

渇水時の貯水池管理における流入量の統計的予測の導入について

神戸大学工学部 正 員 神田 徹

神戸大学大学院 学生員 ○二宮 節夫

フジタ工業 正 員 三田 博司

まえがき

水需要の増大に伴い水資源のより効率的な活用が望まれている。本研究は渇水時の貯水池管理問題を取り扱い、流入量の統計的予測を導入した放流方式(節水方式)が利水上いかに有効であるかについて考察する。従来、必要貯水池容量と放流ルールは計画の時点で基準渇水を対象に決定しているが、そのために、異常渇水が生じた場合には、その放流方法は貯水池管理者の経験と勘に頼らざるを得ない部分が存在する。本研究では各時点で流入量を統計的に予測して放流量(節水量)を決定する放流方式を採用し、一方、利水上の観点から流況調整の評価指標を設定して、各放流方式の有効性について検討を行なった。

1. 流入量モデル

貯水池操作の期間は渇水期を対象とするので0.5水年、操作の時間単位は半旬と設定する。貯水池流入量モデルは1次のマルコフ過程を仮定し、次式で表わされるものとする。

$$q_i = \mu + \rho(q_{i-1} - \mu) + (1 - \rho^2)^{1/2} \sigma \varepsilon \quad (1)$$

ここに、 q_i は第*i*半旬流入量、 μ は平均流入量、 ρ はlag-1の自己相関係数、 σ は流入量標準偏差、 ε は独立な正規規準度量($N(0, 1)$)

また予測は平均二乗誤差予測を用いれば、その予測式は次式で与えられる。

$$\hat{q}_i(l) = \rho^l (q_i - \mu) + \mu \quad (2)$$

ここに、 $\hat{q}_i(l)$ は第*i*半旬から*l*半旬後の第(*i+l*)半旬予測流入量。ここに σ は1.0、 μ は5.0(m³/sec)とする。

2. 節水方式と評価指標

節水方式については、予測式(2)を用いて現時点からある将来までの一定期間で流入量の予測を行ない、その期間の総予測流入量と現時点の貯水量で目標放流量を放流可能であるかのチェックをし、目標放流が可能な場合は目標放流をし、不可能な場合には節水する、という方針を基本とする。その場合、(i)流入量の予測期間、(ii)予測誤差を考慮した総流入量の見積り、(iii)総不足水量の配分方法、の3点について表-1に示す6方式を比較検討

放流方式	流入量の予測期間	総流入量の見積り	総不足水量の配分方法
1	現在から 最終半旬まで	期間内の 総計算量	総不足水量を予測期間で 等分配した量を節水する
2	同上	同上	総不足水量を一定半旬で 等分配した量を節水する
3	同上	同上	総不足水量に係数を乗 じた量を予測期間で等 分配した量を節水する
4	現在から 一定数の半旬まで	同上	総不足水量を予測期間で 等分配した量を節水する
5	現在から 最終半旬まで	期間内の総計算量 に係数を乗じた量	同上
6	同上	期間内の総計算量より 部分知の標準偏差を利用 した量に乘じた量	同上

表-1 各節水放流方式の相異

した。評価方法については、貯水池機能の面からと、需要者側の利水目的の面から次の4つの評価指標を用いる。

- (1)無調節半旬数；貯水量がゼロになって流入量をそのまま放流する半旬数。すなわち貯水池の流況調整機能面の評価を目的とする。
- (2)湯水被害；湯水被害＝Σ水不足量×節水率（ここに節水率＝（目標放流量－実放流量）／目標放流量，水不足量＝目標放流量－実放流量）で定義し，放流量の平滑化あるいは水供給の安定度の評価を行なう。
- (3)節水後の再目標放流半旬数；節水開始時期，節水程度が適切であったかどうかの評価をする
- (4)最終残留貯水量；操作期間最終では貯水量を使い切ることが望ましいから，これによって節水程度が適切であったかどうかの評価を行なう。

3. 計算ケース及び計算方法

$$P = -0.5, 0.0, 0.5, 0.7, 0.9$$

$$B = 1.0, 1.1, 1.2, 1.3$$

ここにB；放流係数＝（目標放流量）／（平均流入量）。なお目標放流量は操作期間中一定とする。

以上のケースにつき，流入量時系列モデル(1)式を用いて50年間の流入量データを模擬発生させ，この流入量データに基づき50年中第10位の湯水流況を基準として貯水池容量を決定した（表-2）。さらに，このデータ中厳しい湯水流況1～5位について，完全放流方式（可能な限り目標放流を続け，貯水池が空になれば流入量をそのまま放流する）と上記の節水放流方式について貯水池操作のシミュレーションを行なった。

$\rho \backslash B$	1.0	1.1	1.2	1.3
-0.5	2,682,865.0	9,323,443.0	16,903,870.0	24,113,280.0
0.0	3,817,485.0	10,491,240.0	17,720,030.0	25,495,980.0
0.5	5,791,176.0	11,574,080.0	19,262,340.0	26,761,130.0
0.7	7,367,227.0	13,564,190.0	20,393,710.0	28,041,730.0
0.9	9,209,808.0	16,985,760.0	24,761,730.0	32,537,620.0

