

銅山川ダム群の容量再編による 洪水調節能力向上の可能性検討

四国山地砂防事務所 工務課 高木 茜
吉野川ダム統管理事務所 管理係長 上田 健司
吉野川ダム統管理事務所 副所長 片井 良英

吉野川水系の銅山川ダム群（富郷、柳瀬、新宮）は、開発時期や計画が異なっており、各ダムの建設とともに洪水調節方式について検討が重ねられてきた。しかし、実際に多くの洪水を経験する中で、仮に所定の貯水位で洪水を迎えた場合、現行の調節方式では異常洪水時防災操作に至る洪水が2つ発生している。そこで、現有施設で実現可能な範囲で、より有効にダム群の洪水調節効果を発揮するため、容量再編や洪水調節方式について考察を行った。

キーワード ダム，容量再編，洪水調節効果，洪水調節方式，計画雨量

1. はじめに

近年、平成29年7月九州北部豪雨、平成30年7月豪雨、令和元年台風第19号など毎年のように洪水災害が頻発し、甚大な被害が発生している。そのため、人命を守ることを最優先とし、被害の防止・軽減を図る国土交通省の使命は、ますます重要になってきている。また、吉野川水系銅山川においても、平成30年9月台風第24号による洪水により、富郷ダムで戦後最大の流入量約1,300m³/sを記録したところである。

このような背景のもと、直列に配置している銅山川ダム群（図-1）をより有効に活用し、銅山川沿川および吉野川沿川の洪水被害を防止・軽減していくことが喫緊の課題である。本論文は、銅山川ダム群の開発経緯や現行の洪水調節に関する問題点を整理し、現有施設で実施が可能であり、かつ、治水安全度を向上し得る方策について検討したものである。

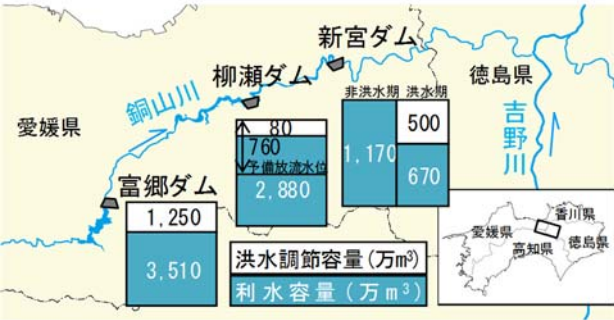


図-1 銅山川ダム群の位置図

2. 銅山川ダム群の洪水調節方式の変遷

(1) 柳瀬ダムの完成時点

昭和29年8月に柳瀬ダムの管理を開始した際には、計画流入量のピーク流量1,700m³/sのうち600m³/sをカットし、1,100m³/sを下流に放流する計画であった（表-1）。しかし、運用開始以降の約10年間で、計画流入量を上回る、または相当する洪水が4回発生した。これを踏まえ、銅山川の計画規模を吉野川本川に合わせて1/80に見直し、愛媛県構想の利水単独ダムであった新宮ダムを多目的化して治水容量を確保する計画が進められた。

表-1 柳瀬ダム管理開始以降の洪水調節方式（銅山川1/10）

ダム	計画最大流入量	調節方式	洪水調節開始流量	最大放流量
柳瀬ダム	1,700 m ³ /s	自由越流一定量	600 m ³ /s	1,100 m ³ /s

(2) 新宮ダムの完成時点

昭和50年11月に新宮ダムの管理が開始された以降は、2ダムで連携した洪水調節方式であった（表-2）。なお、新宮ダムの流入量は、柳瀬ダムでの調節後の流量として計画されている。

表-2 新宮ダム管理開始以降の洪水調節方式（銅山川1/80）

ダム	計画最大流入量	調節方式	洪水調節開始流量	最大放流量
柳瀬ダム	2,600 m ³ /s	自由越流一定量	600 m ³ /s	1,400 m ³ /s
新宮ダム	1,600 m ³ /s	一定量	1,200 m ³ /s	1,200 m ³ /s

(3) 富郷ダム completion 時点

昭和57年3月には、吉野川水系の工事実施基本計画を改定し、治水計画規模を1/150とした。これを受け、平成4年には富郷ダムの基本計画が策定され、銅山川3ダムでの洪水調節方式が計画された（表-3）。

