

早明浦ダムのただし書操作における VR 法適用の検討

○宮崎智也¹・松森博²・福岡亮平³・村上一徳⁴

概要：

早明浦ダムは、昭和 50 年 4 月の管理開始以降、97 回の洪水調節を実施し、このうち 4 回は計画高水流量を超えるものであった。

異常洪水時のただし書操作は、水位によって放流量を決定する方式のため、現在定められているただし書操作要領によるシミュレーションを行うと、洪水調節容量を残して終了するケースが多い。そこで、池田総管では、洪水調節容量を使い切り、下流に流す流量をできるだけ小さくする手法として空き容量・放流率法（以下「VR 法」という。）の適用を検討している。

VR 法によるただし書操作は、現行のただし書操作と比べて最大放流量を小さくするものであり、安全かつ効果の大きい、また職員による個人差のない操作とすることが求められる。

本稿は、早明浦ダムにおける VR 法の適用性と操作方法を種々のシミュレーションから検討し、とりまとめたものである。

キーワード：洪水調節、ただし書操作、VR 法

1. はじめに

早明浦ダムは、一定率一定量放流方式の洪水調節を行うダムであり、その主な諸元は次のとおりである。

- ①洪水流量 : 800m³/s
- ②計画高水流量 : 4,700m³/s
- ③計画最大放流量 : 2,000m³/s、
- ④サーチャージ水位 : EL. 343.00m
- ⑤常時満水位／夏期制限水位 : EL. 331.00m／EL. 329.50m
- ⑥ただし書操作開始水位 : EL. 340.30m

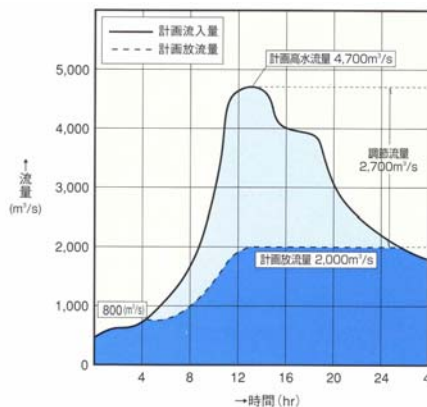


図-1 早明浦ダム洪水調節図

早明浦ダムでは、管理開始以降 97 回の洪水調節を実施しており、このうち、計画高水流量を超える洪水を 4 回経験している（平成 25 年 10 月 15 日現在）。

平成 17 年 9 月の台風 14 号による洪水では、最大流入量 5,639m³/s を記録したが、当時は貯水率が 0% となる渇水であり、洪水調節開始時の貯水位が EL. 288.62m であったため、最大放流量は 695m³/s に抑えられた。しかし、この台風を夏期制限水位で迎えていれば、ただし書操作に至り、最大放流量は約 3,600m³/s に達していたと予測される。

現在の「ただし書操作要領」では、放流量は貯水位により定められており、サーチャージ水位で 4,700m³/s の放流となる。現在の要領による操作（以下「現行操作」という。）で既往洪水のシミュレーションを行うと、流入量の低下によって貯水位が上がりきる前に流入＝放流の水位維持操作となり、最終的に洪水調節容量が余ることが多くなる。

これを解消するため、最大放流量を抑え、洪水調節容量を効率的に使用する VR 法を適用したただし書操作（以下「VR 操作」という。）のシミュレーションから、効果的な操作方法を検討した。

1. 池田総合管理所 第一管理課

2. 池田総合管理所 第一管理課 課長

3. 吉野川局 施設管理課 主幹

(前 池田総合管理所 第一管理課 主幹)