表-2 各ケースの貯水池容量 (m³)

4. 計算結果

- (1)無調節半旬数について
各相関係数につき放流係数Bと無調節半旬数との関係を代表的な節水方式について図-1に示す。それによると，全般的に節水放流方式では完全放流方式に比べ半旬数は大幅に減少し，改善されている。またBが大きくなる程，節水放流方式が有効であることがわかる。Pについては，その値が大きくなる程，節水方式による無調節半旬数の相異が大きくなる。しかしPが小さくかつB＝1.0の時には若干悪くなっている場合もある。
- (2)湯水被害について

図-2に示すようにP，Bがともに小さい場合には完全放流方式との差がなく改善されていない。ま

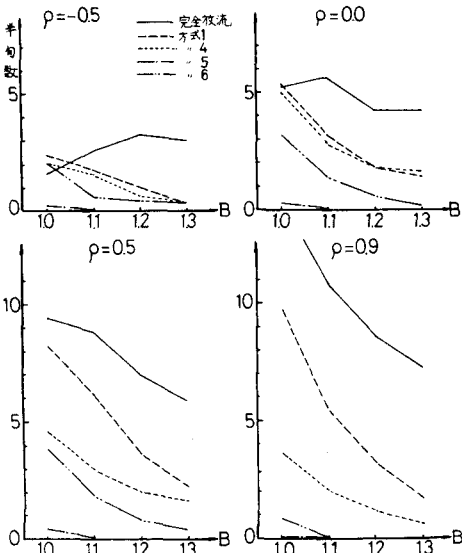


図-1 無調節半旬数と放流係数の関係

た ρ が小さい程，節水方式による差がない（方式5を除いて）。しかし ρ が大きい場合には，どの節水方式についても完全放流に比べ改善されている。

(3) 節水後の再目標放流半旬数について

図-3に示すように， ρ が大きくなる程半旬数は減少しており， B の影響が小さい。 ρ が小さい場合は方式による違いが大きく，全般的に方式1が良好である。

(4) 最終残留貯水量

図-4に示すように，完全放流方式はどのケースについても残留量はほぼゼロである。節水方式による改善は見られない。

5. 総合評価

総合評価は，4指標をポイント制にして各節水放流方式の各ケースの湯水流況1位～5位の合計点を求め，その4指標の単純加算とした。

無調節半旬数；

(節水放流方式 / 完全放流方式) $\leq 1/3$	+2
$1/3 < (\quad " \quad) \leq 1/2$	+1
$(\quad " \quad) > 1/2$	0

湯水被害；

(節水放流方式 / 完全放流方式) ≤ 0.8	+1
$0.8 < (\quad " \quad) \leq 1.2$	0
$(\quad " \quad) > 1.2$	-1

節水後の再目標放流半旬数；

操作期間中 6半旬以下	0
" 7半旬～12半旬	-1
" 13半旬以上	-2

最終残留貯水量；

(最終残留貯水量 / 貯水池容量) $\leq 1/2$	0
$1/2 < (\quad " \quad) \leq 1/18$	-1
$(\quad " \quad) > 1/18$	-2

節水放流方式の代表的ケースについて，以上の総合評価の結果を図-5，6に示す。図-5は各指標別の評価で，図-6は総合評価結果である。図-5によれば，評価指標は大きく2つに分かれ，トレードオフの関係になっている。したがってすべての評価指標について図-3

