

神戸大学工学部 正員 神田 徹
神戸市 正員 ○畑 恵介

1. まえがき

利水用貯水池の操作において、将来流況の予測精度がその最適化の鍵をにぎることは言うまでもない。このため、既往の統計資料に基づいて定められた操作方式は、個々の流況の調整に関してはしばしば無力となる場合がある。流入量の不確定性に対処するには、貯水池操作方式は種々の渇水流況に柔軟に対応しうるもので、しかも時々刻々入手できる流量情報をその方式に導入すよことが望ましい。本研究では以上の観点から渇水時の貯水池操作方式を提案する。まず、操作方式に含まれる制御変数と渇水流況パターンとの対応関係を型紙渇水流況を導入して明確にする。つぎに、この型紙渇水流況を用いた実時間操作方式を示し、渇水時における本操作方式の有効性をしらべる。

2. 貯水池操作方式¹⁾

提案した貯水池操作方式(節水放流方式とよぶ)は渇水時の放流量(目標放流量以下)を平滑化することを目的としたもので概略は次の通りである(図1参照)。現時点 t から将来の時点 $(t+T)$ までの流入量予測を行ない、その期間 T の総予測流入量と現時点の貯水量との和で T 期間中の目標放流量を放流可能かどうかをチェックし、放流可能、不可能に対応して時刻 $(t+1)$ にはそれぞれ目標放流、節水放流とする。その際、 T 期間後の貯水量を $S-G$ 直線の上に選ぶ。したがってこの節水放流方式は、 $S-G$ 直線の傾き C および予測期間 T の2つのパラメータによって規定される。任意の渇水流量時系列に対して、評価関数である節水被害の値を最小にするような (C, T) の組み合わせ (C^*, T^*) があり、それによる操作を最適操作とする。ここに、節水被害は次式で表わされるものとする。 $P = \sum_{t=1}^N (R_c - R_t)^2 / R_c$ 。ここに、 R_c は目標放流量、 R_t は時刻 t における放流量、 N は最終期間を示す。

3. (C^*, T^*) と渇水流況の特性との関係

流入量の時系列特性と貯水池操作との対応を調べるため、型紙渇水流況を用いる。すなわち、この流況は図2のように渇水期間が1期間だけ継続して起こり、渇水期間中、流入量は一定であり、非渇水期の流入量は目標放流量 R_c に等しいものとする。この流況を特性づける量は最大累加不足水量 V_d 、渇水継続期間 d 、渇水終了時期 t_d の3要素である。このような型紙渇水流況に対して節水放流方式を適用した結果、 (C_m, T_m) の値が適切であれば、節水放流方式は放流量の平滑化に関して有効な貯水池操作方式であることが前報により明らかになった。

次に、 (C_m^*, T_m^*) と型紙渇水流況の特性量 V_d, d, t_d との関係を調べる。 C_m^* の値は V_d, t_d にはほとんど影響されず、図3のように d のみに関係する。期間 d が短いほど C_m^* の値は大きい。 T_m^* の値は d の値にはあまり影響されず、図4のように V_d, t_d の値によって決定される。渇水終了時期 t_d が遅くなるほど T_m^* は短い。また、渇水終了時期が等しくとも、 V_d が大きいほど T_m^* が短い。

一般の流入量時系列の場合、 (C^*, T^*) はどのように決定されるべきかを

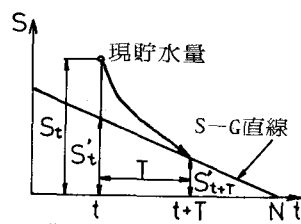


図1 節水放流方式

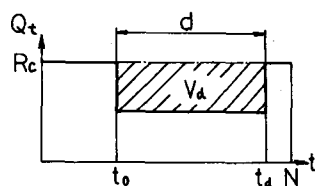


図2 型紙渇水流況

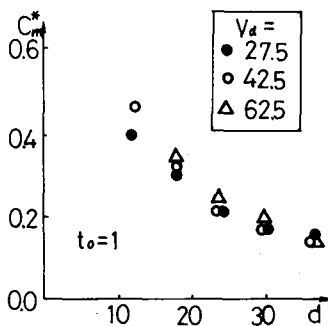


図3 C_m^* と V_d, d との関係

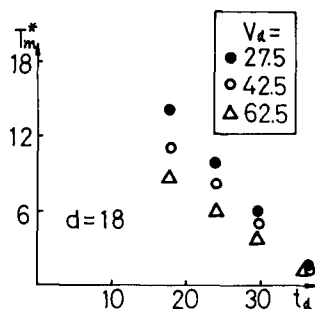


図4 T_m^* と V_d, t_d との関係

調べる。1 次のマルコフ過程に従う流入量時系列を116 種類の型紙渇水流況のいずれかにあてはめる。各時系列の (C_m^*, T_m^*) として、対応する型紙渇水流況の特性量 V_d, d, t_d から定まる (C_m^*, T_m^*) を用いて貯水池操作を行なった。その結果、流入量時系列に対する節水被害はその流況に対する厳密な最適値 (C^*, T^*) を用いて操作を行なったときのものと大差がないことがわかった。

