

銅山川3ダム連携シミュレータによる洪水対応

○岡本泰河¹・吉村研人²・三浦博久³

概要：

吉野川の支流である銅山川には富郷ダム、柳瀬ダム、新宮ダムの3つのダムが直列に並んでおり、それぞれのダムは洪水調節、利水の開発および運用、発電を目的とした多目的ダムである。各ダムが近接した位置にあるため、特に洪水調節の際には各ダムの空き容量や今後の流入量を考慮したうえで3ダムを連携させ、最も効果が高くなるような洪水調節を行う必要があるものの、状況が刻々と変化の中で迅速かつ的確な対応を行うことは非常に難しい。池田総合管理所では Microsoft Excel を用いた銅山川3ダム連携シミュレータを令和4年度に構築しており、それを活用することにより出水時の迅速かつ的確な操作が可能になった。本報では、この銅山川3ダム連携シミュレータの内容とその活用による洪水対応効果について報告する。

キーワード：銅山川3ダム、洪水、連携シミュレータ、Microsoft Excel、池田総合管理所

1. はじめに

出水時でのダムにおける放流量調整等の運用操作はダムの空き容量や降雨量等の影響を加味した流入量変化を考慮した上で、迅速かつ的確な対応が求められる。

富郷ダム、柳瀬ダム、新宮ダム（以下、「銅山川3ダム」という）は図-1に示すとおり、銅山川にて直列に並んでおり、また非常に近接していることから、洪水時に富郷ダムの放流水が柳瀬ダム貯水池を経由して、新宮ダムに到達するのは1時間にも満たない状況となっている。従って、それぞれのダムが互いの操作ルール、そして現在（操作開始時点）での出水における上流ダムの操作方法を知った上で自ダムの操作を行わなければならない、ダム同士での情報伝達が極めて重要

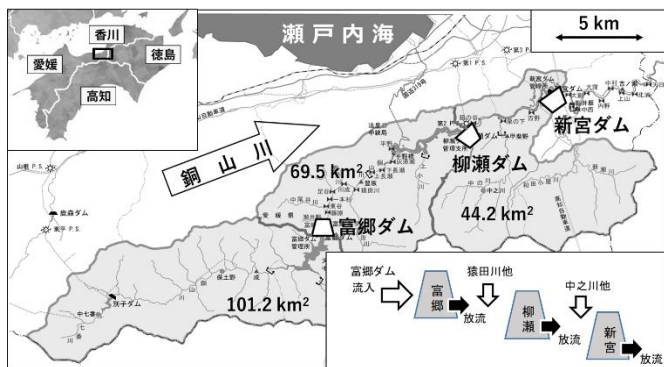


図-1 富郷ダム、柳瀬ダム、新宮ダムの位置

となる。

2. 従来の放流計画検討の課題

令和3年度までは池田総合管理所が管理する富郷ダムと新宮ダムの管理所では他のダムの影響を考慮しないダム単独の放流計画システムを運用していた。一方、吉野川水系にある早明浦ダム、池田ダム、銅山川3ダムの5ダムの統合管理を担っている国土交通省四国地方整備局吉野川ダム統合管理事務所（以下、「ダム統管」という）では5ダムそれぞれの放流を考慮した上で放流計画を行えるダム統管流出予測がシステム化されている。ダム統管流出予測システムを用いて検討した放流計画が池田総合管理所に共有されることはあったが、池田総合管理所でダム統管流出予測システムを用いて放流計画を立てることは不可能であった。

令和4年度からはダム統管流出予測システムが5ダムに配備され、各管理所でシステムを稼働させて、5ダムの予測ハイドログラフが作成可能となっている。

このダム統管流出予測システムは気象庁から提供される5 kmあるいは20 kmのメッシュ雨量予測データを5ダム毎の流域平均雨量に変換し、貯留関数法によって5ダムの流入量を算出する仕組みになっており、Microsoft Excelで出力される。ダム放流量は、システム計算前に放流開始時刻を各ダ

