

神戸大学大学院 学生員 畑 恵介
 神戸大学工学部 正 員 神田 徹
 首都高速道路公団 正 員 二宮節夫

1. まえがき

利水用貯水池の放流操作問題に関しては従来多くの研究が行なわれている。一般的には、貯水量と流入量特性に対する最適放流量が数学的プログラミングの手法によって決定されるが、対象を渇水流況に限定すれば、貯水池操作の適否を支配するのは将来流入量の不確定性であり、これに 대응する数学的手法が未だ確立されていない。そこで本研究では、複雑な最適化手法の使用せず、実用的な単純な貯水池操作基準を設定し、そこに含まれる操作パラメータを流入量予測の不確実さに対応すべく最適化することを考えた。

2. 渇水時の操作目標と評価指標¹⁾

渇水時の放流操作は、貯水池の流況調整機能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。(2)強度の水不足をなくして、節水の程度を平滑化する。(3)放流量の総量を最大にする。これらの目標の達成度を総合的に判断する評価指標として節水被害を次のように定義する。

$$P = \sum_{t=1}^N \{(R_t - R_c)^2 / R_c\} \quad \text{----- (1)} \quad \text{ここに、} R_t \text{は第} t \text{期の実放流量、} R_c \text{は目標放流量、} N \text{は最終期間。}$$

3. 節水放流ルール

現時点からある将来までの一定期間の流入量予測を行ない、その期間の総予測流入量と現時点での貯水量とで目標放流量を放流可能かどうかをチェックし、放流可能、不可能に対応してそれぞれ目標放流、節水放流とすることを基本方針とする。まず、目標放流か節水放流かを決定する条件を次式で与える。

$$S_t + \sum_{\ell=1}^T \hat{Q}_t(\ell) - S'_{t+T} \begin{cases} \geq T R_c \text{ のとき 目標放流} \\ < T R_c \text{ のとき 節水放流} \end{cases} \quad \text{---- (2)}$$

ここに、 S_t は第 t 期末貯水量、 $\hat{Q}_t(\ell)$ は第 t 期から ℓ 期後の予測流入量、 S'_{t+T} は第 $(t+T)$ 期末の操作目標貯水量(後述)、 T は期間、 R_c は目標放流量である。放流量は次のように与える。

$$\left. \begin{aligned} \text{目標放流: } R_{t+1} &= R_c \\ \text{節水放流: } R_{t+1} &= \{S_t - S'_{t+T} + \sum_{\ell=1}^T \hat{Q}_t(\ell)\} / T \end{aligned} \right\} \quad \text{----- (3)}$$

上式の放流ルールはFig. 1で表わされる。すなわち、任

意時刻 t における貯水量を S_t とすると、 T 期間後の貯水量が操作目標貯水量 S'_{t+T} となるように放流量(あるいは節水量)を決定する。したがって、この放流ルールを規定するのは操作目標貯水量の大きさ S' と期間 T である。 S' については時間とともに直線的減少を仮定し(これを操作目標貯水量直線とよぶ)、この直線の勾配を $C = S'_{t+1} / \sum_{\ell=1}^T R_c$ で定義する。第 t 期における S_t を越える貯水量 $\tilde{S}_t$ を余裕貯水量と呼ぶことにする。

4. 貯水量変動および放流量の特性²⁾

現貯水量が操作目標貯水量直線より上にある場合には、期間 T の長短が貯水量変化、放流量変化に与える影響は小さく、貯水量は操作目標貯水量直線を目指して変化する。また、現貯水量が操作目標貯水量直線より下にある場合には、貯水量は期間 T が短いほど操作目標貯水量直線に追従して変化し、長くなるほどそれから遠ざかる(Fig. 2参照)。この結果、短い期間 T によって操作を行ない、貯水量が操作目標貯水量直線に達すれば、以後の概略の放流量は次式で表わされる。ここに、 Q_t は流入量である。

$$R_t \approx Q_t + C \cdot R_c \quad \text{----- (4)}$$

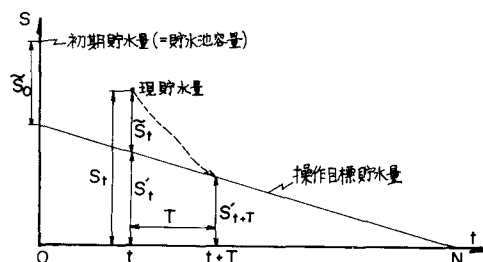


Fig. 1 貯水池操作方式

また、期間Tが長い場合には、貯水量がほとんど空になるときの時刻 $t = t_x = (N - T) \sim (N - T - 6)$ 半旬の前後で次式のような放流が行なわれることになる。

$$\left. \begin{aligned} t < t_x \text{ のとき } R_t &= Q_t + C R_c \ (C > C) \\ t > t_x \text{ のとき } R_t &= Q_t + C' R_c \ (C' < C) \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