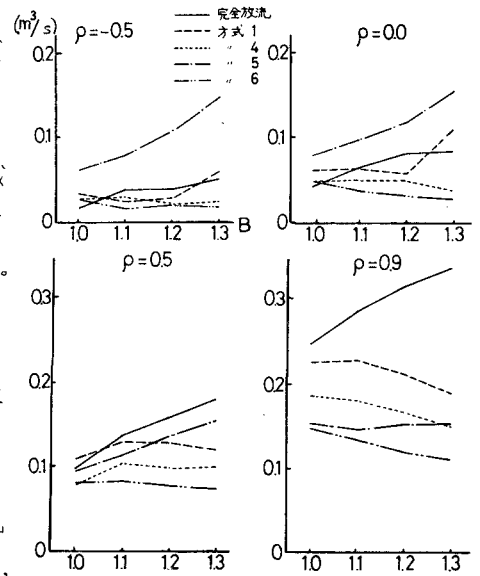


図-2 湯水被害と放流係数の関係

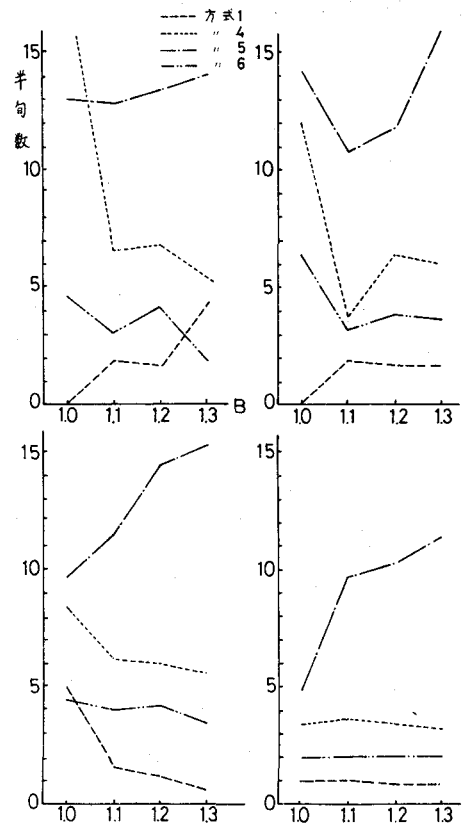


図-3 節水開始後の再目標放流半旬数と放流係数の関係

図-6によれば、 ρ が大きい場合を除いて、 $B=1.0$ の場合はどの節水放流方式も完全放流方式よりも悪くなっている。しかし、 B が大きくなればどの方式も評点が良くなるのがわかる。ここでは方式6が最もすぐれており、方式5は全体的に悪い。

以上の結果より、次の点が明らかになった。

- (1) 渇水時においては、節水放流方式は完全放流方式よりも全般的にその有効性が認められる。
- (2) 予測流入量の見積りの方法が流況調整に影響を及ぼさない。
- (3) 不足量の配分方法はほとんど流況調整に影響を及ぼさない。
- (4) 予測期間については ρ が大きい場合には短かくした方がよいが、流入量見積りの影響に比べるとその影響は小さい。

あとがき

本研究において、渇水時における節水方式の有効性が認められ、その方式による流況調整の定性的な把握がなされた。今後は流入量予測と流況調整との関係、流況調整に関する評価方法についてのより定量的な検討を加えていきたい。

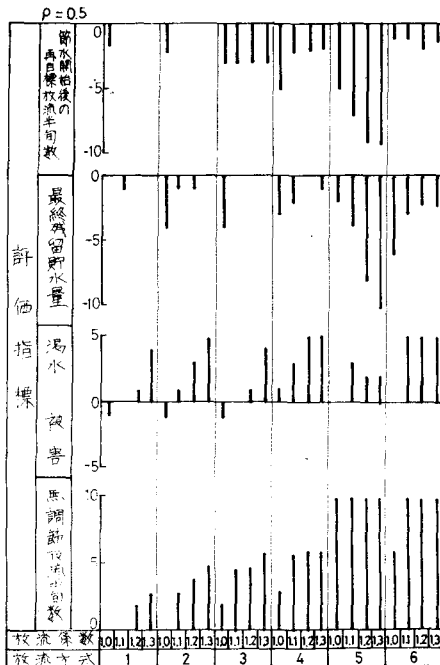


図-5 各指標別の評価

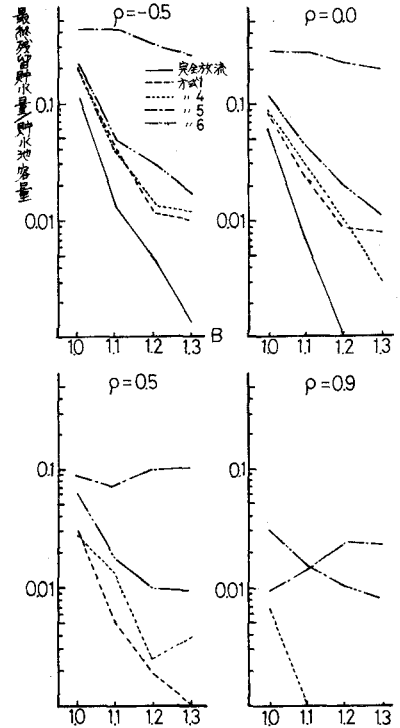


図-4 最終残留貯水量と放流係数との関係

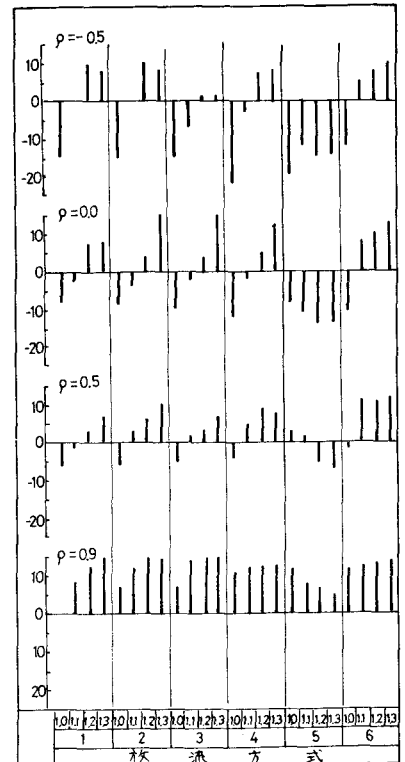


図-6 総合評価