II-114　初期貯水量を考慮した利水用貯水池の機能評価の研究

岐阜工業高等専門学校　正員　鈴木正人　　名古屋工業大学　正員　長尾正志

1．概要

著者らは、すでに相関離散分布流量を受ける貯水池の貯水量推移を表現するモデルの提案[1]と、このモデルを用いた利水機能の確率的評価関数の設定[2]を行い、その貯水池系への適用を進めている。本研究は、既存の貯水池である木曽川水系牧尾ダム流域の貯水池特性を計算条件として、これら一連の手法の適用を試みたものである。なお、計算は冬期渇水期を対象とし、渇水期の初期における貯水量が、利水機能に及ぼす影響を中心にして検討を行った。

2．２段階推移モデルによる貯水量推移の表現[1]

本研究で用いた２段階推移モデルは、量的、時間的に離散化された貯水量と流入量の同時生起確率の推移を流入量による推移行列Ｇと、放流量による推移行列Rを用い、次式で表現したものである。

$$\{H\}_{t+1}{}^{2}=\{H\}_{t}{}^{2}\cdot R\cdot G \qquad (1)$$

ここで、$\{H\}_{t}{}^{2}$ は貯水量分布ベクトルで、以下の要素から構成される。

$$\{H\}_{t}{}^{2}\equiv\{\cdot\cdot\cdot,\ hji_{t}{}^{2},\ \cdot\cdot\cdot\}\qquad (i=0,1,\cdot\cdot,K:j=0,1,\cdot\cdot,n)$$

$hji_{t}{}^{2}\equiv Pr[Z_{t}{}^{2}=i,\ Q_{t}=j]$　ｎ：流入量上限，Ｋ：貯水池容量，Ｚ：貯水量，Ｑ：流入量

なお、下添え字ｔは離散化された時間間隔、上添え字１，２はそれぞれ時間間隔の期首、期末の量であることを意味する。

いま、渇水期の初期（ｔ＝０）における期首の貯水量Uが与えられたとすると、初期貯水量分布 $\{H\}_{0}{}^{1}$ を作成し、推移行列Ｇおよび、［R・Ｇ］を順次乗ずることで任意時点ｔの期末の貯水量分布が次式のように求められる。

$$\{H\}_{0}{}^{2}=\{H\}_{0}{}^{1}\cdot G,\quad \{H\}_{t}{}^{2}=\{H\}_{0}{}^{2}\cdot[R\cdot G]^{t} \qquad (2)$$

なお、放流操作方法は、放流推移行列Rとして表現されることから、期末の貯水量ｉ，流入量ｊに応じた放流量がR(ij)として設定することができる。設定したR(ij)と期末の貯水量分布ベクトル $\{H\}_{t}{}^{2}$ の要素を各々乗じて足し合わせることにより、各期間の期待放流量系列が次式のように求められる。

$$E[R_{t}]=\sum_{j=0}^{n}\sum_{i=0}^{K}R(ij)\cdot hji_{t}{}^{2} \qquad (3)$$

3．　利水機能評価関数[2]

本研究では、現実に用いられている利水安全度指標を参考にし、渇水の頻度、長さ、大きさ、厳しさの４つの視点からの評価関数を用いた。まず、渇水の頻度は、渇水という事象を期間の最後（ｔ＝Ｎ）において、放流量が目標放流量Mを下回る確率と考え、次式で評価した。

$$\text{不足確率}=\sum_{j,i\in C}hji_{N}{}^{2}\qquad C:R(ij)<M\text{となる}i,j\text{の全ての組合せ},\ N:\text{渇水期間長} \qquad (4)$$

渇水の長さは、任意の初期貯水量から始まって貯水量が空になる時間の期待値である空水到達期待時間Ｅ［ｔe］を用いて、次式で評価した。

$$\text{期待補給不能期間}=N-E[te] \qquad (5)$$

渇水の大きさ、厳しさは（３）式の期待放流量系列を用い、目標放流量に対する期待放流量系列の不足率、不足率の自乗の各々を期間全部にわたって足し合わせたものにより評価した。大きさの評価関数である、期待不足％・期間、厳しさの評価関数である（期待不足％）^{2}・期間は各々次式で表される。

$$\text{期待不足\%・期間}=\sum_{t=1}^{N}\{(M-E[R_{t}])/M\}\times100 \qquad (6)$$

$$(\text{期待不足\%})^{2}\text{・期間}=\sum_{t=1}^{N}[\{(M-E[R_{t}])/M\}\times100]^{2} \qquad (7)$$

4．計算条件および操作方法

（１）　計算条件　　木曽川流域牧尾ダムを対象貯水池とし、比較的流入量が少ない１２月１日～２月２８日の９０日間を対象期間として計算を行った。単位期間：５日、単位量：３m^3／sec×５日の離散化単位で貯水池容量等を離散化した。その結果、貯水池容量Ｋ：５２単位、渇水期間長Ｎ：１８単位期間となった。初期貯水量、すなわち１２月１日時点での貯水量は、５２単位～２単位までを２きざみで２６通り設定し、その影響を考察する。なお、流入量分布には、1969年～1986年までの牧尾ダムの日流入量データをもとに、持続性の強い渇水時流況成分だ