表-3 富郷ダム計画における洪水調節方式（吉野川1/150）

ダム	計画最大 流入量	調節方式	洪水調節 開始流量	最大 放流量
富郷ダム	2,300 m ³ /s	一定率一定量	500 m ³ /s	1,300 m ³ /s
柳瀬ダム	2,300 m ³ /s	一定量	1,600 m ³ /s	1,600 m ³ /s
新宮ダム	2,400 m ³ /s	一定量	1,800 m ³ /s	1,800 m ³ /s

しかし、柳瀬ダムの放流能力が不足しており（予備放流水位で600m³/sの放流能力）、また、新宮ダム下流河道の流下能力が1,200m³/sであり未改修の状態であることから、当面の間は暫定操作ルールを採用することになった。平成13年4月の富郷ダム管理開始から現在に至るまで、以下の条件で導き出した暫定操作ルールを、洪水調節方式として採用している（表-4）。

- 1) 計画規模を銅山川流域で1/80規模のままとし、柳瀬、新宮ダムの洪水調節方式は、変更しない。
- 2) 計画雨量は、銅山川流域1/80の387mm/2日（大正1～昭和50年の雨量で確率計算した結果）とする。
- 3) 昭和29～51年に発生した10洪水波形を対象とし、3ダムとも異常洪水時防災操作に至らない。
- 4) 富郷ダムについては、富郷ダム上流域で1/80規模の降雨量570mm/2日に対しても異常洪水時防災操作に至らない。

表-4 富郷ダム管理開始以降の洪水調節方式（銅山川1/80）

ダム	計画最大 流入量	調節方式	洪水調節 開始流量	最大 放流量
富郷ダム	1,700 m ³ /s	一定率一定量	500 m ³ /s	900 m ³ /s
柳瀬ダム	2,600 m ³ /s	自由越流一定量	600 m ³ /s	1,400 m ³ /s
新宮ダム	1,600 m ³ /s	一定量	1,200 m ³ /s	1,200 m ³ /s

3. 現行の洪水調節ルールの課題

先に述べたような洪水調節計画の変遷を経て、現在の運用に至っているのだが、吉野川水系で戦後最大流量となった平成16年10月台風第23号による洪水では、非洪水期に発生したこともあり、新宮ダムにおいて所定の洪水調節容量を確保できず、異常洪水時防災操作に移行した実績がある。また、平成16年10月洪水に加え、平成17年9月洪水については、仮に所定の迎洪水位で洪水に対処したとしても、現行の洪水調節方式では、新宮ダムで異常洪水時防災操作に移行する計算結果となる（図-2）。

また、昭和29年から平成31年までの主要な洪水（n=27）

を抽出し、銅山川流域で387mm/2日の降雨に引き延ばした降雨（387mm/2日以上の場合は実績値）に対し、現行の洪水調節方式を適用したところ、先の2洪水を含めた4洪水で、新宮ダムが異常洪水時防災操作に至る結果となった。これら4洪水の調節計算結果を見ると、共通して上流の富郷ダムや柳瀬ダムの洪水調節容量を使い切らないままに、新宮ダムで満水となっている。