1. 池田総合管理所 第一管理課 担当

3. 池田総合管理所 第一管理課 課長

2. 池田総合管理所 第一管理課 担当

ムの操作員が、任意の時刻で設定しておく方法と、システム側が自動で設定する方法(後述の大原則1を守ることができる放流開始)の2種類を選べるようになっており、両者とも「放流開始→すりつけ操作→定率放流(定量放流)→放流終了」までの標準的な放流操作が検討できるよう設定されている。

従って、銅山川3ダム連携シミュレータ(以下「本シミュレータ」という)が構築される前において池田総合管理所では、上流のダムの放流計画を直接反映できないシステムであったこと、ダム統管流出予測システムでは細やかな条件設定が不可能であったため放流計画を検討するのに時間がかかること、またダム統管流出予測システムで算出された各ダム

のハイドロにより、放流開始時刻を決めてはいたものの、標準的な操作での放流量設定しかできないといった等の課題があった。

3. 銅山川3ダム連携シミュレータの概要

2.で記載した課題を解決するため、令和3~4年度にかけて池田総合管理所の職員によって本シミュレータを構築し、ダム統管流出予測システムと連携させることにより、銅山川3ダムの最適な放流計画を短時間で作成することが可能とな

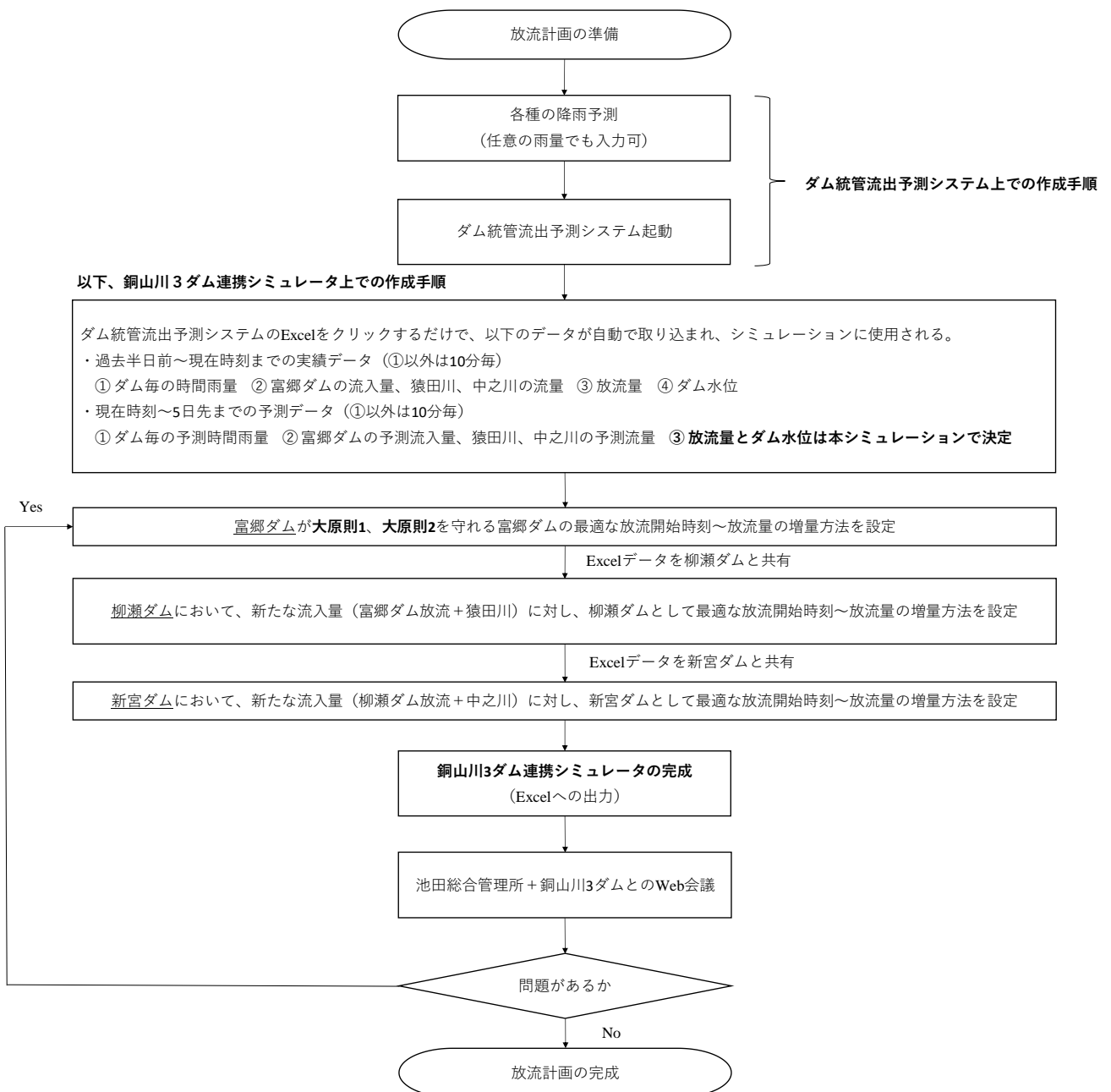


図-2 銅山川3ダム連携シミュレータ上での作成と放流計画決定までの流れ

った。作成手順と放流計画決定までの流れを図-2に示す。

また、図-2に記載している大原則1と大原則2については次のとおりである。

○大原則1

出水時にて、ダムの水位が平常時最高貯水位又は洪水貯留準備水位を超える時点で、放流量を洪水流量にまで到達させておくこと。

○大原則2

出水時にて、ダムのゲート放流が終了したときは、利水貯水量を100%にしておくこと。

また、図-3では本シミュレータで流出予測を行った例を示している。3ダムともに下流制限ステップを守った放流計画であるが、柳瀬ダムと新宮ダムは大原則1を守れないため、富郷ダムの放流量の増量を緩やかにして改善するなどの再検討が必要となる。

4. 銅山川3ダム連携シミュレータの内容

ダムの施設管理規程及び細則によってダムの操作方法は細かく定められており、本シミュレータに反映されている。基本的には以下の5つのルールを本シミュレータで対応している。

- ダム下流への放流量は流入量を超えないこと。
- ダム水位に応じたゲートの最大能力以内での放流量を設定すること。
- 下流の急激な水位上昇を避けるため、定められたステップ

