

水資源計画における時間単位に関する研究(第3報)

—最適時間単位について—

大阪大学 工学部 正員 室田 明
近畿大学 理工学部 正員 江藤 剛治
大成建設株式会社 正員 田中 剛

1. まえがき：水資源計画の策定時において、どの程度の時間単位を用いるのが最適かという議論はかなり以前から繰り返されてきたにもかかわらず、未だこれに関する一般的な理論の展開も、当面の計画に対する選定法も確立されてはいない。たとえば琵琶湖のごとき大貯水池を有する流域に対して日単位で計画を立てることなどは、直感的に考えてもナンセンスである。しかもそれは単にデータ数の増減により計算機容量・計算時間の短縮が計れるなどといった単純な問題ではない。たとえば計画の基礎となる水文量の確率分布についても、日雨量では無降水・降水の2つの事象があり、その取り扱いがきわめて面倒となるが、旬以上を単位とする雨量ではその効果はほとんど無視できるし、¹⁾ 時系列特性についてもいろいろな流出成分の存在等による流域の非線型効果は、小さな時間単位を用いれば用いる程卓越してくる(これは第2報²⁾に続いて検討中である)。よって筆者らは水資源計画における時間単位に関する研究の一環として、最適時間単位の決定法に関する一般的な理論の展開とその実用化を試みている。本報告はその成果の一部である。

2. 理論と基礎的考察：降水量の変動は自然流域・人工貯水池・渇水の評価などの各システムを通過することにより平滑化され、それぞれのシステムの特性に關係する特定の周波数以上の高周波成分は無視しうるようになる。時間軸上でこの特定の周波数成分に対応するのは各システムの時定数である。これらはずぎのようにして計算される。

水資源計画の信頼度に関する研究で筆者らが行ってきたごとく、^{3,4)} ここでも、自然流域の貯留調節効果はその自己相関係数 ρ で代表され、これは $k = (-1/\ln \rho + 1/2) \cdot \Delta t$ によりさらに時定数 k に置き替えることができるものとする。人工貯水池システムについては筆者らの提案した等価線型貯留システムの貯留定数 α によりその時定数は近似されるものとする。渇水の評価にあたっては、このシステムのメモリー(時定数で代表される)は無視し、渇水回数・不足水量により渇水強度の評価を行なうものとする。

種々の確率分布・自己相関特性を持つ自然流入量時系列と貯水池の規模・目標放流量に対する渇水回数・不足水量を求める一般的な式は、既に筆者らによって導かれている。この式はづぎのごとく表わされる。Sample Sizeを N 、流入時系列の確率密度関数を $f(x)$ 、目標放流量を X_0 、不足水量を S_n 、渇水回数を n とすると、

$$n = N(1-m)q, \quad S_n = N(1-m)q|X_0 - k_1|, \quad (1)$$

$$\text{ここに、} q = 1 - p = \int_{X_0}^{\infty} f(x) dx, \quad m = \left(\frac{q}{\alpha + k_1} \cdot 0\right) / \left\{ q \{ k_1^2 + k_2 + B \cdot (K_1^2 + K_2) - (1+B) \cdot X_0^2 \} \right\},$$

$$B = -(X_0 - k_1) / (X_0 - k_1), \quad k_1 = \frac{1}{\alpha} \int_{X_0}^{\infty} x f(x) dx, \quad k_2 = \frac{1}{\alpha} \int_{X_0}^{\infty} x^2 f(x) dx - k_1^2,$$

$$K_1 = \frac{1}{p} \int_{X_0}^{\infty} x f(x) dx, \quad K_2 = \frac{1}{p} \int_{X_0}^{\infty} x^2 f(x) dx - K_1^2.$$

実用上の便益を考へて、ガンマ分布に対して $a, K_1, K_2, \dots$ などの値はすべてに図化してある。Eg.(1)より時間単位を変えていくと、計画の評価の基準としての n, S_n がどのように変わるかが計算できる。しかしながらこの式はやや煩雑なので、実用的な見地からは貯水池からの放流量時系列の時定数の近似値 $(a+k)$ と最適時間単位 Δt_{opt} との関係が与えられれば便利であろう。

3. シミュレーションの手順：資料はつぎの2種類を用いた。i) 正規分布・ガンマ分布について10000個のデータを発生させたもの、ii) 実測資料として琵琶湖・木津川月が瀬地点（高山ダム地点とほぼ同じ）における48年分の半月流量資料。

ダム操作方式としては一定量放流方式とした。以後の手順はつぎの通りである。

i) まず最小単位の流量（実測資料の場合は半月）を用いたシミュレーションにより、不足水量・渇水回数を計算する。ii) つぎにそれらの流量を2つずつ加えて作った流量資料（実測では旬流量）に対して同様の計算を行なう。以下順次時間単位を大きくして同様の計算を行なう。iii) 時間単位を横軸に、不足水量・渇水回数を縦軸に取って結果をプロットし、外挿により時間単位 $\Delta t = 0$ のときの不足水量・渇水回数を求める。iv) $\Delta t = 0$ のときの値で除して規準化した不足水量・渇水回数を計算し、これが $\Delta t = 0$ のときの値の80~120%となるときの時間単位を求め、これを最適時間単位 Δt_{opt} とする（ここでは仮に許容誤差を20%としている）。

4. 結果とその考察：Eg.(1)とシミュレーション結果を比較したものの例がFig.1である。この図よりEg.(1)がかなりの精度を有していることがわかる。また Δt_{opt} 決定の手順を示す図の例がFig.2である。 $(a+k)$ と Δt_{opt} の関係を示したものがFig.3, Fig.4である。これらの図において目標放流量の無次元量をパラメーターに取っている。実測資料に対して、実際にもっともよく使われる目標放流量 $X_0/\mu = 1/3 \sim 2/3$ の付近に対しては、最適時間単位は $\Delta t_{opt} = 0.7 \times (a+k)$ で近似できることがわかる。この値は琵琶湖で約1ヶ月、木津川高山ダムで約10日である。

5. 謝辞：昭和47年度大阪大学特別研究として本研究の遂行に協力していただいた植谷寿夫・藤黒邦博両氏に心から感謝の意を表する。また本研究は文部省科学研究費「特定研究：水資源（代表者：室田明）」の補助を受けて行なった。記して謝意を表する次第である。

【参考文献】1) 室田・江藤・田中：水資源計画における時間単位に関する研究—第1報—, 昭47.土木学会年講, 2) 同—第2報—, 昭48.関西支部年講, 3) 室田・江藤・吉岡：水資源計画の信頼性について, 昭47.土木学会年講, 4) 室田・江藤・吉岡：等価線型貯水池システムについて, 昭47.土木学会年講。

