

九州大学 正会員 上田 年比古

九州大学 正会員 神野 健二

九州大学 学生員 高杉 晋吾

九州大学 学生員 河村 明

1. まえがき 現在、他の貯水池の無効放流を貯留し、渇水時に他の貯水池の水供給能力が無くなった際に、必要な水量を補給する経年貯留ダムが考えられているが、まだこの計画や運用についてはあまり研究がなされていないようである。昭和53年から54年にわたる福岡市の大渇水においてその操作が問題になったエダムは、その集水面積に較べて貯水池容量が大きく、いわゆる経年貯留ダムの性格をもつといわれている。本報は過去の雨量記録をもとに雨量のシミュレーションを行ない、次に雨量、流量の双方の記録がそろっている時期を利用して、その流出機構を定め、流出計算により長期の流量資料を作り、エダムのような貯水池の経年貯留量の推定法を明らかにするものである。

2. 雨量シミュレーションの方法 エダム流域の19年間の雨量記録を用いて各月毎にその分布を考えると、指数分布に倣うものと思われる。指数分布の確率密度関数 $f(r)$ は、 $f(r) = \alpha e^{-\alpha r}$ — (1)、ここに r は旬雨量の日平均雨量(mm/日)である。確率変数 r の分布関数 $F(r)$ は、 $F(r) = \int_0^r f(r) dr = 1 - e^{-\alpha r}$ — (2) $\therefore \ln[1 - F(r)] = -\alpha r$ — (3) パラメーター α は標準標準偏差 S_r の逆数として与えればよい。例として2月中旬の雨量記録をプロットしたのが[図-1]である。このようにして指数分布に倣うかどうかの検討を行なうことができる。また各月のパラメーター α の変化を[図-2]に示す。以上で決定したパラメーター α をもつ指数乱数を発生させることにより、100年間分の雨量資料を作成した。

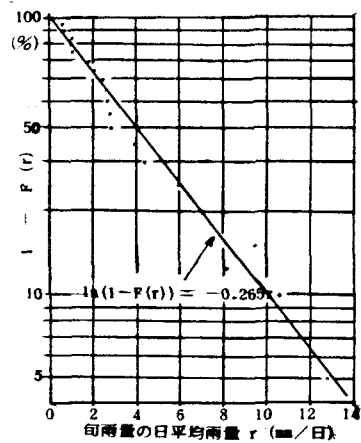


図-1 指数分布の適合性

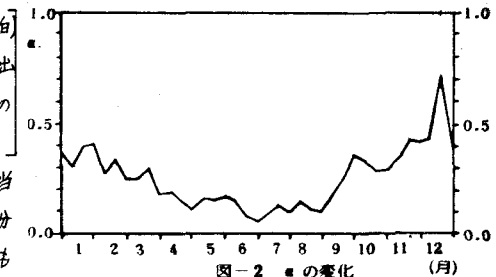
3. 流出計算 流出機構は次式のように表わされるものとした。

$$y(t) = f \cdot r(t) \times [1 - f_0(t) + \sum_{k=1}^n f \cdot r(t-k) \times f_0(t-k)] \alpha e^{-\alpha r(t-k)} \quad (4)$$

t : 時点(旬), k : 遅れ時間(旬), $y(t)$: t 旬における旬流出量(mm/日)
 $r(t)$: t 旬における旬雨量の日平均雨量(mm/日), α : 地下水流出の逸減パラメーター(1/旬), f : 総流出係数及び $f_0(t)$: 流出量のうちの地下水流出分の比率は共に無次元量

(4)式第1項は直接流出分(表面流出+地下水流出)で、これは当月のみで流出してしまうものとした。第2項は地下水流出分で遅れ時間を k (旬)とすれば $\alpha e^{-\alpha r}$ なる指数曲線で逸減するものとした。 f は過去の記録により $f = (\text{年総流出量})/(\text{年総雨量})$ として平均的に求めた。 $f_0(t)$ は $f_0(t) = [f \cdot r(t)/P]^m$ — (5)で与えた。ここに P (mm/日)はこの量を超えれば直接流出が生ずるとする一定の旬雨量の日平均雨量である。

もし $r(t) \leq P$ であれば $f_0(t) = 1$ 、つまり t 旬の全有効雨量は地下水流出分とする。(5)式は流出成分分離の非線形性をとりいれたものである。従って(4)、(5)式には α, P, m の3つの未知数があることになり、流量と雨量の双方の記録がある時期の資料をもとに最小二乗法で決定した。エダム流域では $f = 0.64$, $\alpha = 0.54$, $P = 12.35$ (mm/日), $m = 0.49$ が得られた。2節の方法で作成した雨量資料に(4)式を適用して流出計算を行ない、100年間分の流量時系列を作成することができた。流量資料の作成を雨量シミュレーションの流出計算の順で行なった理由は、流量記録の信頼性に問題があること、流量は過去の流量に影響を受けるのに対して、雨量は記録の信頼性が比較的高く、旬平