4. 池田総合管理所 早明浦ダム・高知分水管理所 主幹

2. VR 操作によるシミュレーション

2.1 VR 法の概要

VR 法とは、流入量の低減予測を用いて、洪水調節容量を使い切るような一定の放流量を計算する手法である。

低減予測は次式により表される。

$$Q_{in}(t) = Q_{in}(0) \times e^{-At}$$

ここで、「t:経過時間」、「 $Q_{in}(t)$:t 時間後流入量」、「 $Q_{in}(0)$: 検討時 t=0 流入量」、「A:低減係数」である。

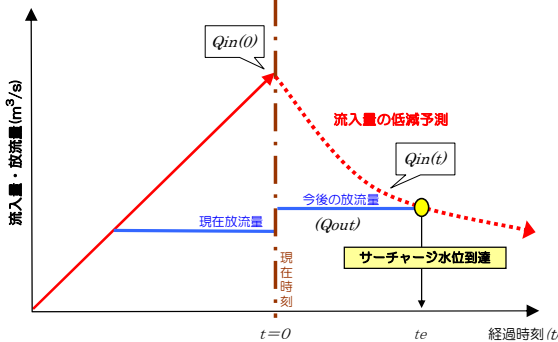


図-2 VR 法による洪水調節模式図

VR 操作により最大放流量を抑えることで、ダム下流の洪水被害軽減に資することができる。

2.2 下流河川水位の予測と VR 法の適用時期

VR 操作は、前述のとおり、現行操作に比べてダムからの最大放流量を抑制するものであるが、これはダム下流域の条件によっては洪水被害軽減とイコールではない。早明浦ダム下流域では、図-3 に示すようにダムサイト直下で2つの支川と合流しており、洪水被害を考えるうえでは、そこから約3km下流にある本山橋基準地点の水位を下げるのが重要である。

そのためには、VR 操作によりダムからの最大放流量を低くすることに加え、ダム放流の増加を支川流量のピークとずらすことが必要となる。



図-3 早明浦ダム下流域の状況

2.2.1 本山橋地点水位の予測

本山橋地点水位は、同地点の流量をダム放流量と支川流量から予測することにより求められる。

過去の実績から、ダム放流量は20分で本山橋地点へ到達するものとし、支川流量は50分前のダム流入量に流出率を乗じて算出している。流出率は、代表的な洪水実績から5つの区分を設けているが、今回の検討では平均的な流出率の約50%を用いた。これらにより求めた本山橋地点流量をH-Q式で換算し、河川水位の予測を行っている。

2.2.2 VR 法の適用時期による本山橋地点水位の変化

図-4は、平成17年台風14号洪水の実績波形を用いて、VR 法の適用開始時期を変えてシミュレーションを行った一例である。

流入量ピーク直後から VR 法を適用した放流を実施した場合、放流量の急増が生じ、またダムからの最大放流量は小さくなるものの、支川流量のピークと重なるために本山橋地点水位は高くなってしまふ。

このような危険性を排除するため、VR 法は「現行操作による放流量>VR 操作による放流量」を満たした時点で適用するものとした。この条件下においては、ダム放流量のピークカットにより、確実に本山橋地点水位の低下につなげることができる。

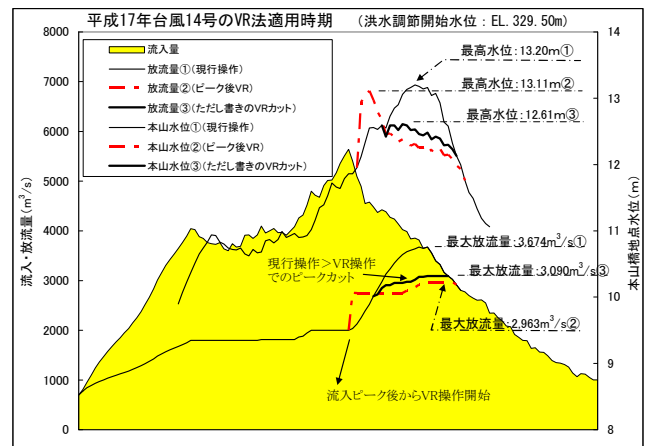


図-4 VR 適用時期による本山橋地点水位の変化

2.3 低減係数の検討

VR 操作は、2.1 で示した流入量の低減予測式を元に行っているため、低減係数の設定によって結果は変化する。低減係数が小さすぎると、「現行操作による放流量>VR 操作による放流量」の条件から VR 法の適用時期は早めることができるが、適用後から放流量増が必要となる可能性が高い。一方で低減係数が大きい場合は、同様の条件から VR 法の適用は遅くなり、ピークカットとしての効果は小さくなる(図-5)。