そのため、実績洪水や気候変動への対応を視野に入れつつ、既設の銅山川ダム群を活用し、より効果的な洪水調節方式を模索していくことが現在の課題である。

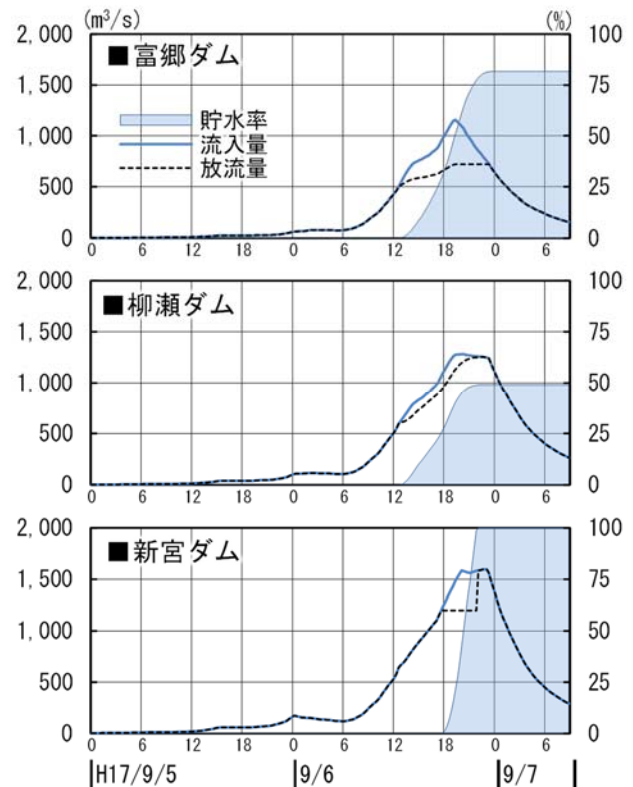


図-2 現行の洪水調節方式の計算結果（H17.9洪水の例）
（各ダムとも所定の迎洪水位から計算開始した場合）

4. 検討内容

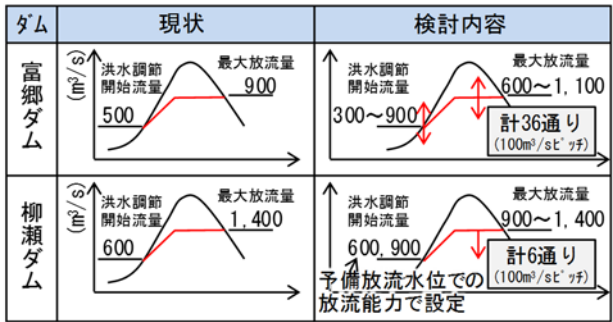
本検討で重視したのは、「早期に実現可能な方策であること」である。そこで、施設改造は前提とせず、現有設備の範囲内で可能な「容量再編」と「洪水調節方式」を組み合わせた方策を検討した。また、最適な方策の選定にあたっては、現在と同様に銅山川流域で1/80規模の降雨量387mm/2日を対象とし、昭和29年から平成31年までの主要洪水の波形（n=27）に対し、各ダムで異常洪水時防災操作に至る洪水数を評価軸とした。

また、平成31年までの雨量を用い、銅山川流域における1/80規模の計画雨量を検証するとともに、同規模降雨に対し、選定した洪水調節方式（387mm/2日に対応）を適用した場合のダム運用についても確認した。

(1) 洪水調節方式の変更

新宮ダム下流河川の流下能力は現在でも1,200m³/sであるため、新宮ダムの洪水調節方式は現行通り1,200m³/sの一定量カットとして固定した。その上で、富郷ダムと柳瀬ダムの洪水調節方式について、以下のように216通り（＝36×6）の検討を行った（表-5）。

表-5 洪水調節方式の検討内容



(2) 容量再編のケース

a) 容量再編なし

過去において、現在の容量配分における最適な洪水調節方式を検討しており、これを採用すれば銅山川流域387mm2日の降雨に対して、新宮ダムで異常洪水時防災操作に至らないことがわかっている。今回の検討においては、容量再編なしのケースも比較対象に含めた。

b) 容量再編ケース①

本ケースは、柳瀬ダムの予備放流容量の一部（160万m³）を富郷ダムで持たせる案である。

現在、柳瀬ダムでは、予備放流水位EL284.7mでの放流能力は600m³/sであり、洪水調節開始流量がおのずと決まってしまう。しかし、新宮下流の流下能力は1,200m³/sであり、600m³/s程度なら下流に放出し、洪水調節容量を温存する方策が有効と考えた。そこで、柳瀬ダムの予備放流水位を1.2m上昇させて（洪水調節容量は160万m³減少）、放流能力を900m³/sに増強し、洪水調節容量をより有効に活用しようと考えた。また、富郷ダムに160万m³の予備放流容量（1日半で放出可能な容量）を設けることで、3ダム合計の洪水調節容量は現行と同等になるように設定した。

c) 容量再編ケース②

本ケースは、富郷ダムのみの容量再編案であり、利水容量の一部（120万m³）を予備放流容量とする案である。

富郷ダムには、最低水位付近にコンジットゲートがあり、現在の迎洪水位（平常時最高貯水位）でも1,300m³/sの放流能力を有し、現有施設のままでも柔軟な対応が可能である。そこで、富郷ダムの利水容量の一部（120万m³：1日で放出可能な容量）を予備放流容量に設定し、3ダム合計の洪水調節容量を現行より増大した案とした。

