

異常洪水時のダム操作手法とその運用について

松江工業高等専門学校 正会員 裏戸 勉

1. はじめに

ダムによる洪水調節において、計画規模を上回る異常洪水に対しては「ただし書き操作要領」が定められているが、この要領は、異常洪水に対しダムの最大放流量をできるだけ少なくすることを目的とする適応操作の要領とは言えない。このようなことから、放流率 R を貯水量 V に応じて変化させ放流量を決定していく方法（以下 $V\sim R$ 法という。）をAダムに適用した結果、異常洪水時のダムの適応操作手法として実用可能なことを示した¹⁾。本論文では、この $V\sim R$ 法による操作手法の特徴と、これまでの検討結果をもとにこの手法の運用方法について述べる。

2. $V\sim R$ 法の特徴

$V\sim R$ 法は現場での経験をもとに考案した。この方法には次のような特徴がある。

① 貯水量が増加するにしたがい放流率を増し、満水時に放流率 R を100%とするもので、洪水の規模に関係なく普遍的に適用できる。

V と R の関係を模式的に示したのが図1である。なお、図の時刻 t における放流率 R_t は

$$R_t = \{(B-A)/(C-A)\} \times 100 (\%) \quad (1)$$

② 貯水量の増大につれ放流量を過増させていき、満水位で最大放流量となる山形の放流波形でなく、頂部がフラットな放流波形となる。この方法では最大放流量を抑制することができる。

③ 情報として、貯水量（空き容量）、放流量、流入量とその波形（波形は既往洪水の波形に基づく基準流入波形）を用いることにより、特別な判断とか予測なしに放流量を決定することができる。このことは一般に図2に示す時刻 t において以後の放流量を決定する場合に必要な情報と同じである。

3. $V\sim R$ 法による操作要領の作成

$V\sim R$ 法による操作要領は以下の手順で作成する。

① 対象洪水の設定 既往の主要洪水について、所定のルールによる必要容量がダムの洪水調節容量に等しくなるように、洪水の流入波形を増減させる。この場合の洪水波形の設定には、実績降雨量を増減させ流出量に変換するか、近似的に実績洪水波形に増減率を乗じてよい。これらの中のいくつかについて次の②に述べるような方法で $V\sim R$ 関係を描く。

② 放流率 R の算定式の決定 前記3.①で設定した洪水低減部について必要容量 V と放流率 R との関係を時間を逆進させ図1(b)のように描く。

これらの曲線を数式で表すことが出来れば、以下に示す方法で R を求めることができる。このため、洪水の低減部の波形を片対数紙にプロットしてみると直線に近いことから、この性質を利用して R 算定用基準流入波形を式(2)で表すこととする。

（図(4)参照）

$$y = a b^x \quad (2)$$

ここに、 a :計画最大放流量、 b :1/低減比 r （時系列を逆にするので増加比）で $Q_{it}/Q_{it-1}=1/r$ 、 X :60分とする時間経過を表す。この基準流入曲線上において放流量 Q_{ot-1} に対応する X の値を S とする。次に、時間 S から F までの間において Q_{ot-1} 以上の流水を調節するとした場合の必要容量を V_{n-1} とすれば、この値が時間 $t-1$ における空き容量に等しければよいとして式(3)により F の値を定めればよい。

$$V_{n-1} = \left[\int_S^F a b^x dx - Q_{ot-1}(F-S) \right] \times 3600 \quad (m^3) \quad (3)$$

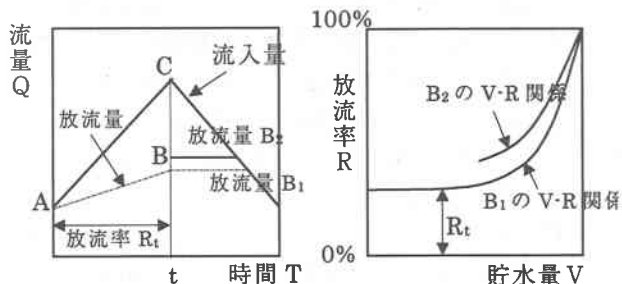


図1.(a) 洪水調節模式図

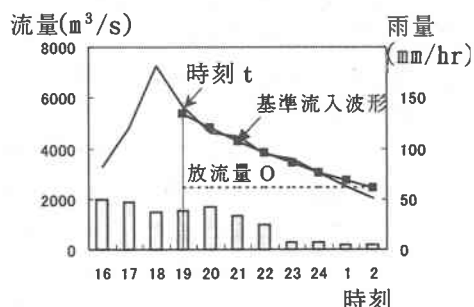
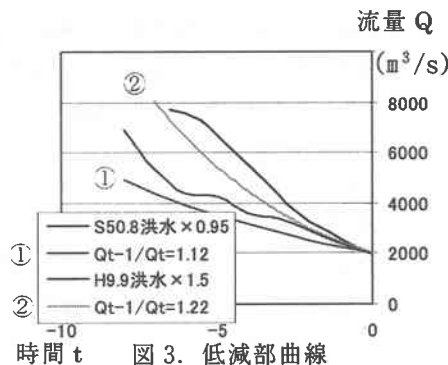
図1.(b) $V\sim R$ 関係図2. 放流量 Q の決定