4. 貯水池の実時間操作

貯水池の実時間操作を行なう場合には、観測により時々刻々入手できる流量情報を放流量の決定に導入すべきである。本研究では、観測した流量に基づいて各時点で型紙渇水流況を設定し、その時点の型紙渇水流況に対応する (C_m^*, T_m^*) を用いて貯水池操作を行なうものとする。その概略の手順は次の通りである。

- (1) 操作の対象とする渇水流況の確率年を定める。
- (2) 過去の流量資料に基づき、その確率年に対する V_d, d, t_d を予測する。貯水池操作の開始時にはこれらの V_d, d, t_d に対応した (C_m^*, T_m^*) を用いて貯水池操作を行なう。
- (3) 時間が経過して流入量観測値が蓄積すれば、その時系列特性から t_d の予測値を更新し、新たに予測された t_d および確率年で定まる V_d, d に対応する (C_m^*, T_m^*) を用いて貯水池操作を行なう。
- (4) (1) で定めている確率年と大きく異なる流況が生起する場合には確率年を変更して(3)にもどる。

1 次のマルコフ過程に従う流入量時系列1000組を発生し、それらに対し実時間操作を行なった結果の1 例を図5 に示す。また、渇水強度の強い第1~20 位の流況に対する節水被害を示せば図6 のようになる。ここに完全放流方式とは、貯水池に貯水量がある限り目標放流量を放流し、貯水池が空になってからは流入量だけを放流するような放流方式をいう。実時間操作による節水被害の値は厳密な最適値 (C^*, T^*) を用いた節水放流方式によるものと大差はない。しかし渇水強度の弱い流況に対しては、若干大きな節水被害が生ずる。これは貯水池操作の対象としている渇水流況の確率年を50年に設定しているため、これらの流況に対しては節水が過剰であることを意味する。また、確率年を10年に設定して操作を行なった場合には、渇水強度の強いものに対しては上記の50年確率の場合に比べて節水被害の値は大きくなるが、渇水強度の弱いものに対しては過剰節水になって節水被害が大きくなるようなことはほとんどない。

さらに、この操作方式では流入量の変動に対して放流量の時間的変化が比較的敏感であるため、現実の貯水池操作を考慮すれば、たとえば次のような方式に改変できるだろう。貯水池が満杯もしくは空になった場合を除いて数期間は放流量を変更せず、また節水量は目標放流量の10%節水、20%節水というように段階的に変更する。1 例として3 期間変更しない方式の場合には、図6 のように強度の強い渇水流況に対して上記の方式にほとんど劣らない結果を与える。

5. 結語

本研究では型紙渇水流況を用いた貯水池の実時間操作方式を提案したが、この操作方式は対象とする渇水の確率年の設定が適切であれば渇水時の流況調整に関して有効なものと考えられる。

- (参考文献) 1) 畑, 神田, 二宮; 渇水期間における流入量特性と貯水池操作方式, 年講, 昭和53年。
 2) 神田, 畑; 渇水流況と貯水池操作との対応について, 関西支部年講, 昭和55年。

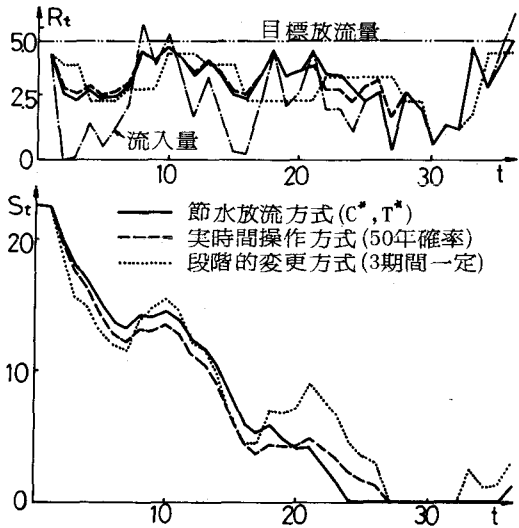


図5 貯水量および放流量の時間的变化

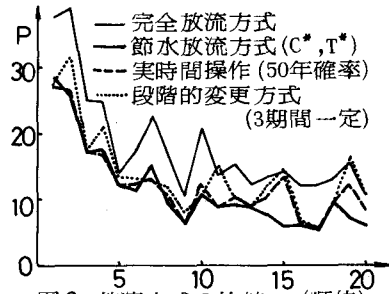


図6 放流方式の比較 (順位)