低減係数は、実際には洪水毎で異なり、また流入ピークからの時間経過によっても変わってくるものである。しかし、実操作において、実績を見ながら低減係数を見

直し、適宜修正していくというのは非常に煩雑で難しい操作になる。

そこで、既往洪水から最大流入量の上位3洪水(①昭和50年台風5号、②平成17年台風14号、③平成9年台風19号)の実績波形を基にシミュレーションを行い、低減係数を固定するための最適値の検討を行った。

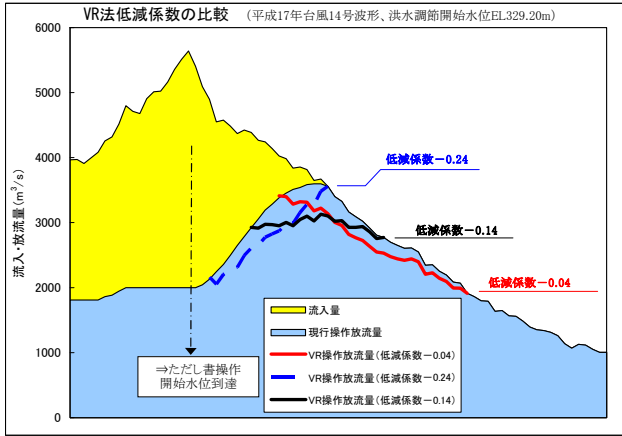


図-5 低減係数による放流量の変化

シミュレーションの結果は、設定値別に「最大放流量」と「本山橋地点水位」の低減量として一覧表にとりまとめた。表-1は、昭和50年台風5号洪水の結果を代表として掲載するものである。平均値や制限水位付近での低減量が大きいことから、「低減係数：-0.14」における効果が高いことが示された。この結果は平成17年台風14号洪水でも同様であった。

なお、洪水調節開始水位が高い場合などに、一部でVR法の適用がマイナスに作用する危険性も生じるが、これはVR操作移行時の上限水位を設ける等の条件により回避が可能である。

実績洪水の波形(ピーク~2,000m³/s まで)を低減曲線に重ねてみると、昭和50年台風5号及び平成17年台風14号とも「低減係数：-0.16」に相当する。その他の大規模洪水を含めると、低減係数の幅は、「-0.14~-0.28」であり、上述した「-0.14」は最も緩やかな低減となる。これは操作としては安全側に作用するものであることから、低減係数としては最適であると判断した。

3. 誰がやっても同じ操作

ただし書操作要領の規定による操作開始の条件は、①ただし書操作開始水位を超えること、②その後サーチャージ水位を超えることが予測されることの2つが条件となっている。しかし、特に②については高度な流出予測が必要であるが、異常洪水という非常事態の状況下では、地元自治体への対応や通知警報等に人員、時間を費やさ

表-1 昭和50年台風5号洪水におけるVR法の効果

VR法による最大放流量の低減量 (m³/s)

洪水調節開始水位	VR法 (-0.08)	VR法 (-0.10)	VR法 (-0.12)	VR法 (-0.14)	VR法 (-0.16)	VR法 (-0.18)	VR法 (-0.20)	VR法 (-0.22)	VR法 (-0.24)
324.20	-514	-637	-741	-803	-906	-909	-909	-909	-904
325.20	-535	-646	-729	-821	-903	-903	-903	-903	-903
326.20	-551	-651	-732	-800	-869	-905	-931	-860	-851
327.20	-564	-653	-721	-772	-807	-820	-813	-742	-682
328.20	-590	-666	-722	-762	-777	-739	-706	-625	-565
329.20	-581	-630	-664	-681	-680	-615	-502	-370	-273
330.70	-383	-479	-499	-452	-357	-241	-120	-63	-33
331.20	-340	-423	-455	-366	-207	-160	-131	-131	-101
332.20	-326	-387	-404	-374	-345	-315	-315	-251	-166
332.70	-319	-353	-367	-372	-362	-299	-185	-65	-65
333.20	-265	-268	-254	-228	-194	-87	-33	71	191
333.70	-190	-161	-112	-48	88	88	112	112	112
334.20	-63	-2	22	22	46	46	69	69	69
334.70	-61	-37	-37	-37	-13	-13	-13	-13	-13
平均値	-377	-428	-458	-464	-442	-412	-377	-327	-292