表-6 容量再編ケースの検討内容

ダム	現状	容量再編 ケース①	容量再編 ケース②																											
富郷ダム	<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>1,250</td><td></td><td></td></tr><tr><td>3,510</td><td></td><td></td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	1,250			3,510			<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>1,250</td><td>1,410</td><td></td></tr><tr><td>3,510</td><td>3,350</td><td>(+160)</td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	1,250	1,410		3,510	3,350	(+160)	<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>1,250</td><td>1,370</td><td></td></tr><tr><td>3,510</td><td>3,390</td><td>(+120)</td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	1,250	1,370		3,510	3,390	(+120)
非洪水期	洪水期	洪水時																												
1,250																														
3,510																														
非洪水期	洪水期	洪水時																												
1,250	1,410																													
3,510	3,350	(+160)																												
非洪水期	洪水期	洪水時																												
1,250	1,370																													
3,510	3,390	(+120)																												
柳瀬ダム	<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>80</td><td>760</td><td></td></tr><tr><td>2,880</td><td>2,120</td><td></td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	80	760		2,880	2,120		<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>80</td><td>600</td><td></td></tr><tr><td>2,880</td><td>2,280</td><td>(-160)</td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	80	600		2,880	2,280	(-160)	<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>80</td><td>760</td><td></td></tr><tr><td>2,880</td><td>2,120</td><td></td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	80	760		2,880	2,120	
非洪水期	洪水期	洪水時																												
80	760																													
2,880	2,120																													
非洪水期	洪水期	洪水時																												
80	600																													
2,880	2,280	(-160)																												
非洪水期	洪水期	洪水時																												
80	760																													
2,880	2,120																													
新宮ダム	<table><tr><td>非洪水期</td><td>洪水期</td><td>洪水時</td></tr><tr><td>1,170</td><td>500</td><td></td></tr><tr><td></td><td>670</td><td></td></tr></table>	非洪水期	洪水期	洪水時	1,170	500			670		<table><tr><td>洪水調節容量 (万m³)</td></tr><tr><td>(数値)：現状からの変化量</td></tr><tr><td>利水容量 (万m³)</td></tr></table>		洪水調節容量 (万m³)	(数値)：現状からの変化量	利水容量 (万m³)															
非洪水期	洪水期	洪水時																												
1,170	500																													
	670																													
洪水調節容量 (万m³)																														
(数値)：現状からの変化量																														
利水容量 (万m³)																														

5. 検討結果

(1) 現有施設における治水対策

銅山川流域387mm2日の降雨に対し、容量配分ケースごとに異常洪水時防災操作に至る洪水数が最も少ない洪水調節方式を選定した（表-7）。

検討の結果、現状より富郷・柳瀬ダムで積極的に貯留するルールが適しており、いずれのケースにおいても、新宮ダムでの異常洪水時防災操作を回避できる調節方式を見い出せた。中でも、容量再編ケース②は、富郷ダム上流域1/80規模の雨量に対しても有効な案であった。

表-7 選定案の洪水調節方式（■：現状からの変更点）

ダム	現状	容量再編なし	容量再編①	容量再編②
富郷	V 1,250 万m³	1,250 万m³	1,410 万m³	1,370 万m³
Qs	500 m³/s	500 m³/s	400 m³/s	600 m³/s
Qmax	900 m³/s	600 m³/s	700 m³/s	700 m³/s
柳瀬	V 760 万m³	760 万m³	600 万m³	760 万m³
Qs	600 m³/s	600 m³/s	900 m³/s	600 m³/s
Qmax	1,400 m³/s	900 m³/s	900 m³/s	1,000 m³/s
新宮	V 500 万m³	1,200 m³/s	1,200 m³/s	
Qs				
Qmax				

V: 洪水調節容量、Qs: 洪水調節開始流量、Qmax: 最大放流量

表-8 異常洪水時防災操作に至る洪水数

（銅山川流域387mm2日の降雨に対する応答）

ダム	現 状	容量再編なし	容量再編①	容量再編②
富郷ダム	0/21	3/21	3/21	1/21
柳瀬ダム	0/21	3/21	2/21	0/21
新宮ダム	4/21	0/21	0/21	0/21

（富郷ダム上流域570mm2日の降雨に対する応答）

ダム	現 状	容量再編なし	容量再編①	容量再編②
富郷ダム	0/21	10/21	5/21	0/21

(2) 銅山川流域における計画雨量の検証

既往の計画雨量は、大正1年から昭和50年までの64年の年最大2日雨量で算出されている（昭和51年の年最大2日雨量737mmは異常値として棄却）。一方で、昭和51年以降の44年間に於いて、銅山川流域の年最大2日雨量が387mm2日を上回る年は8年発生している。そこで、平成31年までの雨量データを追加し、大正1年～平成31年までの107年の雨量データを用いて、岩戸地点上流域1/80規模および富郷ダム上流域1/80規模の計画雨量を試算した。

