

II-121

溢水確率を考慮したDDCルールカーブ

山梨大学工学部 正会員 竹内 邦良

山梨大学大学院 学生員 新谷 渡

1 はじめに

これまでに発表してきたDDCルールカーブは、給水用貯水池の管理基準として、貯水池の涸渇確率を常に許容値以下に保つことを用いるものであった。今回ここに示すものは、涸渇確率のみならず溢水確率も許容値以下に保つ、両側制約の Chance Constrained Model による操作ルールである。これまでと同様、福岡市の上水用貯水池により実例を示す。

2 DDCルールカーブの Chance Constrained Model 表示

τ 時点での給水制限率がCのとき、この給水制限率を今後 M 日間ずっと続けた場合でも、貯水池が涸渇する確率が β_e 以下、溢水する確率が β_s 以下に保つために、 τ 時点で必要な貯水量Vは、以下の確率制約条件を満たす解として求められる。

$$R_{\tau+m-1} = (1 - C) \cdot D_{\tau+m-1} \quad m=1, \dots, M \quad (1)$$

$$\text{Prob}(S_{\tau+m} \leq 0) \leq \beta_e \quad m=1, \dots, M \quad (2)$$

$$\text{Prob}(S_{\tau+m} \geq V_c(\tau+m)) \leq \beta_s \quad m=1, \dots, M \quad (3)$$

$$S_{\tau} = V \quad (4)$$

$$S_{\tau+m} = S_{\tau+m-1} + I_{\tau+m-1} - R_{\tau+m-1} \quad m=1, \dots, M \quad (5)$$

ここに、 $\tau+m-1$: 現時点 τ より m 日後の時点、R: 放流量、I: 流入量、D: 水需要、S: 貯水量、 β_e : 許容涸渇確率、 β_s : 許容溢水確率、M: 現時点の放流量の決定に際して考慮する将来期間長である。(1)式は放流ルール、(2)式は涸渇確率の制約条件、(3)式は溢水確率の制約条件、(4)式は現時点 τ での貯水量がVであること、(5)式は貯水量の連続式をそれぞれ表す。(1)-(5)式を解くと、以下の(6)、(7)の連立不等式が得られる。

$$C \geq \left\{ \sum_{\nu=0}^{m-1} D_{\tau+\nu} - (\sum_{\nu=0}^{m-1} I_{\tau+\nu}) \beta_e - V \right\} / \sum_{\nu=0}^{m-1} D_{\tau+\nu} \quad m=1, \dots, M \quad (6)$$

$$C \leq \left\{ \sum_{\nu=0}^{m-1} D_{\tau+\nu} + V_c(\tau+m) - (\sum_{\nu=0}^{m-1} I_{\tau+\nu}) \beta_s - V \right\} / \sum_{\nu=0}^{m-1} D_{\tau+\nu} \quad m=1, \dots, M \quad (7)$$

ここに $(\sum_{\nu=0}^{m-1} I_{\tau+\nu}) \beta_e$ 、 $(\sum_{\nu=0}^{m-1} I_{\tau+\nu}) \beta_s$ は、 τ より始まる m 日間の流入量の和(確率変数)の、非超過確率 β_e 超過確率 β_s に相当する等価確定量である。DDCルールカーブではこれに季節別渇水持続曲線を用いる。

3 M-C曲線

図1は、(6)、(7)式の右辺を $C^-(m)$ 、 $C^+(m)$ としたときの概念図(M-C曲線)である。図1における $C^-(m)$ は涸渇確率 β_e を常に0.05以下に保つために必要な最小の給水制限率であり、6月第一半旬以降 $C=C_1$ にしておけば常に $C \geq C^-(m)$ となり $\beta_e \leq 0.05$ の条件を満足する。一方図1の $C^+(m)$ は溢水確率 β_s をそれぞれ0.5、0.1以下に保つために許容できる最大の給水制限率を示している。この図から $C=C_1$ のままでいると、涸渇確率 β_e が0.05となる4.5半旬後のはるか以前、1.8半旬後には溢水確率 β_s が0.5になってしまうことがわかる。したがって6月第一半旬の時点で給水制限率を C_1 とすることは、有効な水供給操作

