

貯水池による利水開発量の一算定法(続)

大阪大学工学部 正員 室田 明
同 正員 ○神田 徹

1. まえがき

筆者らは前回の報告⁽¹⁾において、河川流量の生起を stochastic な過程と見なし、一方、貯水池下流の需要水に関する評価基準として充足度指数を設定し、貯水池操作ルール⁽²⁾の決定法に関する考察結果を示した。この貯水池操作ルールは計画の実施以前の段階で定まるものであるが、計画が実施され貯水池操作が行なわれている各時点においては、その時点以前の流況あるいは予報等の情報に基づき、近い将来の流量を高い精度で予測することが可能であれば、あらかじめその時点での最適操作ルール⁽³⁾を決定することができよう。

本文では、前回報告した貯水池操作ルール決定法による計算例⁽⁴⁾、計画実施期間内での操作ルール決定法およびその計算例を示し、シミュレーションによる検討結果とあわせて報告する。

2. 貯水池操作ルール⁽⁵⁾の計算例

九頭龍川から淀川への流域変更による淀川下流の新規利水開発量の算定に関して、Fig-1の系を考える。

Fig-1において

Q_i : 期間 i (i 月) の貯水池地奥(九頭龍川)の流量

Q'_i : " びわ湖放流量

A_i : " 流域変更水量

B_i : " 九頭龍川下流水利権水量

C_i : " 貯水池放流量($=A_i+B_i$)

D_i : " 新規開発水量($Q'_i=0$ のとき $D_i=A_i$)

Z_i : " はじめの貯水量

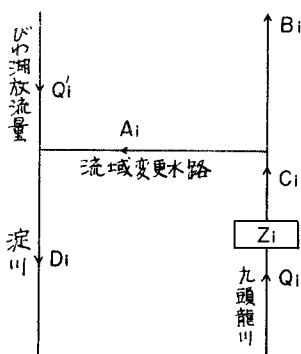


Fig-1

利水計画期間を5月から翌年の2月までとすれば、上記の諸量は次表の通りである。

月	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2
$\bar{Q}$ ($\frac{m^3}{s} \cdot \text{day}$)	73.6	64.2	81.0	45.0	59.6	63.6	74.2	110.4	105.2	98.9
B ($\frac{m^3}{s} \cdot \text{day}$)	4.7	56.3	108.0	108.0	56.3	4.7	4.7	4.7	4.7	4.7
D ($\frac{m^3}{s} \cdot \text{day}$)	46.61 (全期間一定)									
F	0.85	0.85	0.90	0.90	0.75	0.85	0.65	0.80	1.00	1.00
Z_0 ($\frac{m^3}{s} \cdot \text{day}$)	394 (全期間一定)									

Table-1

こゝに $\bar{Q}$: 平均月流量

F : びわ湖の無効放流確率(無効放流の場合は D_i に補給可能とする)

Z_0 : 有効貯水池容量(全期間一定)

貯水池下流水利権水量, B_i および淀川下流開排水量, D_i に関する評価関数を前報⁽¹⁾(14)~(18)式のごとく設定し、ダイナミック・プログラミングにより最適貯水池放流量, C^* および充足度指数, f_i を計算した結果を Fig. 2~5 に示す。計算条件は次の通りである。

(1) $D = 46 (\frac{m^3}{s} \text{ day})$ (年間一定)