図-2 α の変化

均ではほぼランダムとみなせるので乱数発生によって資料を作成しておさしつかえないためである。流出計算式の検討のために、ここで決定した α, P, β を(4)式に与え、実測雨量を代入して求めた計算流出量と実測流出量の比較を行なったのが[図-3]である。実測値と計算値に幾分のずれ、とくにS52年5月上、中旬で計算値が低いのが全体的にみてほぼ妥当と考えられる。

4. 経年貯留量の推定法 [図-4]のような貯水池モデルを考え、3節において得られた100年分の流量時系列を用いてエダムの上水分について貯水池の水収支を計算した。貯水池流入量 I 、残流域流入量 Q 、取水量 T は全て上水分に換算した。各変量の離散化は単位期間に均をととり、単位水量を $10^4 m^3$ 、単位流量を $10^4 m^3/月$ 、エダムの上水分貯水池容量を $V=787(\times 10^4 m^3)$ とした。エダムについては上水計画取水量 T_p が各月毎に定められており、これに比率 ε を乗じた取水量 $T=\varepsilon T_p$ で取水することにした。この場合取水ルールは設定せず、貯水池からは需要量にだけ放流し、貯水池が空になれば流入量をそのまま放流する。このようにして操作した結果、水供給施設は10年に一度生ずると想定される渇水に対して安定した水供給を行なうことができるように計画するという観点から、各年の最低貯水量を小さい方から順にならべて、第10位の年最低貯水量を経年貯留量とした。このようにして求めた各 ε についての経年貯留量を[図-5]に示す。 ε が小、すなわち取水量が小になると最低貯水量が大となることから経年貯留量も大となる。次に各 ε について100年間のうち貯水池が空になる回数と[図-6]となる。貯水池が空になる回数が多いに多いと安全性に欠け、逆におよに少ないと無効放流量が多くなると考えられるので、取水量すなわち ε としては[図-6]において空回数の折線が急激に立ち上がる点の $\varepsilon=0.7$ 程度が適当ではないかと考えられる。いま、この取水量をとるとすればこの場合の経年貯留量として[図-5]の $\varepsilon=0.7$ に対する値 $110(\times 10^4 m^3)$ となる。

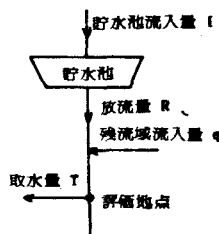


図-4 貯水池モデル

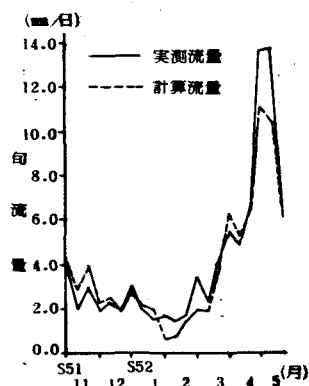


図-3 実測流量と計算流量の比較

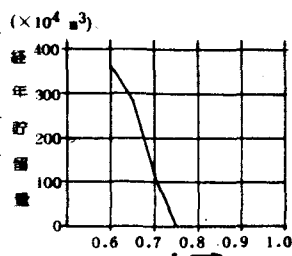


図-5 ε と経年貯留量

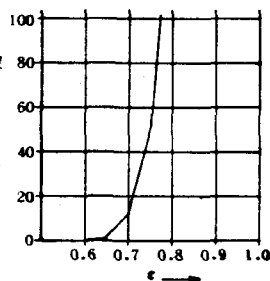


図-6 ε と空になる回数

5. むすび 以上のような方法でエダムの適当な取水量及び概略の経年貯留量の算定を行なったが、この経年貯留量の値については、今後更に種々の観点から検討したいと考えている。経年貯留量の推定に長期流入量シミュレーションを試みた理由は、エダムの流入量資料が現在まで含めて25年分程度であり、そのうちダム完成後のものは10年に満たないのでこれで推定をするには、流量測定信頼性をも含めて不十分であると思われるので、様々な流量変動が得られるこの方法をとった。このシミュレーション法については、①毎雨量の分布形を指数分布としたが、もっとよく適合する分布形はないか、②流出計算に用いた式(4)、(5)にもっと改善すべきところはないか、③流量や年雨量には長期変動傾向がみられるが、乱数発生ではこれを表現できないと思われるので、うまく長期変動を取り入れて、更に中長計画に役立てることができる流量資料を作ることができないか等の問題があり、更に検討を加えていかなければならない。

最後に、本研究に対して貴重な資料を提供して下さいた福岡市統務局水資源科栗室の各位に感謝致します。