

(株)日本水道コンサルタント 正員 森 邦夫

正員 萩原良巳

正員 中川芳一

1. はじめに

河川における水利用の高度化に伴ない、河川流量の安定供給をまかり渇水時の水不足による被害の減少を目的とする貯水池群の低水管理はますます重要となり、このためには貯水池群の統合操作により補給効果を考慮した運用計画を策定することが必要となる。このとき、①渇水被害をあらかじめ評価関数の設定、②最適操作のためのモデル、③将来流入量の予測・設定の3問題が主要な検討課題となると考えられるが、著者らは①、②については参考文献¹⁾、②で検討したので本稿では③について検討する。

2. 因子分析による降水量の長期予測

貯水池流入量の予測・設定方法には①降雨の長期予測を用いる方法、②過去の降雨パターンまたは流量パターンを用いる方法、③確率統計的に推定する方法があげられるが、本稿では④の方法により降水量を予測する。すなわち、正準因子分析法を用いて降水量に内在する統計的特徴を分析することにより降水量の予測を行なう。正準因子分析法とは以下に示す基本構造式の因子負荷行列Aの最適解を観測データより一意的に推定する方法である。

$$x_j = A \cdot f_j + e_j \quad j=1, 2, \dots, n \quad (1)$$

x_j : 観測ベクトル, f_j : 因子評点ベクトル, e_j : 特殊因子ベクトル,

A: 因子負荷行列, j : 観測個体番号

過去60年間の3半旬移動平均降水量データに正準因子分析を適用した結果、計画上有意とみなしうる因子が全部で53個見いだされた。また、この53の因子による共有性はすべて0.94以上であり、観測ベクトルの再現性はかなり高いといえる。表-1に6~9月の共有性・独自性を示す。

ここで因子負荷行列Aにおける第j列要素は第j因子の年間の各半旬降水量に対する作用パターンを示している。正準相関係数の高い上位4因子の作用パターンを図-1に示す。これらの作用パターンから各因子の解釈を行なうことができる。

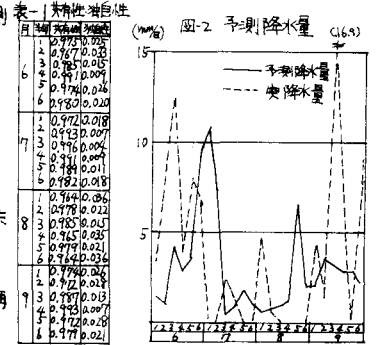
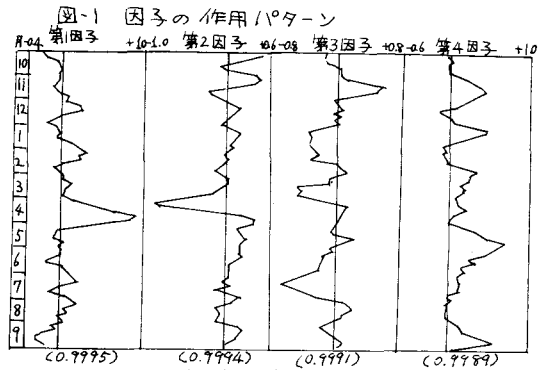
第1因子: 4月に因子負荷量が大きな値をもつことより春季因子と解釈する。

第2因子: 4月に因子負荷量は小さくなるが、5~6月に正の因子負荷量をもつことより、梅雨因子と解釈する。

第3因子: 1, 2, 3, 6, 7月に負の因子負荷量をもつことより、乾期因子と解釈する。

第4因子: 春雨, 梅雨, 台風, 秋雨期に大きな因子負荷量をもつことより、多降雨因子と解釈する。

前述したように正準因子分析法により見いだされた因子による共有性がかなり高いことより観測ベクトル x_j から因子評点を推定する際の過剰条件を用いて前年10月から5月までの実降水量データに基づき6~9月の降水量を予測した。その結果を図-2に示す。ここで因子負荷行列Aを導出する際3半旬移動平均降水量を用いたた



