

大阪大学工学部 正員 室田 明
 神戸大学工学部 正員 ○神田 徹
 大阪大学大学院 学生員 福岡成悟

1. まえがき

筆者らは前報までに、貯水池による水供給に関して次の研究報告を行なった。(1) 貯水池流入量の頻度分布特性、(2) 貯水池放流水に関する評価関数の設定、(3) 最適放流ルール^{1),2),3)}の定式化。

その際、設定された評価関数の最適化に関して通常の OR 手法が適用されるので、得られた評価関数の最適値によって貯水池の利水上の機能の一面が明らかになるわけである。しかしながら、これらの評価関数の最適化に対応する貯水池の貯留量変動の特性、放流量の性状等を明らかにしておくことは、貯水池による流量そのものの調整機能を知る上で重要な意義がある。

本研究は以上の観点から、貯水池最適操作のもとでの流入量特性と放流量特性の関係をしらべることにより、貯水池の流量調整機能の定量的評価を行ない、また、評価関数の差および貯水池規模の変化にともなう流量調整機能の sensitivity に関して検討を行なったものである。

2. 最適放流ルール

評価関数を $f(C, M) = C^a \cdot M^b$ とする²⁾。ここに、 C は目標放流量、 M は信頼性、 a, b は定数である。この評価関数に対して得られた最適放流ルールは次式で表わすことができる。

$$C^* = C_z + C_g = \alpha z + \beta \bar{g}$$

ここに、 C^* は最適放流量、 C_z は初期貯水量に関する流量、 C_g は流入量に関する流量、 $z = (1/6)z$ 、 $\bar{g}$ は月平均半旬流入量、 z はある月の初期貯水量である。 α は各貯水位に受け持っている潜在的価値の大きさを示す係数、 β は流入量の変動に関する係数である。 α と初期貯水量の関係を図-1 に、 β と半旬流入量の対数値の標準偏差との関係を図-2 に示す。評価関数の係数が $a < 1.0$ の場合は α の値は初期貯水量の増大とともに減少する。また、 β は貯水池規模と基準貯水池容量 (Vol.1) の2倍 (Vol.2) になっても Vol.1 の場合と同一の値をとるが、規模が $1/2$ (Vol.1/2) になれば β は増加し、ほぼ一定値 0.6 をとる。これは、後述の無効放流を減少させることと関係すると思われる。

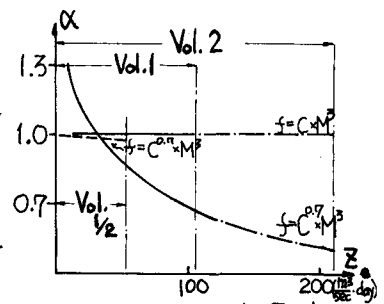


図-1 α と初期貯水量の関係

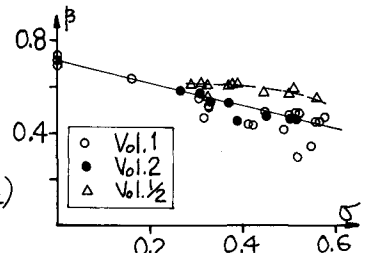


図-2 β と半旬流入量の標準偏差

3. 貯水量および放流量の確率分布

任意の月の最適目標放流量はその月の初期貯水量によって上記のごとく決定され、半旬ごとにこの目標放流量を完全放流するかゼロ放流するかという放流操作がなされる。したがって、水準の初期貯水量を与えれば、この放流操作による貯水量変動と放流量が各月について算定できる。流入量は確率量であるから貯水量および放流量は確率分布として求められる。

3.1 貯水量の分布

貯水量の分布の例を基準貯水池容量 (Vol.1) の場合について示せば図-3, 4 のごとくである。Vol.1 以上の貯水池規模に対して、各月の貯水量分布特性をまとめること次の通りである。(1) 半旬流入量の確率分布は対数正

規分布に従うが、貯水量の分布は操作の結果かなり正規化される。(2) 評価関数の係数 α が小さいほど貯水量分布は高い貯水位にある。(3) 貯水量分布の年間変動、あるいは、貯水量のモード位置の移り方はすべての評価関数について同様の傾向を示す。(4) 貯水量が満杯になる確率、すなわち無効放流の確率は係数 α の減少とともに増加する。

貯水池規模を減少して Vol. 1/2 になれば流入量変動に対応する貯留・調整は不十分となり、無効放流の頻度が増す。また、貯水量分布は図-5のごとく高い貯水位に歪んだ分布形となる。

