

(株) 新井組 正会員 山下 真史
神戸大学工学部 正会員 神吉 和夫

1. はじめに 我国では、河川上流にダムを建設し下流で取水を行う方法が一般化している。中安氏らは、ダムの位置特性を取り上げ、ダムの流域面積が変わることによる貯水池の貯留状況の変化などについて検討している。¹⁾ 本研究では河川の流況を単純な三角波でモデル化し、河川下流で一定取水を行う場合の必要なダム容量と取水可能量について考察を行った。

2. ダム下流取水のモデル化 図-1,2に示すように、ダム地点での流況を三角波とし、取水地点ではダム地点の流況が n 個集まると考える。ただし、流下時間は考慮していない。

3. 取水可能量とダム必要容量 上流にダムを建設し、下流で一定取水を行う時、一周期のあいだに不足する流量の総量は、図-3の斜線をひいた三角形の面積に等しい。一方、ダム地点で貯留可能な流量の計算方法は次のとおりである。図-3において、①取水地点の流況 ②取水地点の流況からダム地点の流況をひいたもの(ダム流域以外からの流出) ③ダム地点の流況 とする。取水量 Q が Q_1 以下のときは、ダムを建設しなくても取水可能である。取水量が Q_1 を超えたとき、②のグラフから、 $t_2 \sim t_3$ 間はダム流域以外からの流出のみで取水は可能である。言い換えれば、ダムに流入する水を全部貯留しても良いことになる。時刻 t_4 においては、②のグラフと③との縦距がダムから放流しなければならない量を表し、その量は t_3 で0、 t_5 でダムへの全流入量であり、その途中では直線的に変化する。時刻 t_5 から t_6 にかけてはダムへの流入量を全部放流するとともに、貯留した水を不足分だけ放流しなければならない。図-3では $Q \leq Q_{L2} - Q_2$ の場合を示すが、 $Q > Q_{L2} - Q_2$ のときは t_1 から t_5 にかけて②と③のグラフの縦距だけ放流し、 t_5 から t_6 にかけては全流入量と貯留量を不足分だけ放流しなければならない。各場合について、ダムでの貯留可能量を図にすると、図-4の斜線の部分の面積になる。不足量を V_n 、貯留可能量を V_a とすると、 $V_a \geq V_n$ のとき一定取水 Q が可能となり、 V_n, V_a はそれぞれ次のようになる。

○不足量 V_n
$$V_n = \frac{(Q - nQ_1)^2}{2n(Q_2 - Q_1)} \quad \text{--- (1)}$$

○貯留可能量 V_a $Q \leq Q_{L2} - Q_2$ のとき $Q > Q_{L2} - Q_2$ のとき

$$V_a = \frac{T}{2} \frac{1}{Q_2 - Q_1} \left\{ Q_2^2 - \frac{Q^2}{n(n-1)} \right\} \quad \text{--- (2)} \quad V_a = \frac{T}{2} \frac{(nQ_2 - Q)^2}{n(Q_2 - Q_1)} \quad \text{--- (3)}$$

$V_a \geq V_n$ でなければならないことから、(1)~(3)式を整理し無次元化すると、次のようになる。

[1] $\frac{2n-2}{2n-1} < A$ のとき [2] $\frac{n-2}{n-1} \leq A \leq \frac{2n-2}{2n-1}$ のとき [3] $A < \frac{n-2}{n-1}$ のとき

取水量 $B = nA$ まで取水可 $B \leq nA$ のときダムなしで取水可 $B \leq nA$ のときダムなしで取水可

(最低流量以上の取水は不可) $B > nA$ のとき $B = n$ まで取水可 $B > nA$ のとき

その時 $C = 0$

(平均流量まで取水可)

その時、 $C = \frac{1}{n} \frac{(B - nA)^2}{4 - 4A}$

$D = \frac{1}{n} \frac{\{n(A-2) + B\}^2}{4 - 4A}$

$B = (n-1)A + 2\sqrt{(n-1)(1-A)}$ まで取水可

(平均流量までは不可)

その時、 $C = \frac{1}{n} \frac{(B - nA)^2}{4 - 4A}$

$D = \frac{(A-2)^2 - B^2/n(n-1)}{4 - 4A}$

ただし、 $A = \frac{Q_1}{(Q_1 + Q_2)/2}$: ダム地点での平均流量と最低流量の比。 $0 \leq A \leq 1$

$B = \frac{Q}{(Q_1 + Q_2)/2}$: ダム地点での平均流量と、取水量の比。 $0 \leq B$

$C = \frac{V_n}{T(Q_1 + Q_2)/2}$: ダム地点に一周期に流入する流量の総量と、不足量、貯留可能量の比。 $0 \leq C \leq 1$