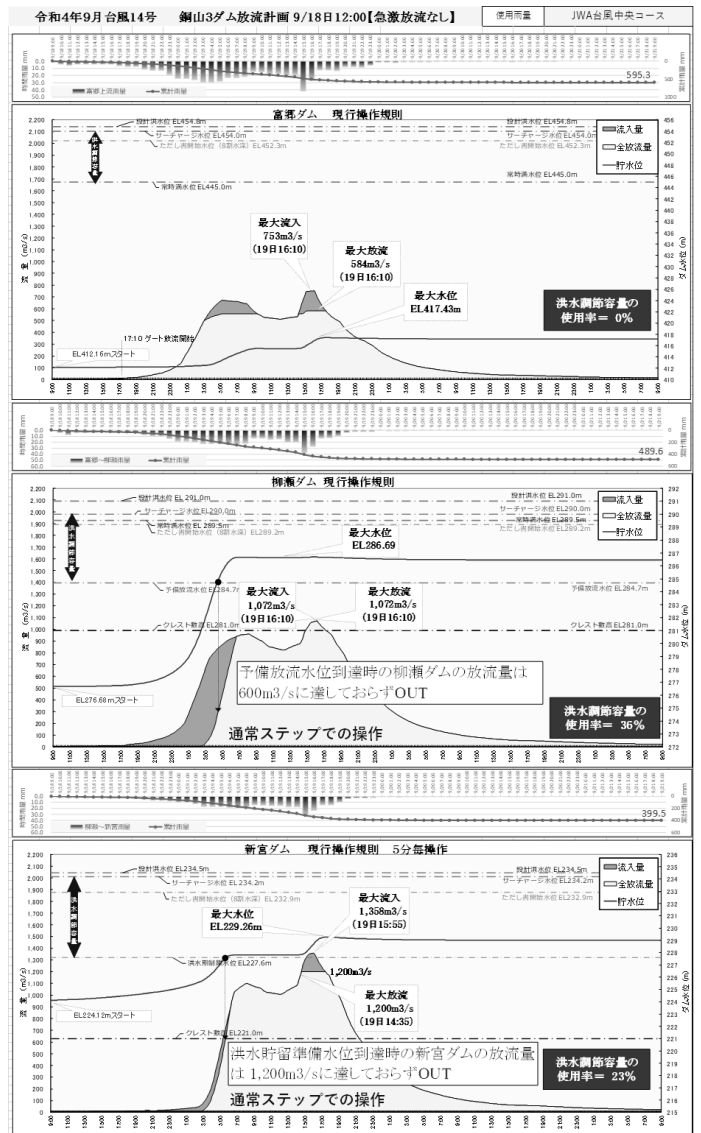


図-3 銅山川3ダム連携シミュレータ（放流計画）

富郷ダム 放流計画 (@10分シミュレーション)

最大値→ 459.40 1957.94 1957.94 900.00 900.00 3299.58 900.00

操作基本式 (急激放流はしない場合)

①放流開始時刻の全放流量のセルに右の式を入力 $=\min(E_{tk}, G_{tk}, J_{tk}, L_{tk})$ そして最終行までドラッグ▶ シミュレーション終了

※放流量が500m³/s以上はセル外としてOK

②『緊急放流量』の欄に数字が表示されたら、その行以降に右の式を入力 $=\min(E_{tk}, J_{tk}, o_{tk})$ そして最終行までドラッグ▶ シミュレーション終了

		Eセル	Fセル	Gセル	Jセル	Kセル	Lセル	Mセル	Nセル	Oセル								
		全放流量の選択肢										手入力	警告欄					
時刻	貯水位 (0.00)	流入量	1.00	自動計算	自動計算	自動計算	自動計算	自動計算	自動計算	自動計算	自動計算			選択した放流量	全放流量	通過放流	緊急放流	ゲート能力
2023/7/18 17:00	EL. 444.44 m	2.73	2.73									0.00	0.00					
2023/7/18 17:10	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 17:20	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 17:30	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 17:40	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 17:50	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 18:00	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 18:10	EL. 444.44 m	2.73	2.73		1,304	0.8	1.6	3.2	4.8			0.00	0.00					
2023/7/18 18:20	EL. 444.44 m	2.85	2.85		1,304	2.4	3.2	4.8	6.4			0.00	0.00					
2023/7/18 18:30	EL. 444.44 m	3.01	3.01		1,304	3.7	4.5	6.1	7.7			0.00	0.00					
2023/7/18 18:40	EL. 444.44 m	3.20	3.20		1,304	3.8	4.6	6.2	7.8			0.00	0.00					
2023/7/18 18:50	EL. 444.44 m	3.43	3.43		1,304	4.0	4.8	6.4	8.0			0.00	0.00					
2023/7/18 19:00	EL. 444.44 m	3.70	3.70		1,304	4.2	5.0	6.6	8.2			0.00	0.00					
2023/7/18 19:10	EL. 444.44 m	4.01	4.01		1,304	4.5	5.3	6.9	8.5			0.00	0.00					
2023/7/18 19:20	EL. 444.44 m	4.76	4.76		1,304	5.0	6.0	8.0	10.0			0.00	0.00					
2023/7/18 19:30	EL. 444.45 m	5.71	5.71		1,304	5.8	6.8	8.8	10.8			0.00	0.00					
2023/7/18 19:40	EL. 444.45 m	6.87	6.87		1,304	6.7	7.7	9.7	11.7			0.00	0.00					
2023/7/18 19:50	EL. 444.45 m	8.23	8.23		1,304	7.9	8.9	10.9	12.9			0.00	0.00					
2023/7/18 20:00	EL. 444.45 m	9.81	9.81		1,304	9.2	10.2	12.2	14.2			0.00	0.00					
2023/7/18 20:10	EL. 444.45 m	11.62	11.62		1,304	10.8	11.8	13.8	15.8			0.00	0.00					