操作目標貯水量を大きく(Cが大)して操作を行なうと、操作期間初期における余裕貯水量 $\bar{S}$ が小さいから、節水開始時刻が早くなる。また、節水量は操作期間初期で多く、後期で少ない。一方、操作目標貯水量を小さく(Cが小)して操作を行なうと、節水開始時期は遅れ、また操作期間途中で貯水池は空になり、流入量だけを放流する状態が生ずる。

5. 節水被害

Fig. 3は、操作目標貯水量Cと期間Tによって、評価指標である節水被害がどのように変化するかを示したものである。流入量自己相関係数 $\rho = 0.0$ の場合について述べる。

期間Tが短い場合には前述の通り、操作目標貯水量を大きく選べば操作期間全般にわたって $R_t = Q_t + C R_c$ の放流量を得ることができる。したがって、比較的安定した水供給となるため節水被害は小さくなる。また、操作目標貯水量が小さい場合には、操作期間初期には目標放流を行ない、操作期間後期に $R_t = Q_t + C R_c$ の放流量になるが、Cが小さいので R_t はそれほど大きくなりません。このとき、操作期間後期における節水被害が大きくなる。期間Tが長い場合には、操作期間前期には大きな放流量を得ることができるが、操作期間後期には $R_t = Q_t$ となって、節水被害が大きくなる。

6. 湯水流況の持続性に対応する操作方式

自己相関係数が大きい場合には、期間Tを短くし、操作目標貯水量を大きくした上述の操作が最適であるとは限らない。なぜならば、流量の持続性のために厳しい湯水流況が生じ、それに追従する節水放流を行なうことになるためである。このため、操作目標貯水量を若干低くするか、もしくは期間Tを長くする必要がある。これによって、放流量は平滑化され節水被害は減少する。

7. 結語

節水放流方式の特性を分析して節水被害との関係を明らかにし、また流入量の持続性に対応した最適操作について検討した。今後、流入量特性に対応するより的確な貯水池操作方式について研究を行ないたい。

<参考文献>

- 1) 神田，二宮；流入量予測を導入した湯水時の貯水池管理について，第32回年次学術講演会概要集，1977。
- 2) 神田，二宮，畑；湯水時の貯水池操作方式の特性，関西支部年次学術講演会概要集，1978。

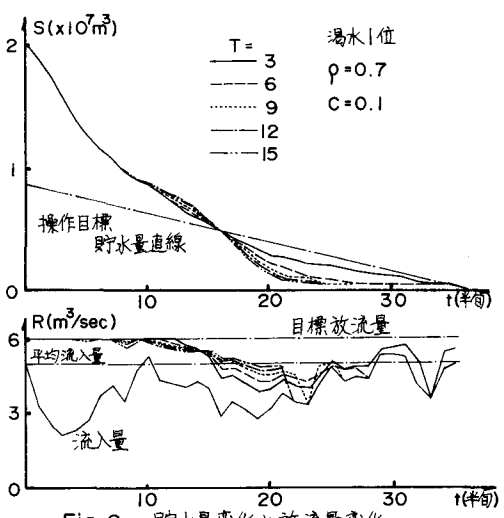


Fig. 2 貯水量変化と放流量変化

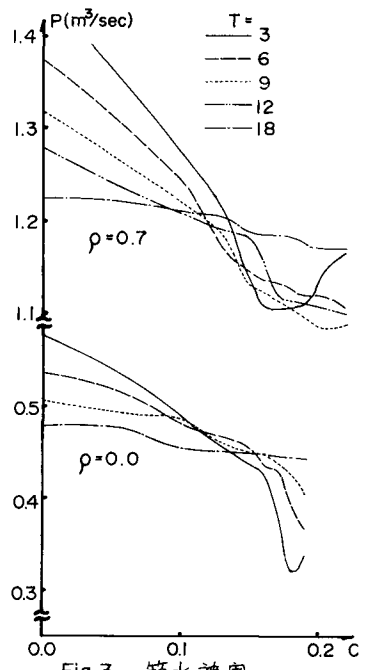


Fig. 3 節水被害