VR法による本山橋最大河川水位の低減量 (m)

洪水調節開始水位	VR法 (-0.08)	VR法 (-0.10)	VR法 (-0.12)	VR法 (-0.14)	VR法 (-0.16)	VR法 (-0.18)	VR法 (-0.20)	VR法 (-0.22)	VR法 (-0.24)
324.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
325.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
326.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
327.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
328.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
329.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330.70	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02	-0.02
331.20	-0.25	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.26	-0.23
332.20	-0.31	-0.37	-0.42	-0.45	-0.46	-0.47	-0.43	-0.36	-0.28
332.70	-0.26	-0.32	-0.35	-0.36	-0.35	-0.32	-0.24	-0.08	-0.06
333.20	-0.12	-0.12	-0.17	-0.19	-0.19	-0.10	-0.03	0.08	0.21
333.70	0.00	-0.04	-0.04	-0.03	0.00	0.04	0.04	0.04	0.04
334.20	0.00	0.00	-0.03	-0.03	-0.03	-0.05	-0.05	-0.06	-0.17
334.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
平均値	-0.07	-0.08	-0.09	-0.10	-0.09	-0.09	-0.07	-0.05	-0.04

(※濃いハッチングはVR操作の効果最大を示した箇所)

(※薄いハッチングはVR操作が逆効果となった箇所)

なければならぬため、時間的余裕も少ないと考えられる。

図-6は平成17年台風14号の洪水調節をEL.319.20mから開始した場合のシミュレーションであるが、ただし書操作開始水位到達時の流入量は4,000m³/s程度となっている。結果としては、VR操作により2,000m³/sの定量放流を継続してもサーチャージ水位を超えることはないが、その場で予測し判断することは非常に難しい。

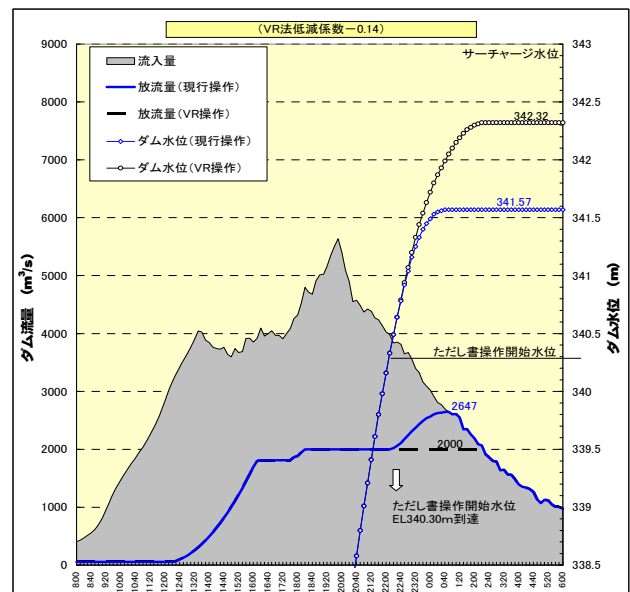


図-6 VR操作による定量放流の継続
(平成17年台風14号：EL.319.20mから開始)

それに対し、降雨予測や気象条件から VR 操作への移行が判断されていれば、定量放流からの増量をしなくても良いことが計算により示される。仮に流入量の低減が途中で緩くなったとしても、VR 操作の計算からどこまで増量すべきか求めることができる。

昨今では、要領やマニュアル作成時に「誰がやっても同じ操作」となることを求められている。現行操作によって放流量を増加させながら、「洪水調節容量が余る」ことを避けようと検討を繰り返すより、VR 操作への移行を判断し計算に基づいて増量を行っていく方が、これに近づくものと考えられる。

4. 二山洪水に対する検討

VR 法は、その目的として洪水調節終了時にはサーチャージ水位により近づけるものである。もし VR 法を適用した直後に新たな出水があれば、その洪水調節においては放流量の増加や河川水位の上昇を伴う可能性もある。

