

# II-88 DDCおよび確率DPによる貯水池操作の渇水被害軽減効果について - 需要パターンおよび流況の違いに対する感度分析 -

五洋建設 正会員 小沢英二  
山梨大学工学部 正会員 竹内邦良

1. 目的 渇水のもたらす影響は河川の流出特性や水利用構造により異なる。そこで流量パターンと水利用水準を4つのTYPEに類型化し、各TYPEに対して今回取り上げたルール(渇水持続曲線(DDC)による貯水池操作方法、確率DP(SDP)による貯水池操作方法)で過去の渇水時流況に対するダム運用シミュレーションを行ない、TYPE別、ルール別にダム運用の効果を求める。

2. DDCルールとSDPルール i) DDCルールは季節別渇水持続曲線から算定され貯水池のこ渇確率を一定に保つことを基準として作られる。 $\tau$ 時点で貯水量 $V$ である時、節水率 $\alpha$ は以下のような最小値問題の解として表わすことができる。

- (1) 目的関数  $\min \alpha(\tau | V)$  (2) 等こ渇確率条件  $\text{Prob}(S(\tau+m) \leq 0) \leq \beta \quad m=1, \dots, N_s$   
(3) 放流ルール  $R(\tau+m-1) = (1-\alpha) \cdot D(\tau+m-1) \quad m=1, \dots, N_s$  (4) 現時点での貯水量  $S(\tau) = V$   
(5) 連続式  $S(\tau+m) = S(\tau+m-1) + I(\tau+m-1) - R(\tau+m-1) \quad m=1, \dots, N_s$

$\alpha$ :  $\tau$ 時点で貯水量 $V$ である時の節水率、 $D_t$ :  $t$ 時点での水需要、 $V$ : 現時点での貯水量  
 $\beta$ : 許容こ渇確率、 $N_s$ : こ渇を考慮する将来期間長、 $I(\tau+m-1), R(\tau+m-1), S(\tau+m-1)$ :  $\tau$ 時点から $m-1$ 時点後のそれぞれ流入量、放流量、貯水量(2)式から(5)式の制約条件の下に、目的関数 $\alpha(\tau | V)$ の最小値問題を解く。この解を $V$ について表わすとDDCルールが得られる。

ii) SDPルール 竹内(1972)がDCL手法の中で使った以下の確率DPの基本式より算定される。

$$\text{最小累加損失関数} \quad F_n(S_n, I_n) = \min_{0 \leq X_n \leq S_n + I_n} \{ G_n(X_n; S_n, I_n) + H_{n+1}(S_{n+1}) \} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} &\text{最小累加損失期待値} \\ &\text{持続性を無視した場合} \quad H_{n+1}(S_{n+1}) = \sum_{I_{n+1}=0}^{I_{n+1}^{\max}} F_{n+1}(S_{n+1}, I_{n+1}) * P_{n+1}(I_{n+1}) \quad (7) \end{aligned}$$

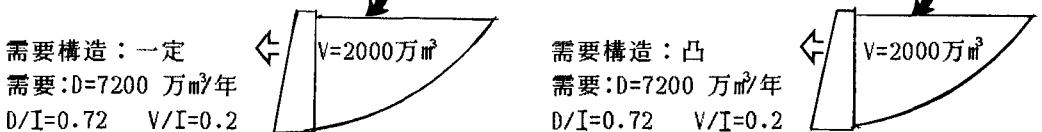
$$\text{持続性を考慮した場合} \quad H_{n+1}(S_{n+1}, I_n) = \sum_{I_{n+1}=0}^{I_{n+1}^{\max}} F_{n+1}(S_{n+1}, I_{n+1}) * P_{n+1}(I_{n+1} | I_n) \quad (8)$$

$$\text{連続式} \quad S_{n+1} = S_n + I_n - X_n \quad (9)$$

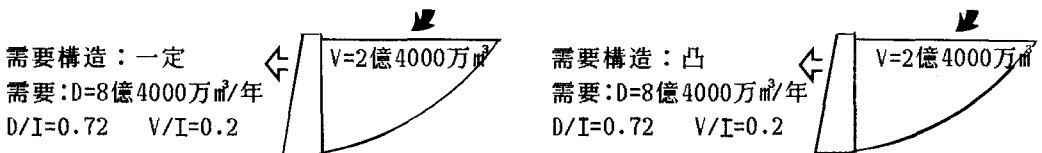
時間単位を月、 $S_n, I_n, X_n$ は共通の単位量で離散化する。ここに $G_n(X_n; S_n, I_n)$ は、直接被害関数である。以上より年間の最適放流ルールが求まる。

3. 流況および水需要パターンの設定 本研究では以下のように4Typeにパターンを類型化した。

Type1: 梅雨台風(福岡: 流入  $I=1$  億 $\text{m}^3/\text{年}$ ) Type2: 梅雨台風(福岡: 流入  $I=1$  億 $\text{m}^3/\text{年}$ )



