

山梨大学工学部 正 竹内邦良
山梨大学大学院 学 富田 茂

1. はじめに

湯水持続曲線を用いた湯水時の貯水池管理の方法としては、湯水期間中に、全期間を通じての総合的な湯水の渇刻さの度合を、水文・気象状況の変化に応じて逐次見直し、最新の予想に合わせて管理の規準となる対象確率湯水年を選択・更新していく方法を提案している（竹内，第23回水講演文集，1979）。この方法は、水文・気象の状況の変化にadaptiveに対応するという点で合理的なものであるが、対象確率年の選択・更新に客観的規準を設定できないため、機械的な管理ルールが要望される場合には不適当である。

今回この提案する方法は、対象確率年を、現在の給水水準をそのまま維持した場合に貯水池がいずれ涸渇してしまう確率＝覚悟すべき涸渇確率という形であらかじめ選んでおき、貯水量がいくかに減少しても涸渇に至る確率はつねにその一定値に保たれるように、給水制限を実施するという方針によるものである。この方法の特徴は、確率年の選択が唯一回であるため、固定的な管理規準すなわちルール・カーブが描けることである。

本報告は福岡市の給水用貯水池群と例にして、湯水持続曲線を利用して描いたルール・カーブと、これを用いた場合の1978年湯水時の貯水池のシミュレーション結果を示すものである。

2. 季節別湯水持続曲線と用它描いたルール・カーブ(DDCルール・カーブ)

N 年間の流量データ q_t を用いて、 $T_n = (N+1)/n$ 年湯水時に、 t 時点からはじまる m 時刻間隔(期間)内に期待される平均流入量 $f_n(m|t)$ を次のように算定する。

$$f_n(m|t) = k\text{-th smallest} \cdot \min_{j=1, \dots, N} \left(\frac{1}{m} \sum_{t=t_1}^{t_1+m-1} q_t \right) \quad (1)$$

$(j, t - \frac{S}{2}) \leq t_1 \leq (j, t + \frac{S}{2})$

ここに (j, t) は j 年目の t 時点を表わす。(1)は季節別湯水持続曲線と呼ばれるものである。 t 時点より始まる m 期間内の平均流入量を求めるのに、始点 t_1 を t 時点より $\pm \frac{S}{2}$ だけずらして、その間の最小値を採用する方法を取っているのは、水文事象の季節パターンが早く始まったり、遅くなったりするばらつきを考慮しているものであり、湯水持続曲線の基本的な考え方を示している。この S は季節前後の考慮期間と呼ばれる。

これを用いてDDCルール・カーブは次のように求められる。まず季節別湯水持続曲線(1)と、 t 時点より始まる m 期間後の期待流入量時系列に変換する。この T_n 年湯水時の流入量時系列と、一定給水制限率の下での給水水準に対して、貯水池が涸渇しないために各時点で持つなければならない必要貯水量を求める。こうして得られた給水制限率とパラメータとした各時点での必要貯水量が、DDCルール・カーブである。このルール・カーブに従う限り、どの貯水量状態になっても、貯水池の涸渇確率はつねに $1/T_n$ に保たれる。

3. 福岡市上水道システムへの応用例

福岡市の1978年当時の給水用貯水池は、曲淵、南畑、久原、背板、瑞梅寺、江川の6ダムによるもので、総容量は約2000万 m^3 であった。一方必要給水水準は平均約36万 m^3/day であり、このうち貯水池からの取水に頼らねばならない水量は、比較的安定して約20万 m^3/day であった。実際の貯水池運用条件は必ずしもこのように単純なものではないが、DDCルール・カーブの具体的な適用例を示すことに目的を絞り、あえてこの単純な条件下で、1978年福岡湯水時のシミュレーションを行なった。用いた流量データは福岡市総務局より提供されたが、1957～79年にわたる23年間の平均流量データである。

季節前後の考慮期間 $S = 2$ ヶ月、涸渇確率 $1/T_n = 1/20$ とした場合のDDCルール・カーブは図1に示すとおり。

りである。これを用いた場合の1978年福岡渇水時の貯水量変化を図2に示してある。図3および表1は、この間の給水制限の実施状況である。DDCルール・カーブによる場合と、実際の場合の比較の形を示してある。このシミュレーション結果から判断する限り、シミュレーションの設定条件が現実のものとは多少異なることを考慮に入れても、DDCルール・カーブの実用性は十分主張できるものと考えられる。

季節前後の考慮期間 S を1ヶ月とした場合と2ヶ月とした場合は、給水制限の%・day評価は変わりがないものの、高い制限率の生じる頻度を低く抑えるためには、2ヶ月の方がよいことがわかった。渇水確率 $1/t_k$ の選択に客観的な規準を定めることはむづかしいが、貯水池が実際に渇涸に至ることはおこらない方法なのであるから、実用上は、長期に亘るシミュレーションを基として、給水制限の率と頻度に対する社会的 preference に基づいて判断選択することができると考えられる。

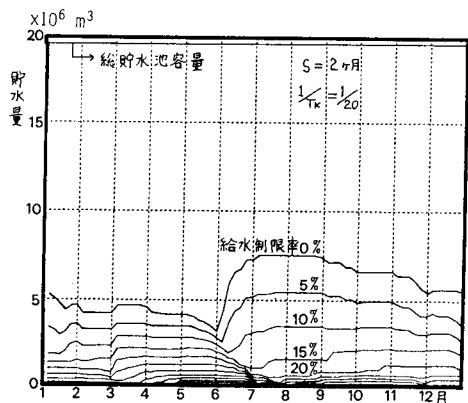


図1. 福岡市上水用6貯水池の合計貯水量に対する、DDCルール・カーブ

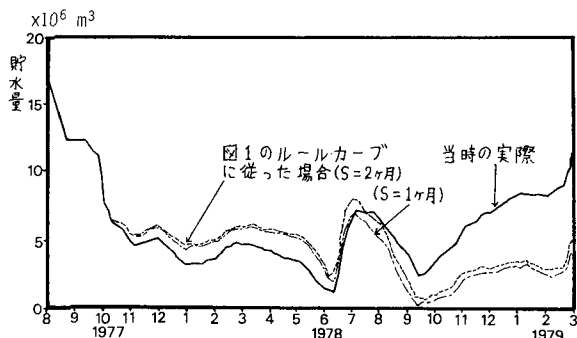


図2. 1978年福岡渇水時の貯水量変化状況

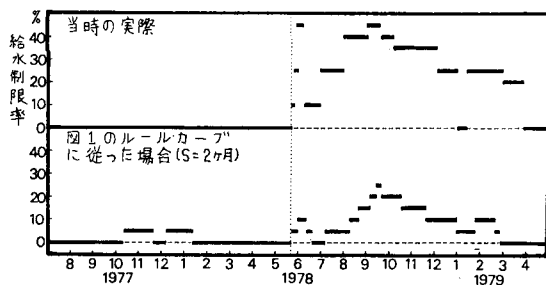


図3. 1978年福岡渇水時の給水制限実施状況

表1. 1978年福岡渇水時の給水制限率とその頻度

給水制限率	当時の 実際	DDCルール・カーブ に従った場合	
		S=2ヶ月	S=1ヶ月
	%	日	日
5	0	133	98
10	22	93	64
15	0	50	57
20	32	37	37
25	110	7	10
30	0	0	3
35	60	0	3
40	47	0	1
45	23	0	0
計	294	320	273
%day	8625	3260	3210