このような、いわゆる「二山洪水」に対しては、VR 操作への移行条件を次のとおり定めることによってリスクを回避できるものと考えている。

- ①現在以降のまとまった降雨の予測がなく、気象レーダで雨域が確認されない。
- ②台風の中心位置が過去の実績による流入ピーク範囲を通過しており、実際に流入ピークを過ぎたことを確認している。
- ③南海上には台風や熱帯低気圧が発生していない。

4.1 二山洪水のシミュレーション

二山洪水には、流入量のピークが離れているタイプと近いタイプがある。

前者は2つの台風が間を空けずに接近するような場合であり、ある程度は貯水位の低下を見込むことができる(図-7)。

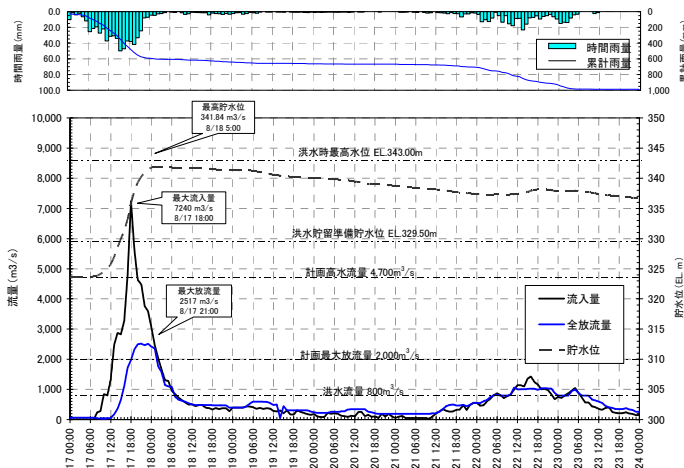


図-7 昭和 50 年台風 5 号・6 号(実績)

たとえ制限水位まで貯水位を下げるができなかったとしても、二山目の流入ピークが 3,000m³/s 程度の出水であれば、再度 VR 操作により最大放流量を抑えることが可能となる。

後者は1つの台風の中で降雨パターンに山ができるような場合である。このようなタイプの洪水は、実績洪水あるいはそれを計画雨量規模に引き伸ばしたシミュレーションにおいて、一山でただし書操作開始水位に到達する可能性は少ない(図-8)。また、一山目の段階でその後が続くであろう洪水がまったく予想できないものとは考えにくいいため、前述の移行条件から VR 法の適用は回避することができる。

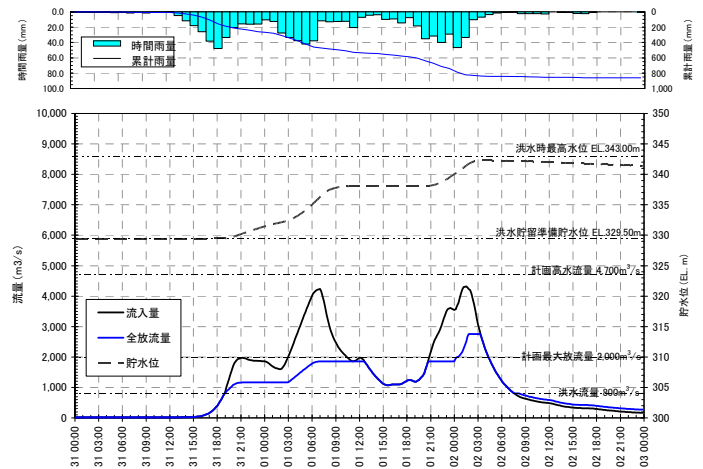


図-8 平成 16 年台風 10 号洪水 (雨量引延ばし 1.2 倍によるシミュレーション)

5. おわりに

本稿で示した VR 法の適用は、現行ただし書操作による放流量を超えない範囲で運用するものであり、少ないリスクで効果を得られる手法であると考えている。また低減係数を固定することで、現在のただし書操作要領にあるようなテーブル表が作成できるため、洪水対応演習のような既知データが貯水位のみという状況下でも操作が可能となる。VR 法の適用には、関係機関との十分な協議・調整が必要であるが、早期実現に向けて進捗を図ってきたい。

参考文献

- 1) 平成 19 年度技術研究発表会. 2007. 流入量の低減予測を用いた洪水調節方法の検討
- 2) 平成 20 年度技術研究発表会. 2008. VQ 法の実操作に向けた検討について