

貯水量同時分布を用いた直列貯水池系の統合操作の研究

名古屋工業大学大学院 学生員 ○小西宏和

名古屋工業大学工学部 正会員 長尾正志

岐阜工業高等専門学校 正会員 鈴木正人

1. はじめに 首都圏を始めとする流域では、相次いで渇水が頻発している。その根源的な解決策としての貯留施設の建設による水資源の新規開発は、開発適地の減少、水源地確保等の困難な問題を抱えている。こうした現状では、既存の貯水池系の効率的な運用が一段と重要になってくる。本研究では、著者らが提案する相互相関を持つ流入量を受ける貯水池系の利水機能を表現するモデル¹⁾を用いて、筑後川流域の下笠・松原ダムを対象に、貯水量を基準とした「統合操作」が直列貯水池系に与える影響を試算した。

2. 計算手法の概要 まず、貯水池系の概念を図1に示す。以降、各変数の下付き添字1, 2, 2- は、それぞれ、上流、下流、統合単一ダムの値であることを示す。

今回用いる貯水池系モデルは、貯水池諸量を離散化した後の同時点における2貯水池の貯水量の組合わせに着目し、貯水量同時分布の推移を、流域からの流入量による推移Gと、放流操作による推移Rとに分離して行列演算として表現した後、統合し数式化したものである。本モデルでは、推移Gで両貯水池への流入量の結合確率がまた、推移Rで上・下流ダムの貯水量の組合わせに応じた放流が勘案されるので、流入量の相互相関性と両貯水池の貯水量を基準とした統合操作の評価が可能になる。本研究では、初期貯水量を所与とし、1単位期間を経過することに流域からの流入量を貯留した時点での貯水量同時分布を導出し、これをもとに、下流ダムでの渇水の厳しさを表す以下の評価量の時間経過に伴う推移状況を解析する。

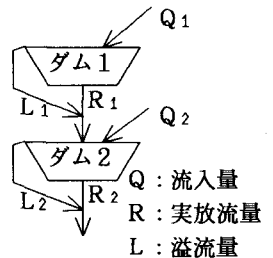


図1 貯水池系の概念

$$(\text{期待不足}\%)^2 \cdot \text{期間} = \sum_{t=1}^T [\{ (M_2 - E[R_2]) / M_2 \} \times 100]^2$$

ただし、TL: 渇水期間長, t: 時点, T: 経過期間 (T=1, ..., TL), M: 目標放流量とする。

放流操作規則には、流域からの流入量を貯留した時点での貯水量をZとして、下流ダムでは、 $M_2 = 6$ の無節水操作 [$R_2 = \min(M_2, Z_2 + R_1 + L_1)$] に固定し、一方、上流ダムでは、 $M_1 = 2$ の無節水操作 [$R_1 = \min(M_1, Z_1)$ 、操作I]、下流ダムにおける目標放流量からの不足量を補給する操作 [$R_1 = \min(\max(M_2 - Z_2 - L_1, 0), Z_1)$ 、操作II]、下流ダムを越流させず満水にする補給操作 [$R_1 = \min(\max(K_2 - Z_2 - L_1, 0), Z_1)$ 、操作III] を考える。さらに、上・下流ダム容量を合せた貯水池容量を持ち、2流域からの流入量を受ける、統合単一ダムで、 $M_{2-} = 6$ の無節水操作を行なう場合 [$R_{2-} = \min(M_{2-}, Z_{2-})$ 、操作IV] を仮想的に考え、これらの比較を行なう。

3. 流入量データと貯水池条件のモデル化 資料には、1972～1986年の11月1日～1月30日の91日間の日平均流入量($\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{day}$)を用いた。流入量分布は、単位期間7(day), 単位流量 $3.5(\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{day})$ で時間的・量的に離散化後、同時分布を作成し、最小流量 $Q_{1\min} = 1$, $Q_{2\min} = 2$ 以上の部分を異方差2変数二項分布でモデル化し、最尤法により、母数を推定した。その結果、上限 $r = 4$, 形状母数 $a_1 = 0.091$, $a_2 = 0.269$ 、相互相関係数 $\rho = 0.520$ (平均下笠ダム 1.363, 松原ダム 3.077) となった。一方、貯水池条件についても同じ単位量で離散化し、貯水池容量 $K_1 = 25$, $K_2 = 22$, 目標放流量 $M_1 = 2$, $M_2 = 6$ とした。

4. 適用計算

4. 1 計算条件: 初期貯水量として、上・下流ダムで①空水、②貯水池容量の半分(以後、半水と呼ぶ)、③満水、の各3ケースの組合わせから計9ケースを与える。なお、渇水期間長は、初期貯水量の和の最大値47を、下流ダムの目標放流量から流入量期待値を引いた値1.56で割り、切り上げて、31期とした。