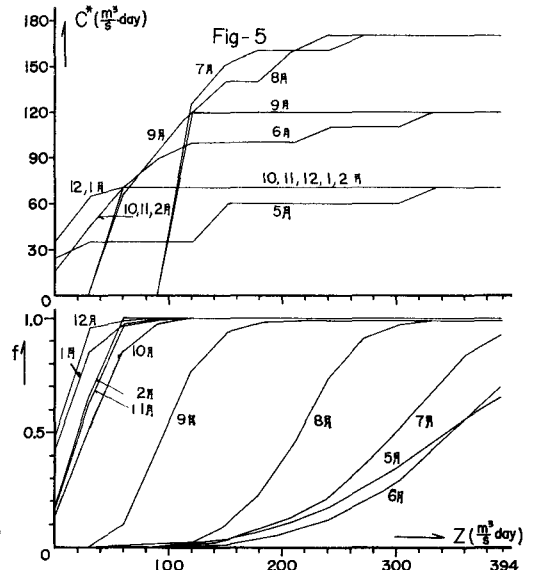
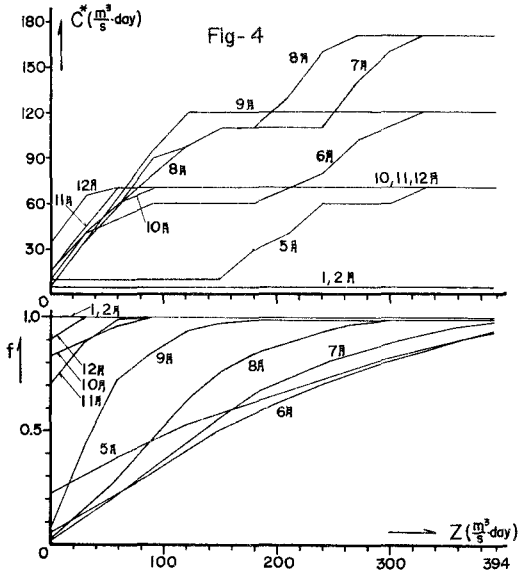
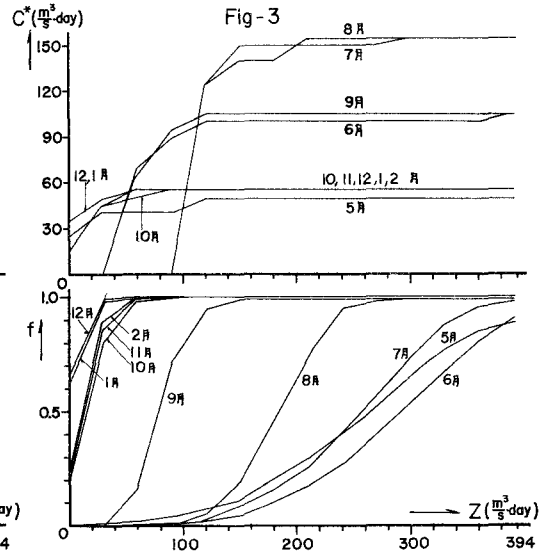
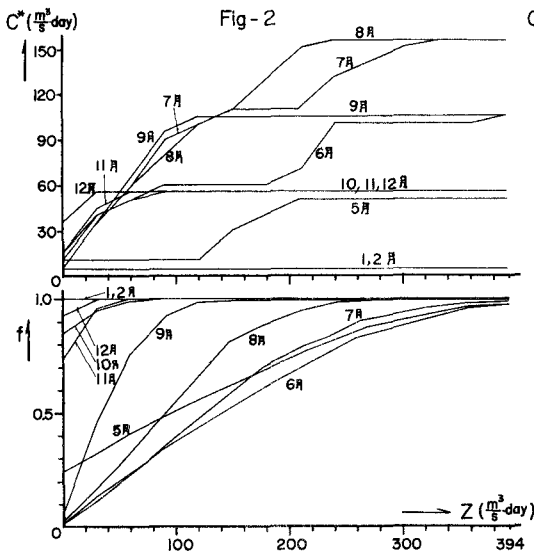
(a) びわ湖の補給水(無効放流)を期待する場合 $m=1, n=1$ (Fig.-2)

(b) " 期待しない場合 $m=1, F=0$ (Fig.-3)

(2) $D = 61 (\frac{m^3}{s} \text{ day})$ (年間一定)

(a) びわ湖の補給水(無効放流)を期待する場合 $m=1, n=1$ (Fig.-4)

(b) " 期待しない場合 $m=1, F=0$ (Fig.-5)



3. 予測流量を用いた操作ルール決定法と計算例

前節では、最適放流量、 C_i はその月のはじめの貯水量、 Z_i のみの関数として決定されている。すなわち、各月の流量の生起を独立、偶発的 (pure-random) であると仮定し、流況の時系列特性とくに自己相関性を無視して計算を行なった。

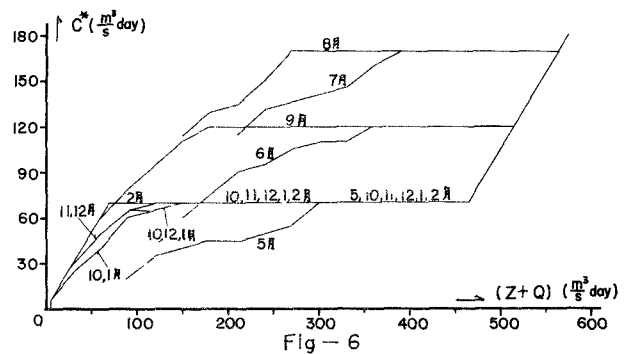
いま、月のはじめにおいて、その月の貯水池流入量の予測が可能であり、翌月以降の流量の生起はランダムであると仮定すれば、不確定要素は翌月以降の流況のみとなり、最適放流ルールの基本式は、前報⁽¹⁾式を用いて次式となる。

$$f_i(Z_i) = \max_{C_i} \phi_i \cdot f_{i+1}(Z_{i+1} = Z_i + Q_i - C_i) \quad (1)$$

こゝに、 Z_i 、 Q_i は既知量であり、翌月以降の充足度指数 $f_{i+1}(Z_{i+1})$ は (19) 式による計算値すなわち、Fig.-2~5 を用いる。

びわ湖の補給水を期待しない場合 ($D = 61 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$, $m = 1$) について、(1) 式および Fig.-5 より求めた最適放流ルールは Fig.-6 である。

