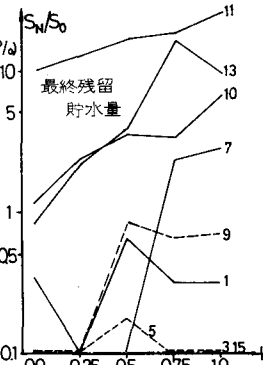


図-7 S_N/S_0 と k の関係

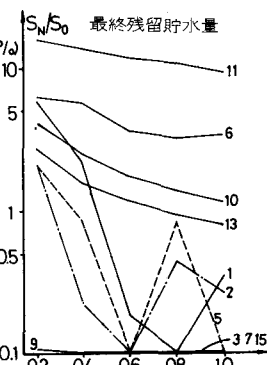


図-8 S_N/S_0 と β の関係