V—30 多目的ダム群の最適操作について

京都大學防災研究所 正員 矢野勝正
〃 正員 石原安雄
京都大學大學院學生 ○正員 松原峯生

1、まえがき

洪水調節を含む多目的ダムが一水系に二つ以上築造されている場合には、洪水の合流、渇水増加などの効果を勘案してそれらの合理的操作方法を決定しなければならない。この場合どのような基準に立って考えるのがもっとも合理的であるかということが根本問題であって、とくに治水、利水の両目的をもつ多目的ダムの場合には問題である。ここでは現在の社会体制や河川行政などを考慮して、つぎのような基準によって多目的ダム群による利益を見積ることにした。すなわち、われわれは現在河川を利用し、またときとしては水害を受けながら社会生活を営んでいるのであって 利水面では水道用水、工業用水など他に代替することができないものを河川から取水し、治水面では社会生活の安定という点から、ある確率をもつ洪水以下の出水に対しては絶対に災害を与えてはならないわけである。換言すると、利水、治水の両面とも金銭で見積ることができない最低の線があると考えてよいだろう。したがって、多目的ダム群を築造することによってえられる利益を見積る場合には、上述の最低線を基準として、この線をこえる部分に対して利益額を計算し、そのときの総利益額が最大になるような操作方法をもって最適操作すなわち合理的操作と考えたわけである。

2、一水系の二つの支川にある二つの多目的貯水池群

多目的貯水池群のうちもっとも簡單であるが、もっとも基礎的な場合である。二つの貯水池の操作を同時に考察しなければならない。そこで二つの支川を"1","2" で表わし、支川"1" を基準として取り扱うことにする。計画期間を1年とし、これをn区間にわけて各区分期間内は平均的な意味での操作を考えるものとする。

さて、i番目の区分期間において、支川"1" に Q_{1i} の流量が生じたとき、支川"2" に Q_{2i} の流量が生ずる確率密度を $f_2(Q_{2i}|Q_{1i})$ とし、 Q_{1i} が生ずるそれを $f_1(Q_{1i})$ とすると、支川"1" に Q_{1i} が生じたときの総利益額の期待値は $i+1$ 番目以降n番目までの期間の最適操作に対する利益を E^*_{i+1}, i区間の利益を C_i とすると,

$$\int_{-\infty}^{\infty}\{C_i(V_{1i}, q_{1i}, Q_{1i}; V_{2i}, q_{2i}, Q_{2i}) + E^*_{i+1}(V_{1,i+1}, V_{2,i+1})\}\cdot f_2(Q_{2i}|Q_{1i})\,dQ_{2i}$$

で表わされる。したがって，すべての可能な Q_{1i} に対する期待値は上式に $f_1(Q_{1i})$ を乗じて積分すればよいから、結局この場合の基礎式は次式となる。

$$E^*_i(V_{1i}, q_{1i}; V_{2i}, q_{2i}) = \underset{\mathrm{var.}\ q_{1i}\, q_{2i}}{\mathrm{Max}} \int_{-\infty}^{\infty}\int_{-\infty}^{\infty}(C_i + E^*_{i+1})\cdot f_2\, f_1\, dQ_{2i}\, dQ_{1i} \quad \text{-------------------- (1)}$$

この場合の制限条件はつぎのようである。まず、連続の条件から、

$$\nabla_{1\,i+1}=\nabla_{1i}-q_{1i}+Q_{1i}\ ,\qquad \nabla_{2\,i+1}=\nabla_{2i}-q_{2i}+Q_{2i} \quad \text{-------------} (2)$$

また、上述した利水、治水の最低必要量の条件から、

$$\underline{q}_i \leqq q_{1i}+q_{2i} \leqq \overline{q}_i\ ,\qquad 0 \leqq \nabla_{1i} \leqq \overline{\nabla}_{1i} \leqq \nabla_1\ ,\qquad 0 \leqq \nabla_{2i} \leqq \overline{\nabla}_{2i} \leqq \nabla_2 \quad \text{-------------} (3)$$