4. 2 計算結果と考察： 評価量の特性の要因と考えられる、渇水期間における溢流量（期待値）の累積値、実放流量（期待値）の大小関係と評価量の違いを、表1に示す。

表1 下流溢流量累積値、下流実放流量・評価量の大小関係、評価量のパターン

初期貯水量		下流溢流量累積値				下流実放流量の大小関係 ^{注)}					評価量の大小関係 ^{注)}					評価量の パターン
上流	下流	I	II	III	IV	I	II	III	IV	該当期間	I	II	III	IV	該当期間	
満水	満水	6.6	4.6	4.6	4.6	小	大	大	大	12~28期 29~31期	大	小	小	小	16~31期	A
半水	満水	5.2	3.1	3.1	0.0	小	中	中	大	12~31期	大	中	中	小	15~31期	B
空水	満水	4.5	3.1	3.1	0.0	小	中	中	大	8~24期	大	中	中	小	11~31期	B
満水	半水	0.0	0.0	0.0	0.0	小	大	大	大	8~23期 24~31期	大	小	小	小	11~30期 31期	C
半水	半水	0.0	0.0	0.0	0.0	小	大	大	大	7~15期 16~31期	大	小	小	小	10~18期 19~31期	C
空水	半水	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	D
満水	空水	0.0	0.0	0.0	0.0	小	大	大	大	1~16期 17~31期	大	小	小	小	1~26期 27~31期	C
半水	空水	0.0	0.0	0.0	0.0	小	大	大	大	1~8期 9~31期	大	小	小	小	1~14期 15~31期	C
空水	空水	0.0	0.0	0.0	0.0	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	D

注) I, II, III, IVは、前述の放流操作規則に対応し、該当期間とは、その大小関係が成立する期間を示す。評価量が2分できる場合「大・小」、3分できる場合「大・中・小」と記す。

下流ダムで実放流量として利用可能な水量は、各時点での貯水池系内の貯水量と流入量の合計である。下流ダムでの溢流量はこの利用可能水量の減少量に相当し、溢流が発生した時点以降では、溢流がない場合より実放流量はその分少なくなる。したがって、（期待不足％）²・期間は溢流量が大きいくほど大きくなる。しかし、利用可能水量が同じでも放流特性が異なれば、（期待不足％）²・期間の特性は違ってくる。（期待不足％）²・期間は、目標放流量からの不足量が多くなるほど、すなわち、実放流量が少なくなるほど、2乗で効くため、大きくなる。今回の条件で、上流ダムの無節水操作（操作Ⅰ）に関して、渇水初期では、下流実放流量は他の操作Ⅱ～Ⅳに比べて小さいが、単位期間ごとの下流実放流量の減少が少ないため、時間が経過すると操作法間の差は減り、時には下流実放流量の大小関係が逆転する場合がある。このため、操作Ⅰの（期待不足％）²・期間は、渇水期の初めのうちは他に比べ大きい、実放流量の大小関係が逆転する場合は、逆転後の期間が短い場合を除いて、渇水期の終りには小さくなる。

操作Ⅰが他の操作に比べて貯水量を少量ずつ長期間放流することによる影響と、下流ダムでの溢流量による利用可能水量の欠如からくる影響とが重なり合い、上表に示すように、評価量の特性は、4種のパターンに分けられる。すなわち、パターンAは、両方の影響が等価に働いて、評価量特性が2分される場合、パターンBは、溢流の影響を強く受けて3分される場合、パターンCは、溢流がなく、上流の無節水操作の影響で2分され、渇水期間内に大小関係が逆転してしまう場合、最後に、パターンDは、溢流が起こらず、上流ダムが空水で無節水操作の影響が出ないため、特性が一致してしまう場合である。

以上より、通常の渇水期間長では、上流の操作規則として、操作ⅡとⅢの補給操作を選べば、（期待不足％）²・期間は、操作Ⅰの無節水操作より小さく、各初期貯水量について最小となる操作Ⅳの単一ダムに近付けることができる。ただし、渇水期間がかなり長いと、下流ダムが満水で始まるケース以外では、操作Ⅰの方が好ましい結果となる。これは、今回の2種の補給操作では、無節水操作に比べ、渇水初期から速やかに目標放流量を充足させるので末期で水不足を生ずるためと考えられる。

5. 結論 下流ダムを無節水操作とし、下流ダムで利水機能評価を行なう場合、上・下流の貯水量の組合わせの情報を用いた補給操作は、渇水期間長があまり長くなければ、上流ダムで無節水操作をする場合より（期待不足％）²・期間を小さくしうるので有用な統合操作法であることが分った。

参考文献 1)小西・長尾・鈴木：相互相関を考慮した直列貯水池系の統合操作のための貯水量推移の表現、土木学会題47回年講概要集、第2部、pp. 678-679, 1992.