Table-1 によれば、5月と10~2月、6月と9月、7月と8月の需要水量 ($B+D$) は各々同一であるにもかかわらず、5、6、7月は翌月以降に需要水量の多い期間を控えているため、その月の充足度を低下させても貯留する傾向を示す。一方、10月以降は流入量に比し需要水量が少いため、その月の流入量をも含めて放流の傾向を示している。



4. 放流ルールによる貯水池操作のシミュレーション

以上の放流ルールは、各月の流量が過去の流量資料の統計的特性に基づいてランダムに生起し、その結果生ずる評価関数の平均値が最適化されるように決定した解であるから、利水計画上の最重要点の一つである渇水流況に対する妥当性を検証する必要がある。

こゝでは、第2、3節による放流ルールおよび任意に定めた放流ルール、以上3種の放流ルールによって、19年間の流量記録 (平均10ヶ月流量: $876 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$) の中、上位4渇水年の流量記録 (10ヶ月流量: $691 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$ 以下) に対するシミュレーションを行なった。

シミュレーションに際しての条件は次の通りである。

- (1) びわ湖補給水を期待しない場合, $D = 61 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$, $m = 1$
- (2) 初期(5月)貯水量: $Z = 394 \text{ } \frac{\text{m}^3}{\text{day}}$ (満水状態)
- (3) 放流ルール

- (a) 放流量, C は月のはじめの貯水量, Z のみの関数 (Fig.-5) —— $Z \sim C$ 操作
- (b) 予測流量を用いた放流ルール (Fig.-6) —— $(Z+Q) \sim C$ 操作
- (c) 翌月以降の流入量, 需要水量を考慮せず、貯水量が0となるまで必要(需要)水量を放流する場合 —— 操作なし

以上3種の放流ルールによるシミュレーションの一例として、最湯水年の貯水池操作をTable-2に、湯水4ヶ年の結果をTable-3に示す。

放流ルール		5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
Z~C	Q	110	130	67	36	23	31	16	36	57	34
	B	5	56	108	108	56	5	5	5	5	5
	Z	394	394	394	291	157	60	21	1	2	23
	C	110	130	170	170	120	70	36	35	36	38
(Z+Q)~C	D=C-B	65	64	62	62	64	65	31	30	31	33
	Z	394	394	394	291	157	60	31	6	4	20
	C	110	130	170	170	120	60	41	38	41	54
操作なし	D=C-B	65	64	62	62	64	55	36	33	36	49
	Z	394	394	394	291	157	60	21	0	0	0
	C	110	130	170	170	120	70	37	36	57	34
操作なし	D=C-B	65	64	62	62	64	65	32	31	52	29

Table-2

単位
($\frac{m^3}{s} \cdot \text{day}$)

	放流ルール	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月
Dの平均値	Z ~ C	61	61	61	54	31	42	38	52	54	54
	[Z+Q]~C	61	61	55	48	44	47	50	54	55	58
	操作なし	61	61	61	61	42	42	48	53	59	53
Dの最小値	Z ~ C	61	61	61	42	3	23	15	30	31	33
	[Z+Q]~C	61	61	46	37	37	26	36	33	36	49
	操作なし	61	61	61	61	26	15	32	31	52	29
Zの平均値	Z ~ C	394	384	329	225	94	34	35	46	98	134
	[Z+Q]~C	394	384	329	231	107	34	30	30	79	113
	操作なし	394	384	329	225	86	15	10	13	62	92
Zの最小値	Z ~ C	394	368	288	178	57	13	5	1	2	23
	[Z+Q]~C	394	368	288	194	86	22	11	6	4	20
	操作なし	394	368	288	178	47	0	0	0	0	0

Table-3

単位
($\frac{m^3}{s} \cdot \text{day}$)

貯水池操作のシミュレーションの結果、確認された事項および問題点は次の通りである。

- (1) Z~C操作——その月の流量に関する情報が与えられないから、貯水量が小になると翌月の貯水量を回復するために(確率的)最小流量が流入するものとして放流量を節減する。その結果、異常湯水流況以外の流況に対しては貯留作用がやゝ過剰となり、貯水量については余裕のある操作を行なうが、評価の対象となる放流量は他のルールに比べて小である。
- (2) (Z+Q)~C操作——Dの平均値、最小値ともに各月の値が平滑化され、しかも、湯水の程度が大きい年ほどこの放流ルールは効果的になる。すなわち、流況をstochasticな過程と見なして最適解を得る以上の手法において、流量時系列の自己相関性あるいは予測の精度が、明らかに計画の結果に影響することを示している。
- (3) 操作なし——初期貯水量が満水状態、さらに需要水量(B+D)の大半が計画期間の前半に分布するため、Dの平均値はかなり大であるが、湯水の程度が大きな年となるにしろ、貯水量0の月が連続し、大湯水の月を生ずる。
- (4) 流量時系列の自己相関性と貯水量に対する流入量の割合とに関連する単位期間の選り方、利水計画の対象とすべき流況パターンの解析、等の問題が今後の課題である。

参考文献 (1) 室田, 神田: 貯水池による利水開発量の一算定法, 才22回年次学術講演会講演概要