め、予測降水量の波形は実降水量の波形に較べてその変動がゆるやかとなったが降水の傾向は実績値と対応しているといえよう。

3. 実流域への適用

流域モデル図を図-3に示す。ここで最適操作決定のためのモデルは、いわゆる型紙DPにより定式化した²⁾。また参考文献1)と同様の方法により漏水被害をよめる評価関数を作成した。以下に作成した評価関数を示す。

$$D = 0.01368(Q_d - Q)^2 + 0.18776(S_d - S)^2 - 2.90517 \quad \text{--- (2)}$$

D: 評価関数値, Q_d : 需要量 (m^3/sec), Q : 流量 (m^3/sec), S_d : 基準貯水量 ($\times 10^6 m^3$)
 S : 貯水量 ($\times 10^6 m^3$)

2.で予測した降水量時系列を流量に変換し、これを型紙として実流入量に対応しながら貯水池群運用結果を導定した。ここで初期貯水量は $\frac{1}{2}$ とした。貯水池群運用結果を図-4、表-2に示す。図-2からわかるように型紙、すなわち予測流入量は6~7月にかけて大きいため、6月の目標放流量は大きくなる。しかし7月中旬から9月にかけて予測流入量は小さいため、7

月から9月の目標放流量は小さくほとんどの時点でゼロとなる。よこで6月は実流入量が大きいためダム1、ダム3の貯水量は6月中には満水位まで回復し、その後も目標放流量がほとんどゼロであるため貯水位を維持する。また不足水量は実流入量の小さい7月に集中する。つぎに比較のため予測が的中した(実流入量を型紙とした)場合の貯水池群運用結果を図-5、表-3に示す。図-2からわかるように6、9月の実流入量が大きいため6月と9月の目標放流量は大きくなる。また、9月中旬の流入量が大きいため、7月に目標放流を行なうが、その後貯水位は回復する。また7月に目標放流を行なうため、この月の不足水量は予測流入量を型紙とした場合より小さくなる。表-4に予測流入量を型紙とした場合、実流入量を型紙とした場合の総評価関数値およびその内わけ(不足流量2乗和、不足貯水量2乗和)を示す。表-4より予測流入量を型紙とした場合の不足貯水量2乗和は、実流入量を型紙とした場合の3倍弱であり、不足流量2乗和も実流入量を型紙とした場合の約2倍となり、予測が的中した場合の補給が有効に行なわれることが確認された。

4. おわりに

本稿では、将来の貯水池群流入量を予測・設定することにより、将来流入量を考慮した貯水池群の総合操作結果を検討した。その結果、予測流入量の精度により総評価関数値(漏水期間中の総被害の大きさ)が大きく異なり、流入量の予測精度の向上の重要性があげられた。今後の課題として、たとえば1ヶ月が経過するたびに新しい情報(降水量)を用いて、逐次、降水量時系列の予測を修正しなおし、その時点での貯水量を初期値とする貯水池群の適応的運用への発展があげられる。

[参考文献] 1) 森・荻原・中川: 新聞記事による漏水被害の分析, 土木学会第33回年次学術講演会第IV部, 1978
 2) 止本・荻原・中川: 確率DPによる貯水池群操作に関する一考察, 同上, 第II部, 1978
 3) 日野・石川: 河川流量の長期および短期予測について, 土木学会論文報告集, NO.236, 1975
 4) 中村: ダムによる長期流量制御について, 水資源に関するシンポジウム前集, 1977

図-3 流域モデル図

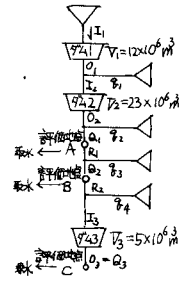


図-4 貯水池運用結果 (予測流入量型紙)



表-2 貯水池運用結果(予測流入量型紙)

	6月	7月	8月	9月
目標	10	10	10	10
流入	10	10	10	10
流出	10	10	10	10
貯水	10	10	10	10
不足	10	10	10	10
満水	10	10	10	10
水量	10	10	10	10

図-5 貯水池運用結果 (実流入量型紙)

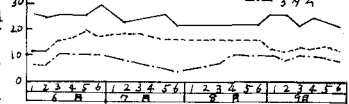


表-3 貯水池運用結果(実流入量型紙)

	6月	7月	8月	9月
目標	10	10	10	10
流入	10	10	10	10
流出	10	10	10	10
貯水	10	10	10	10
不足	10	10	10	10
満水	10	10	10	10
水量	10	10	10	10

表-4 評価関数値

	予測	実績
不足流量2乗和	34.0 (5.37)	2.89 (4.57)
不足貯水量2乗和	14.7 (13.8)	5.4 (5.07)
総評価関数値	17.2	9.64