Ⅱ−46　並列貯水池の放流量配分について

大阪大学工学部　正員　室田　明
神戸大学工学部　〃　神田　徹
大　阪　市　〃　○福岡成悟
関　西　電　力　〃　工藤明彦

1．貯水池群の最適操作について

貯水池群の放流ルールの最適化問題は，(i)計画期間内における放流量の時間的配分，(ii)任意時刻における各貯水池からの放流量の空間的配分，を同時に考慮して最適化を行なうことであるということができる。このとき，計算時間・dimensionalityの点から，理想的な配分方式を仮定して貯水池群を単一化することが好都合であることは言うまでもない。

一般に貯水池群を，これらの貯水池容量，流入量，初期貯水量の合計と等しい値をもつ単一貯水池におきかえるとき，貯水池群から有効に放流できる放流量の総量は，単一貯水池の場合よりも小さいか等しいかのいずれかである。そこで，貯水池群に対する必要放流水量が定められたときに，その機能を単一貯水池にできるだけ等しくする操作基準として並列貯水池群の場合に，いわゆる空間基準が提案された。この基準は，並列貯水池群における無効放流がすべての貯水池で同時に起こるように操作しようとするものであるが，計画期間内における貯水池群への流入量変動の予測精度に関して，その有効性を検討する余地が残されていると考えられる。また，貯水池群が持っている種々の制約条件のために，この基準が実行できなくなることも考えられる。このような場合に，並列貯水池群がどのような単一貯水池に機能的に対応するものかを考える。

2．等価単一貯水池

『2つの貯水池システムにおいて，入力（流入量）が等しいとき，貯水池システムから産み出される効用あるいは出力（放流量など）が，可能な貯水池操作によって同一となりうるとき，これらの貯水池システムは，貯水池の効用に関して等価な機能をもつ』と呼ぶことにする。この定義は，貯水池群の要素（初期貯水量，貯水池容量）の組み合わせのそれぞれに対応する等価な単一貯水池が存在しうることを意味する。その際，この等価な単一貯水池の設定には，貯水池群からの放流量配分をいかに行なうかが関係する。

そこで，貯水池への流入量の特性（平均，分散，相関），初期貯水量や貯水池容量等のパラメーターに対して，各貯水池からの放流配分方式と等価単一貯水池の要素との対応関係をしらべる必要がある。

以下には，このような問題に対する簡単な仮定に基づく数値計算例において，貯水池群と等価単一貯水池との対応関係についてのべる。

3．計算例

(1)計算条件

(i)並列2貯水池の容量は等しいものとし（$V_1=V_2=0.5V_0$），各貯水池への流入量は完全

予測が可能であるものと仮定し，その比率は次の4ケースを与える。① Case 1 ; $I_1=I_2=0.5 \cdot I_0$
② Case 2 ; $I_1=0.6 \cdot I_0$, $I_2=0.4 \cdot I_0$, ③ Case 3 ; $I_1=0.7 \cdot I_0$, $I_2=0.3 \cdot I_0$, ④ Case 4 ; $I_1=0.8 \cdot I_0$, $I_2=0.2 \cdot I_0$
ここに I_0 は月平均流入量。

(ii)放流方式としてはゼロ放流が生起しないようにするため以下を設定する。

$$Q_i = C_i \qquad \text{for} \quad S_i + I_i \geqq C_i$$
$$Q_i = S_i + I_i \qquad \text{for} \quad S_i + I_i < C_i$$

ここに Q_i は貯水池 i からの実放流量，S_i は貯水池 i の初期貯水量，I_i は貯水池 i への流入量，C_i は貯水池 i の目標放流量，(i = 1,2)。

(iii)合流点下流における評価関数としては，目標放流量と目標放流量の充足度の関数とし，次式で与える。

$$f = (C_1 + C_2)^{0.5} \times M^3 , \qquad M = \sum_i Q_i / \sum_i C_i$$

(iv)制約条件としては，目標放流量の上限値を各貯水池容量に設定した。

(2).計算結果

1水年間の評価関数値の最大値の代表的な貯水量の組み合せに対する変化を Fig-1，および Fig-2に示す。Fig-1は各貯水池の貯水量 S_i が等しい場合，すなわち $S_1 = S_2$，$r = S_1 + S_2$ の場合。Fig-2は両貯水池の貯水量の和が一定でその比率のみが変化する場合，すなわち $S_t = S_1 + S_2 = \text{Const.}$ の場合。これらの図にみられるように Case 1，Case 2 では単一貯水池の場合と比較して評価関数の値はほとんど相違がみられない。そして両貯水量の増加 (Fig-1の場合) に対して評価関数値はほぼ直線的に増加し，また，貯水量の比率の変化 (Fig-2の場合) に対しては Case 1，Case 2 ではほぼ一定値となっており，Case 3 や Case 4 のように流入量がアンバランスになると流入量の小さいほうの貯水量を相対的に多くすることによって，より大きい利益 (評価関数値) が得られることがわかる。このように流入量がアンバランスな場合，大きい流入量のある貯水池のみから無効放流が発生するために放流ルールに影響を及ぼし，利益そのものが低減するものと考えられる。