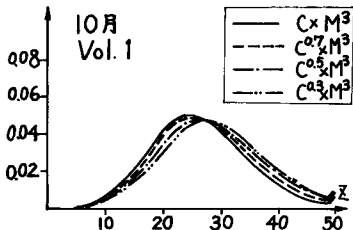


図-3 貯水量分布と評価関数の関係

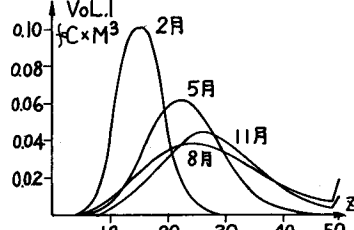


図-4 貯水量分布の年間変動

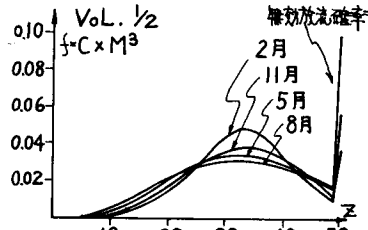


図-5 貯水量分布の年間変動

3.2 放流量の分布

最適放流量は2で述べたごとく、貯水量のほぼ一次関数で表わされ、かつ、貯水量の分布は正規分布に近い。したがって、Vol. 1以上の貯水池容量では放流量の分布も正規分布曲線で近似できる。ゆえに、各月の最適放流量の特性値としての平均値と標準偏差で示せば図-6, 7のごとくである。放流量の平均値は年間にわたって平滑化される。ただし、評価関数の係数 α が1.0の場合には、放流量の変動は流入量の変動に敏感となり、ほぼ追従している。これは評価関数形から予想される結果と一致する。また、平均値の年間変動を貯水池規模によって比較すれば図-8のごとくあり、規模の増大とともに目標放流量の年間平均レベルは上昇する。

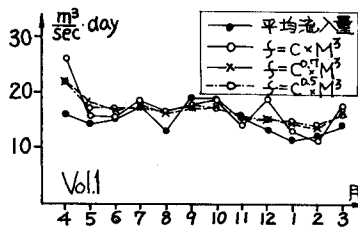


図-6 放流量平均値の年間変動

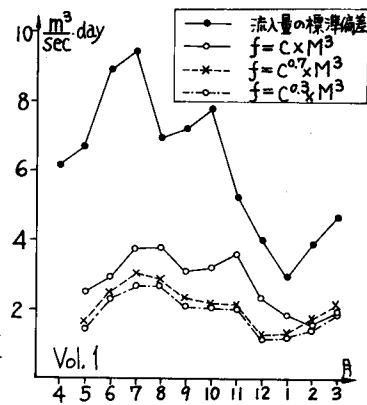


図-7 放流量の標準偏差の年間変動

標準偏差は流入量(対数正規分布)の標準偏差に比して明らかに減少し、係数 α が小さいほどその低減率は大きい。これは、 α が小さいほど放流操作における信頼性に比重を置かせるために相対的に貯水位は上昇し、分布の範囲が狭くなることによる。また、貯水池規模によって比較すれば図-9のごとく、規模の減少とともに標準偏差は増加する。

4. 貯水池の流量調整機能の評価

4.1 分布特性値による評価

貯水池の流量調整機能は各月の流入量の分布と放流量の分布との関係で評価することからできるだろう。ここでは、分布特性値としての上記の平均値と標準偏差を用いる。放流量の年間平均値は Vol. 1, Vol. 2, Vol. 1/2 に対してそれぞれ 16.5, 18.5, 15.0 (m³/sec/day) である。放流量の年間変動の平滑化は、貯水池規模が Vol. 1/2 になれば不十分(係数 $\alpha < 1.0$ でも)であり、無効放流の影響が強いと考えられる。

標準偏差について、流入量の値 σ_{in} と放流量の値 σ_* との関係を図示

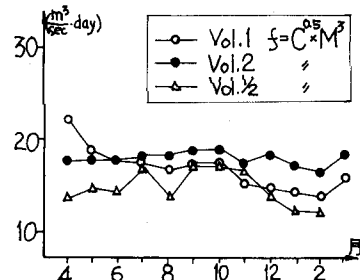


図-8 放流量平均値と貯水池規模との関係

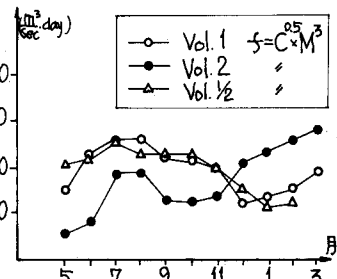


図-9 放流量標準偏差と貯水池規模との関係

すれば図-10.(a),(b)のごとく線形関係が得られる。したがって、標準偏差の低減率として比 σ_x/σ_{in} をとり、貯水池規模と評価関数とに対して示せば図-11のごとくである。