となる。ここに、$\underline{q}_i$は利水上必要な最低量、$\overline{q}_i$はこれ以上の水量があっても利益とはならないような最大の水量であり、∇_1, ∇_2はそれぞれの貯水池の総有効貯水容量，$\overline{\nabla}_{1i}, \overline{\nabla}_{2i}$ は治水上の必要な最低基準から決められた制限水位以下の有効貯水容量である．したがって(1)式中のC_iの表示式がわかれば dynamic programming の手法によって最適操作方針が求められることになる。

3、利益関数 C_i の表示式

C_iの中には、普通発電利益 P_i，発電以外の利水利益 W_i，および洪水被害軽減による利益 F_i が考えられる．すなわち、$C_i = P_i + W_i + F_i$ -------------- (4)

(1) 発電利益 P_i： 二つのダムそれぞれに発電所が付随していると仮定すると、Q_{1i}, Q_{2i}が生起したときの発電利益は次式で与えられる。

$$P_i(\nabla_{1i}, q_{1i}, Q_{1i}\,;\,\nabla_{2i}, q_{2i}, Q_{2i}) = \psi\cdot\left[\lambda_1\left(\nabla_{1i}+\frac{Q_{1i}-q_{1i}}{2}\right)\cdot q_{1i}+\lambda_2\left(\nabla_{2i}+\frac{Q_{2i}-q_{2i}}{2}\right)\cdot q_{2i}\right] \quad \text{---------} (5)$$

ここに，λ_1, λ_2 は発電所1および2における水頭および発電所の効率によって定まる値であり、ψは単位電力量の価値である。

(2) 用水利益 W_i： これは使用した水量のみの関数と考えてよいから，

$$W_i(q_{1i}, q_{2i}) = \left\{\begin{array}{ll} k_i\cdot\{(q_{1i}+q_{2i})-\underline{q}_i\}\ , & \underline{q}_i \leqq q_{1i}+q_{2i} \leqq w_i \\ k_i\cdot\{w_i-\underline{q}_i\}\ , & w_i < q_{1i}+q_{2i} \end{array}\right\} \quad \text{-------------} (6)$$

となる。ここに，k_iは単位水量の価値，w_i は必要最大用水量である。

(3) 洪水被害軽減による利益 F_i： 洪水被害軽減額の計算は，二つの貯水池によって調節された洪水の合流を考えねばならないのでかなり面倒である．しかし、洪水の調節方式を定めれば合流後のピーク流量を計算することができる。さて、制限水位以上の容量を用いて洪水調節を行なったときの合流後ピーク流量を Q_p'、出水直前の水位以上の容量を用いたときを Q_p''，sをi區間の秒数とすると、被害軽減額F_iは次式で与えられる．

$$F_i(\nabla_{1i}, q_{1i}, Q_{1i}\,;\,\nabla_{2i}, q_{2i}, Q_{2i}) = \int_{-\tau_2}^{\tau_1} T(\tau)\,d\tau \int_{\frac{Q_{2i}}{s}}^{\infty} g_2(Q_{2p}|Q_{2i})\,dQ_{2p} \int_{\frac{Q_{1i}}{s}}^{\infty} \{x(Q_p'')-x(Q_p')\}\,g_1(Q_{1p}|Q_{1i})\,dQ_{1p} \quad \text{------} (7)$$

ここに，$T(\tau)$ は二つの支川からの出水時差τの確率密度、$g_1(Q_{1p}|Q_{1i})$，$g_2(Q_{2p}|Q_{2i})$ はそれぞれの支川において Q_i が生じたとき出水Q_p が生ずる確率密度、xは被害額である。

4、最適操作の決定

以上ですべての量がわかったので (5), (6) および(7)式を(1)式に代入し、(2)および(3)式の制約条件の下で最適放流量 q_{1i}^* および q_{2i}^* を求めればよい．なお貯水池が他の配置の場合にも、上と同様な考え方で最適操作を決定することができる。

最後に本研究は昭和35年度建設省建設技術補助金の交付をうけて行なった研究であることを付記する．