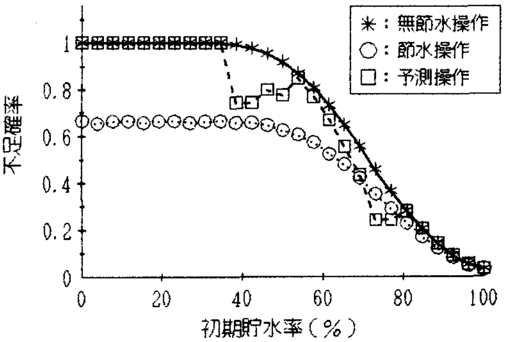
けを分離モデル化したものを用いた。具体的には、上限n＝２，形状母数a＝0.509，自己相関係数ρ＝0.783のパラメータを持つ二変数二項分布（平均1.018，分散0.500）の採用である。

（２）　操作方法　　操作方法は、以後に示す３種を用いた。① 無節水操作（貯水量が目標放流量以上であれば目標放流量を、目標放流量未満であれば貯水量全部を放流する。），② 節水操作（貯水量が目標放流量以上であれば目標放流量を、目標放流量未満であれば放流しない。ただし渇水期の最後においては、無節水操作と同様の操作を行う。），③ 線形予測操作（渇水の厳しさの面からみて有効な、流入量情報を用い、つぎの期間の流入量を線形的に予測して放流量を決定する操作。）

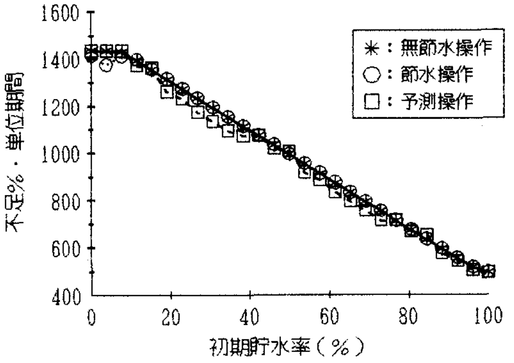
５．　適用計算例

まず、目標放流量M＝３とした場合の、初期貯水率（初期貯水量÷貯水池容量）と不足確率との関係を図－１に示す。全体的な傾向として、初期貯水率が増加すると、不足確率は減少し、初期貯水率が１００％では操作方法によらず不足確率はほぼ０になる。つまり、初期貯水量が満水であれば、渇水はほとんど生起しない事が分かる。しかし、初期貯水率が減少すると、不足確率は増大し、たとえば初期貯水率が80％で不足確率は約0.3となるので、渇水が生起するかどうかは初期貯水量に大きく依存しているといえよう。操作方法間の比較では、ほぼすべての初期貯水率について、節水操作が最も不足確率が小さく、それに引き続いて、予測操作、無節水操作の順に大きくなる。不足確率は目標放流量を満たせるかどうかを判断の基準としている。節水操作の放流量は０かMのどちらかであり、その中間の放流量は存在しないから、他の操作方法に比べて、放流量が０の確率も大きいが、反面、目標放流量を放流できる確率も大きくなる。その結果不足確率が小さくなると思われる。

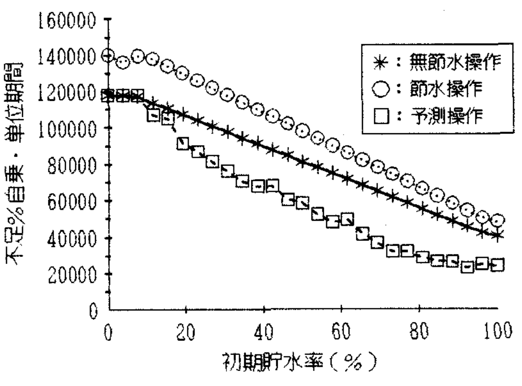
つぎに、M＝５とした場合の、初期貯水率と期待不足％・期間の関係を図－２に示す。全体的な傾向として、初期貯水率が大きくなると、ほぼ線形的に期待不足％・期間が減少しており、操作方法による差はほとんどみられない。渇水の生起を前提とした場合、期待不足％・期間は、全渇水期間で流すことができる実放流量の総量によって決定される。渇水期の最後で貯水量が空であることを許せば、全渇水期間での放流可能量の最大値は、初期貯水量に渇水期間中の流入量を加算した量であり、どの操作方法を採用してもこの値を増やすことはできないので、操作方法をかえても渇水の大きさを減少させることは、難しいと思われる。図－２と同じ計算条件における、初期貯水率と（期待不足％）^{2}・期間の関係を図－３に示すが、この場合は、操作方法による差が現れている。すなわち、全ての初期貯水率に対して、（期待不足％）^{2}・期間を最小にするのは予測操作で、以後、無節水操作、節水操作の順に大きくなる。予測操作は、放流量が目標放流量に満たないことを前提として、目標放流量より少ない量を全渇水期間においてできるだけ変動が少ないように放流するので、渇水の厳しさを抑えることができるのであろう。



図－１　各操作方法による不足確率（M＝３）



図－２　各操作方法による不足％・単位期間（M＝５）



図－３　各操作方法による不足％自乗・単位期間（M＝５）

参考文献　１）鈴木正人・長尾正志：２段階推移モデルによる相関離散分布流量を受ける貯水池理論，土木学会論文集，第411号／II－12，pp.161～168，1989.　２）鈴木正人・長尾正志：相関離散分布流量を受ける貯水池の利水機能評価の研究，土木学会論文集第417号／II-13，pp. 209～217，1990.