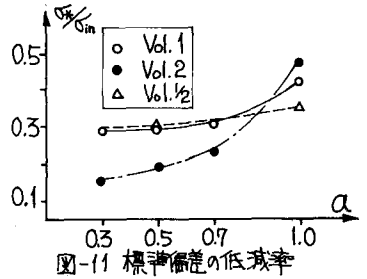
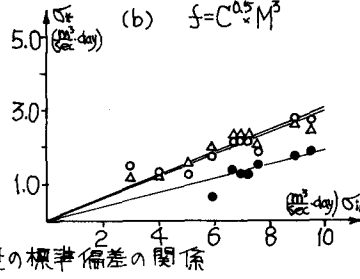
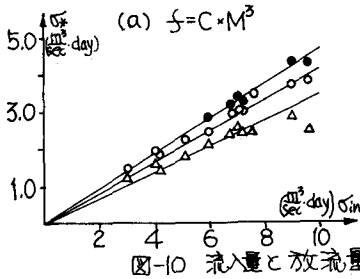


図-10 流入量と放流量の標準偏差の関係

図-11 標準偏差の低減率

4.2 無効放流量による評価

無効放流量は貯水池の流量調整機能を間接的に示す指標である。いま、貯水池規模ごとに無効放流量率の月別変化を示せば図-12.(a),(b),(c)のごとくである。図-9と比較すれば、標準偏差が極値をとる月と無効放流量率の大なる月は対応している。標準偏差と無効放流量率との関係を示せば図-13のごとくであり、両者の有意な相関が認められる。結局、流量変動の増大は無効放流量の増加となり、その結果、放流量が平均的に減少するというメカニズムを示唆するものである。流量調整機能における分布特性と無効放流量との関係はこの点にある。

最後に、本研究の数値計算に協力をいただいた、神戸大学大学院生：工藤明彦君に謝意を表します。

参考文献：

- 1), 2), 3) 室田, 神田 “貯水池による水供給の信頼性 (第1報), (第2報), (第3報)”, 第25回, 第26回, 第27回年次学術講演会講演集, 昭45.11, 昭46.10, 昭47.10.

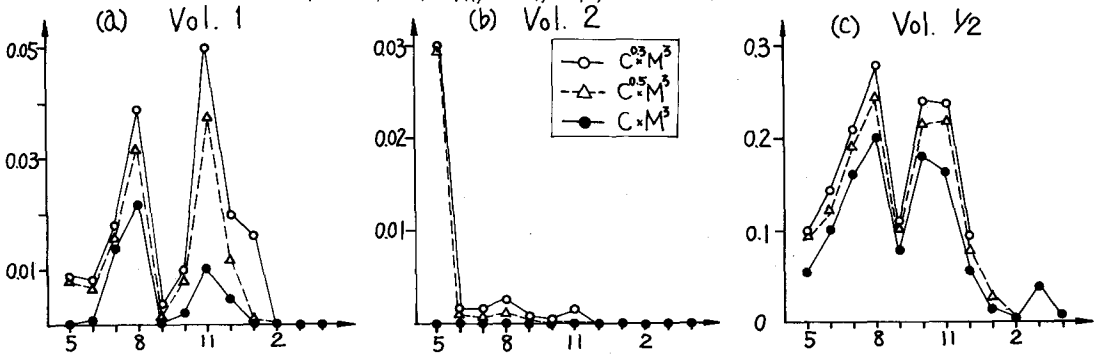


図-12 無効放流量と標準偏差との関係

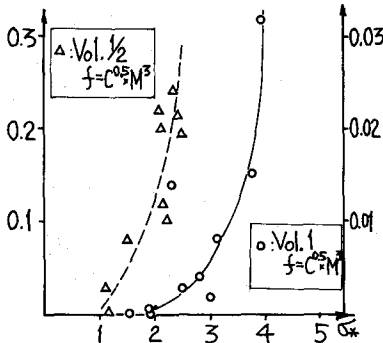


図-13 無効放流量と標準偏差との関係