$D = \frac{V_a}{T(Q_1 + Q_2)/2}$: $0 \leq D \leq 1$

4. 結果と考察 図-5はAとnの値により、[1]~[3]のいずれの場合にあてはまるかを示した図である。

[1]ダムを造っても最低流量を越えて取水することはできない。 [2]平均流量まで取水可。 [3]平均流量までは取水できない。 ダム直接取水では平均流量まで取水可に対して、下流取水の場合は、それ以外に[1],[3]があり、[3]が一般的なことがわかる。また、図-6はnとCの関係を $A=0.75$ の場合について、Bの値を変化させて示した。nが大きくなるとそれぞれの曲線は $C=0$ に限りなく近づく。また、曲線がnの途中から始まっているのは、それより小さいnでは、 V_a が V_n を下回り取水が不可能となるためである。Bの値が大きくなると、取水可能な範囲は下流へ移動し、曲線の始点は $C=1$ に近づく。

5. おわりに 今後、モデルを実際の条件に近いものにおきかえ、同様の検討をさらに進める予定である。

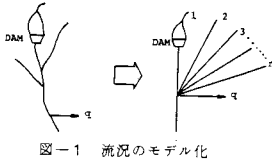


図-1 流況のモデル化

ダム地点 Q_1 :最低流量
 Q_2 :最高流量
 $\bar{Q}$:平均流量
 取水地点 Q_{L1} :最低流量
 Q_{L2} :最高流量
 $\bar{Q}_L$:平均流量
 T_L :周期

$$\begin{aligned} Q_{L1} &= n Q_1 \\ Q_{L2} &= n Q_2 \\ \bar{Q}_L &= n \bar{Q} \\ T_L &= T \end{aligned}$$

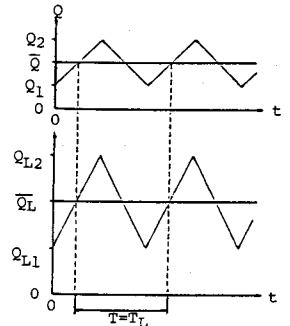


図-2 ダム地点、取水地点の流況

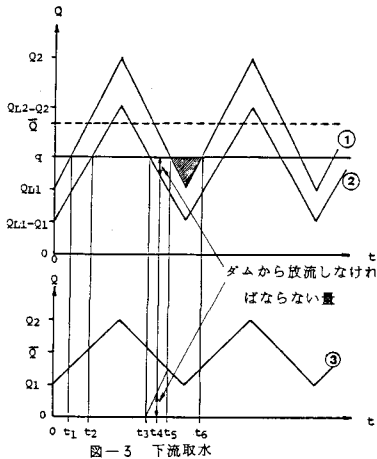


図-3 下流取水

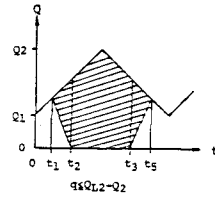


図-4 貯留可能量 V_a

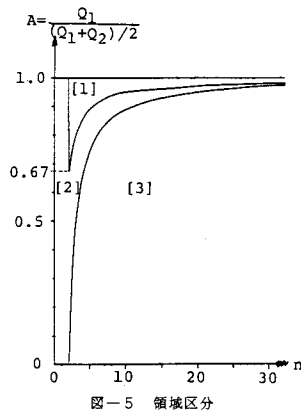
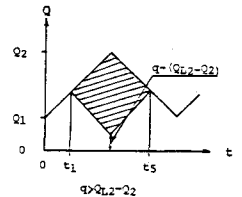


図-5 領域区分

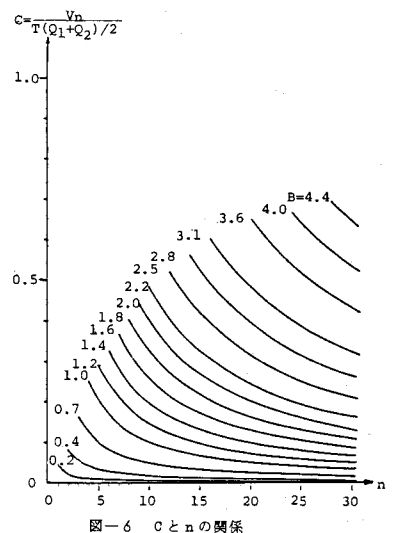


図-6 Cとnの関係

参考文献 1) 中安 正晃, 松下 越夫;

“水資源開発計画におけるダムの位置特性に関する一考察”
 土木技術資料 26-11 (1984)