Type3: 融雪(利根川上流域: 流入  $I=12$  億 $\text{m}^3/\text{年}$ ) Type4: 融雪(利根川上流域: 流入  $I=12$  億 $\text{m}^3/\text{年}$ )



## 4. 各モデルのシミュレーションにおける諸条件

| Table-1           | シミュレーションにおける諸条件         |                |
|-------------------|-------------------------|----------------|
|                   | Type1, Type2            | Type3, Type4   |
| 水文資料(シミュレーション 期間) | 1957-1978 22年間          | 1958-1983 16年間 |
| 各時点での将来期間長        | Ns=3年                   | Ns=1年          |
| 季節変動の考慮期間         | S=2ヶ月(前後1ヶ月)            |                |
| 渇水被害関数            | 昭和48年高松渇水より計量化された渇水被害関数 |                |

5.9.1 運用ルールの適用結果および考察 Table-2 は、上記の設定モデルでシミュレーションを行なった各Typeの各ダム運用ルールの渇水被害額、無次元化量(R= 無節水操作を1とした場合の各ルールの渇水被害額の比率)を示している。(Rの値が、小さいほどダム運用による節水効果が高いことを意味している。)

| Table-2     |              | 被害額の1単位=10 <sup>5</sup> 円 |              |              |  |
|-------------|--------------|---------------------------|--------------|--------------|--|
| Type        | 無節水操作        | DDC                       | SDP          | SDP持続性考慮     |  |
| 1 梅雨台風：需要一定 | 459(R=1.00)  | 211(R=0.46)               | 295(R=0.64)  | 231(R=0.50)  |  |
| 2 梅雨台風：需要凸  | 593(R=1.00)  | 168(R=0.28)               | 250(R=0.42)  | 207(R=0.35)  |  |
| 3 融雪：需要一定   | 5013(R=1.00) | 1136(R=0.23)              | 2063(R=0.41) | 1482(R=0.30) |  |
| 4 融雪：需要凸    | 5907(R=1.00) | 1580(R=0.27)              | 2372(R=0.40) | 1909(R=0.32) |  |

参考のためTable-3 に北海道開発局土木試験所の河川研究室で報告された地域特性を考慮したダム運用ルールのシミュレーション結果を示す。

| Table-3     |               | 被害額の1単位=10 <sup>3</sup> 円 |               |  |
|-------------|---------------|---------------------------|---------------|--|
| Type        | 無節水操作         | DDC                       | 段階節水ルール       |  |
| 1 梅雨台風：需要一定 | 30877(R=1.00) | 11287(R=0.37)             | 13535(R=0.44) |  |
| 2 梅雨台風：需要凸  | 18724(R=1.00) | 15575(R=0.83)             | 9855(R=0.53)  |  |
| 3 融雪：需要一定   | 7526(R=1.00)  | 1762(R=0.23)              | 2475(R=0.33)  |  |
| 4 融雪：需要凸    | 5458(R=1.00)  | 1898(R=0.35)              | 2192(R=0.40)  |  |

段階節水ルール：貯水量の残存量によって節水率を段階的に決め渇水被害を軽減するルール

6. まとめ 流出特性の面から見ると融雪型のType3, Type4の方が梅雨台風型のType1, Type2よりすべてのダム運用ルールにおいてRが小さい。よって安定供給が望める融雪型は、不安定供給の梅雨台風型よりダム運用による節水効果が高い。次に需要構造の面から見るとTable-3では、一定構造型が凸構造型よりすべてのダム運用ルールにおいてRが小さい。しかしTable-2においては、凸構造のほうがRが小さくなっている。また運用ルール別に見るとDDC、持続性を考慮したSDP、SDPの順にRが小さく、ダム運用による節水効果が高い。筆者らの経験および分析結果から判断する限りでは、Table-3の数値 R=0.83 には、検討余地があると思われる。

以上のことから、異なった地域特性の下でダム運用の効果に関しては次のことが結論される。  
1) 流出が梅雨台風などで変動する地域より融雪期に安定した水供給が望める地域の方がダム運用による節水効果が高い。  
2) DDCは、いずれのTypeの場合でもSDP(持続性を考慮した場合も含め)より優れている。  
3) 流出が安定供給が望める融雪Typeであり通年の水需要の変動のない水需要構造一定型の地域については、特にDDCルールが優れている。

参考文献 1) 竹内、富田、伊藤：給水用貯水池のためのDDCルール、第28回水理講演会論文集 1984, PP. 21-26、2) 竹内：水資源の最適管理-DCL手法による貯水池操作 - 水工学シリーズ 85-A-9 1985 A-9-1 - A-9-17、3) 竹内：DDCルール法のChance Constrained Model表示、第40回土木学会年講概要集, 1985, PP103-104、4) 七沢、渡辺、星：地域特性を考慮したダム運用ルールに関する一考察