をしていると言ひ難い。そこで涵濁確率 $\beta_e=0.05$ 以下にすると言う条件にくわえて、溢水確率 $\beta_s=0.1$ 以下とするために $C^-(m) \leq C \leq C^+(m)$ を満たす領域で最も長い期間保証されるような C （ただし $C \geq 0\%$ ：給水制限をしないのであれば溢水確率が0.1以上になってもかまわない）を C^* として選ぶ必要がある。図1の場合は $C^*=0\%$ である。このように $C^+(m)$ を考えることによりダムから水が溢れる確率が高いのに無益な給水制限をするような事態を避けることができる。

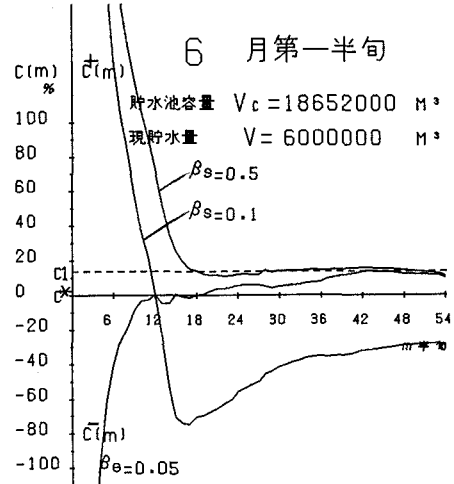


図1 M-C曲線

4 両側制約下のルールカーブ

図2は破線が $C^-(m)$ ($\beta_e=0.05$)のみを考えた場合のルールカーブであり実線は $C^+(m)$ ($\beta_s=0.1$)も考慮した両側制約下でのルールカーブである。貯水池容量 V_c として福岡市が現在行っている値（約2千万 m^3 ）を用いた。図3は同じ条件で貯水池容量 V_c を1千万 m^3 と仮定したときのルールカーブである。溢水確率を考慮すれば貯水池の容量に見合ったルールカーブが得られる。

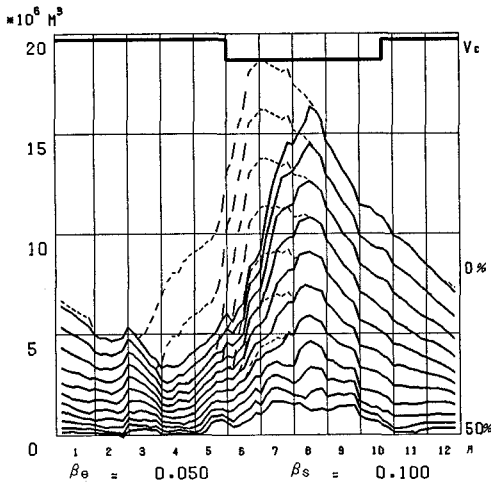


図2 ルールカーブ (V_c ≈ 2千万 m^3)

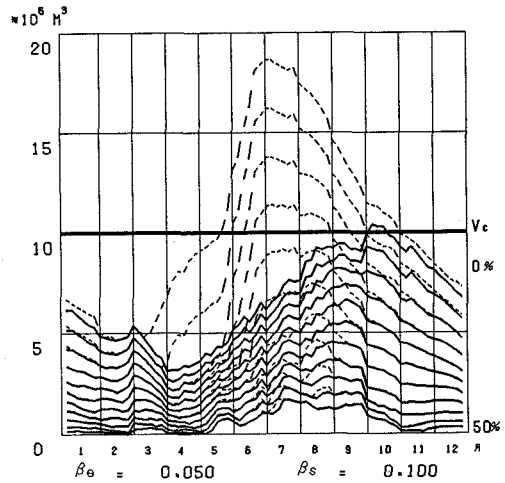


図3 ルールカーブ (V_c = 1千万 m^3)

年間を通じて主に水の需要、流入が多い時期に溢水確率 β_s の影響によるルールカーブの変形がみられる。許容溢水確率 β_s 、涵濁確率 β_e をいかに選択するかが今後の課題となる。

<参考文献>

- 1) 竹内他：給水用貯水池のためのDDCルールカーブ
第28回水理講演会、1984 PP.21-26
- 2) 竹内：DDCルールカーブのChance Constraint Model表示
土木学会第40回年次学術講演会講演概要集 1985 PP.103-104