図3. 低減部曲線

この X の値 F が求まれば、 $Q'_{it} = ab^F$ を求めることにより放流率 R_{t-1} は式 (4) で求められるが、これを次のステップ t 時の放流量計算に用いる R とする。したがって、放流量 Q_{ot-1} は式 (5) により求められる。この値を次のステップ t 時の放流量とする。なお、 Q_{it-1} と Q'_{it-1} とは同時刻の値であるが、異なるのが普通で、これを区別して扱う。

$$R_{t-1} = (Q_{ot-1} - Q_s) / (Q'_{it-1} - Q_s) \quad (4)$$

$$Q_{ot-1} (= Q_{ot}) = (Q_{it-1} - Q_s) \times R_{t-1} + Q_s \quad (5)$$

A ダムの場合、昭和 50 年 8 月洪水タイプには $b=1.12$ 、平成 9 年 9 月タイプには $b=1.22$ の値を用いて作成した $V \sim R$ 曲線により洪水調節計算を行った結果、図 5、表 1 に示すように良好な結果を得た。前者の $V \sim R$ を後者の異常洪水に用いても、洪水調節に使用したダム容量の使用率の減は約 1 割であるが、降雨がピーク付近に集中し、後者の増嵩 3 時間雨量は前者の約 2 倍であり、その年確率も $1/250$ と小さい。したがって、実際に用いる $V \sim R$ は前者とし、短時間の雨量の年確率が $1/100$ となるような場合には、後者の $V \sim R$ を用いるなど適用条件を決めておけばよいと考える。

4. $V \sim R$ 法の運用方法

洪水調節の開始から流入のピーク確認後 30 分までは、操作規則にもとづき洪水調節を行っていき、放流量が計画最大値を上回ることになれば、計画最大放流量を放流するものとする。ピーク確認後 30 分としたのは、放流警報等のための時間的余裕、洪水規模・計画最大放流量以上放流の必要性の判断、さらにピークが先鋭な場合、放流量が必要以上となることなどを考慮したからである。

ピークから 30 分以後においては $V \sim R$ 法を適用していき、求めた放流量が直前のステップ（現場の経験から 30 分が適当と考えた。）での放流量を下回る場合は、原則として直前の放流量を放流するものとする。

しかし、操作規則による放流量が計画最大放流量を上回ることとなった場合で、警報等も済み放流量増大が可能となった場合は、ピーク流入量確認前でも $V \sim R$ 法を適用し、その結果計画最大放流量以上の放流の必要があれば、その流量を放流していくことで特に問題はない。また、二山洪水とかの複数のピークを持つ洪水の場合でも、 $V \sim R$ 法を適用して特に問題はないと判断される。したがって、実績洪水の検討で良い結果が得られれば、ピーク確認前からの $V \sim R$ 法適用も十分考えられる。

図 5 に示した 2 つの洪水は、操作規則によるといづれもダム洪水調節容量 9000 万 m^3 の 1.1 倍の容量を必要とするものである。なお、計画最大の流入量および放流量はそれぞれ 4700 m^3/s 、2000 m^3/s である。

5. おわりに

今後は、この方法の運用方法についてさらに検討し、モデルダムで実用に供してみたいと考えている。最後に、資料を提供して頂いた事務所関係の方々にお礼申し上げます。また、検討資料の作成において平成 11 年度本校卒業の門脇佑也氏の協力を得た。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 裏戸 勉：異常洪水時のダム操作手法について、ダム工学会第 10 回研究発表会、1999

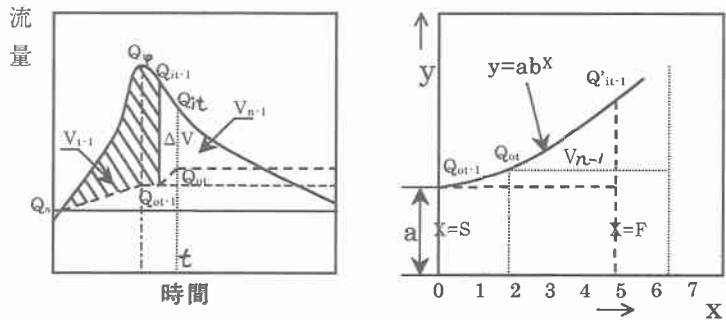


図 4. 基準流入曲線を用いた放流率 R の算定法

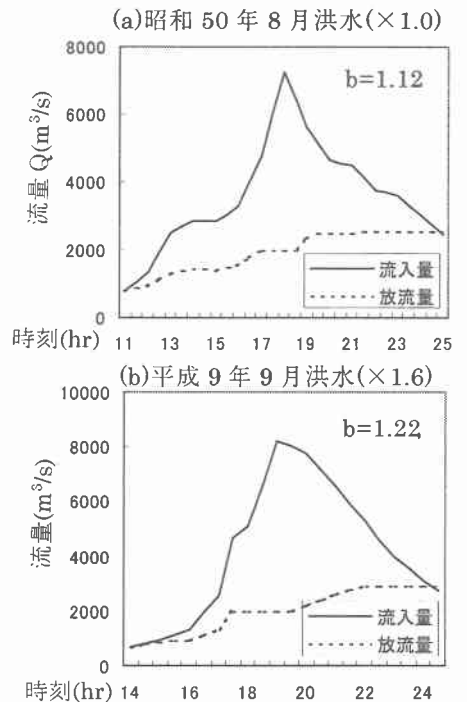


図 5. 洪水調節図

表 1. $V \sim R$ 法による洪水調節結果

対象洪水	最大流入量(m^3/s)	$b=1/r$	最大放流量(m^3/s)	容量使用率(%)
S50.8 $\times 1.0$	7240	1.12	2543	97.3
		1.14	2587	99.2
H9.9 $\times 1.6$	8208	1.22	2947	96.9
		1.24	2924	98.1
H5.8 $\times 1.6$	6635	1.14	2639	93.9