その結果、岩戸地点上流域における1/80規模の計画雨量は既往計画値の1.40倍、富郷ダム上流域における1/80規模の計画雨量は既往計画値の1.25倍となった（表-9）。

表-9 銅山川流域における計画雨量の検証結果

雨量規模	資料期間	
	T1～S50 (n=64)	T1～H31 (n=107)
銅山川流域：1/80	387 mm/2日	540 mm/2日
富郷上流域：1/80	570 mm/2日	710 mm/2日

(3) 超過洪水に対する応答

本検討では、現時点での対応目標である銅山川流域387mm2日に対して、3ダムの容量再編と併せて洪水調節方式を模索した。しかしながら、近年のデータを含めると1/80の雨量規模は増大しており、387mm2日を超える雨量も現実に発生している。そこで、先で選定した洪水調節方式（表-7）を採用した場合を想定し、銅山川流域540mm2日に引き延ばした降雨に対するダム運用をシミュレーションした。

その結果、いずれのケースでも、新宮ダムで異常洪水時防災操作に至る洪水パターンが約半数ある結果となったが、現状に比べるとその数は少ない（表-10）。そのため、短期的に銅山川ダム群の洪水調節能力を向上させるためには、ダム群の容量再編や洪水調節方式の変更は有用であると考えられる。

ただし、洪水調節方式の変更は、上流ダムの洪水調節容量を積極的に使用することになり、洪水波形によっては、新宮ダムで異常洪水時防災操作に至った際の放流量が、現状よりも増える場合がある。このような洪水について、その発生数や現状方式に対する放流量の増加量をまとめると、容量再編ケース②で発生数や増加量が少なく、本検討の中では最も有用な案と考えた（表-11）。

表-10 異常洪水時防災操作に至る洪水数
（銅山川流域540mm2日の降雨に対する応答）

ダム	現 状	容量再編なし	容量再編①	容量再編②
富郷ダム	9/27	15/27	14/27	11/27
柳瀬ダム	11/27	17/27	16/27	15/27
新宮ダム	16/27	15/27	15/27	13/27

※ 洪水調節方式は表-7の通り。

表-11 新宮ダムの最大放流量が現状より増加する洪水数
（銅山川流域540mm2日の降雨に対する応答）

ケース	増加洪水数	平均増加量	最大増加量
容量再編なし	11/27	367 m³/s	908 m³/s
容量再編 ①	9/27	360 m³/s	817 m³/s
容量再編 ②	4/27	279 m³/s	564 m³/s

※ 増加しても放流量が1,200m³/sに達しない洪水は除く。

6. 今後の検討課題

(1) 対象とする計画雨量の選定

今回、現在の対象規模である銅山川流域で387mm2日（T1～S50年のデータを基にした1/80規模）の降雨に対する洪水調節方式について、より安全な操作ルールの可能性について考察を行った。しかし、近年の雨量データを追加すると、1/80規模の雨量が増大することが明らかとなった。現段階で洪水調節方式を見直す場合、対象とする計画雨量を合わせて見直すことも考えられる。そこで、まずは対象とする計画雨量について関係者との協議を進め、現有設備で有効な対策を選定していく必要がある。

(2) 超過洪水への対応

洪水調節方式を設定する以上、対象とする計画雨量を超える超過洪水に対しては、異常洪水時防災操作に至るリスクを負わなければならない。その中でも、被害を最小限にとどめるため、ソフトとハードの両面から、超過洪水への対応を検討、実施していく必要がある。

(3) ダム下流河川や吉野川本川への治水効果検討

今回は新宮ダム放流量で治水効果を評価したが、銅山川の下流域や吉野川本川への治水効果についても視野を広げる必要がある。本川流出ピークと銅山川流出ピークが重なるような場合には本川への水位低減効果も期待できると考える。

7. おわりに

頻発する水災害に対応するため、現有施設で対応可能な方策の1つとして、3ダムの連係操作によるより安全な操作ルールについて考察を行った。今後も引き続き検討を進めていく上で、何が課題となるのか、どうすれば実現可能となるか、最新の知見に基づき業務を実施していきたい。