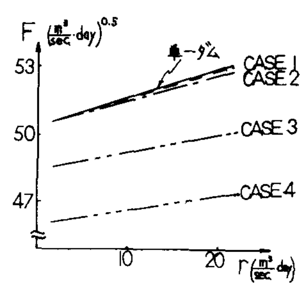

Fig-1. r方向の評価関数値の変化

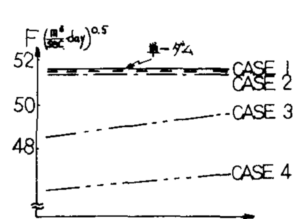

Fig-2. S_t 方向の評価関数値の変化

そこで，両貯水池からの最適目標放流量の和を r 方向に対して示せば Fig-3のようになる。図のごとく並列2貯水池からの最適目標放流量の和は，容量がそれらの和に等しい単一貯水池の最適目標放流量よりもいくぶん低減しており，その程度は流入量のアンバランスの程度と比例している。そしてこの単一貯水池の場合からの低減量の平均値は流入量比 I_1/I_2 に対してほぼ直線的な増加となることが確かめられた (Fig-4)。ここに $\overline{(C_s - C_p)}$ は並列2貯水池からの最適目標放流量の，単一貯水池の最適目

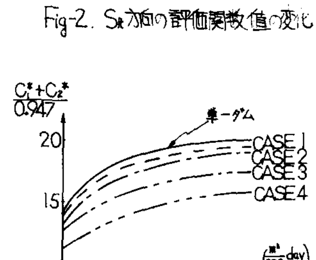

Fig-3. 放流ルールの比較

標放流量からの平均低減量，aは3.17なる定数である。

また，並列2貯水池からの最適目標放流量（それぞれ C_1^*，C_2^*）の比と流入量比との関係をFig-5に示す。図のごとく放流量の比は流入量比に対して低減しており，その程度は流入量のアンバランスの程度によって異なる。

以上の結果から明らかなとおり，並列2貯水池の放流量配分は空間基準による結果とかなり異なっている。すなわち，並列2貯水池の機能が単一貯水池の機能よりかなり低下するような放流量配分が選ばれている。この特徴は，前述の制約条件に起因するものと考えられる。

つぎに，並列2貯水池のr方向の平均放流量と単一貯水池の平均放流量とが等しくなるような単一貯水池容量が存在するので，これを等価単一貯水池とする。Fig-6の実線は単一貯水池の容量と最適平均目標放流量との関係を示したものである。そして並列2貯水池の各ケースについて求めた平均放流量（1例を図の矢印で示す）を与えるとこの図によって等価単一貯水池容量 V_E が決定できる。こうして求めた等価単一貯水池容量はCase 1で $0.92 V_0$，Case 2で $0.85 V_0$，Case 3で $0.78 V_0$，Case 4で $0.71 V_0$ であった。

本例では，並列貯水池の最適操作に関する定性的な特性を調べるために単純な計算ケースを用いたが，今後，貯水池群の操作に関して一般性のある計算を進めるつもりである。

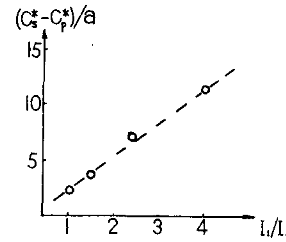

Fig-4. 単一の場合からの放流量の低減量.

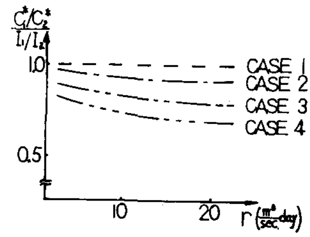

Fig-5 放流量比と流入量比との関係

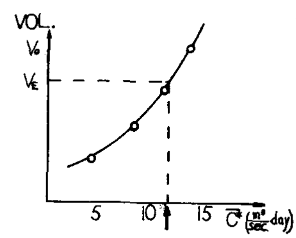

Fig-6. 等価単一貯水池容量の決定法.