↑ 基本作業はこれだけ

イ: 放流開始を早めたければこのセル(1.60)を上ドラッグ

ロ: 放流開始を遅くしたければこのセル(0.00)を下ドラッグ

図-4 銅山川3ダム連携シミュレータのデータ入力シート

放流量を超過させないこと。

- 定められた定率・定量以内での放流量にすること。
- テーブル表に基づいた適切な緊急放流を行うこと。

本シミュレータにはこれらが盛り込まれた操作基本式がデフォルトでセルに入力されており、放流を開始する時刻も任意に設定することができる。放流開始の時刻を早めるときは図-4 のイで表記した色付きのセルを上（上のセルほど時刻が早い）へとドラッグし、逆に放流開始の時刻を遅くするときには図-4 のロで表記した色のないセルを下（下のセルほど時刻が遅い）へとドラッグすればよい。このようにドラッグするだけで、瞬時に放流計画を調整することができる。

ただし、流入量の立ち上がり之急なため定められたステップ放流では大原則 1 が守れない場合や、緊急放流開始後に、緊急放流用の操作基本式を入力する場合は別途手を加える必要がある。

5. 銅山川3ダム連携シミュレータの改良

令和4年度からの本シミュレータでの実運用開始後、使用される毎に改善意見が各ダムから出されてきた。例えば、「ダム統管の流出予測システムからの本シミュレータへのデータ取込は、各データのコピー&ペーストではなく、マクロ機能を用いて自動取込にできないか」などである。令和4年度の初期シミュレータは、職員1名が開発したものであるが、これらのさまざまな改善意見に対し、若手～中堅技術系職員が集まってマクロ機能を勉強するなどして協力し、現在のバージョン 11 まで、適宜改良が行われてきた。すなわち、本シミュレータは各ダムの現場にて勤務する職員の「おもしろい」をもとに職員自らで改良を繰り返し、現在に至っている。

6. 銅山川3ダム連携シミュレータの活用効果

国土交通省が管理していた柳瀬ダムについては令和3年度から水資源機構が管理受託をしており、3ダムWEB会議の開催など管理体制の向上と本シミュレータによる効果も相まって、3ダムでの連携操作が迅速かつ的確に実施できるようになった。

また、本シミュレータに流入量を実績の1.5倍や0.5倍といった拡大・縮小できる機能を有している。すなわち、降雨の予測に変化が生じた際や外れた場合の状況変化への速やかな対応準備が可能である。

令和4年9月の台風14号による洪水対応では、銅山川3ダム渇水状態での出水対応となり、出水後の水位回復は厳守の中で、刻々と変化する雨量予測に対して、随時3ダムの放流計画を見直した上で治水効果を発揮し、かつ3ダムの利水貯水量を100%に回復することができた。

7. 今後の課題とこれから

本シミュレータの構築により、銅山川3ダムでの洪水対応の支援レベル向上となった。その他、銅山川3ダムだけではなく、早明浦ダムや池田ダムでも同様の仕組みは同時期に完成しており、洪水対応の支援レベル向上となっている。

その一方で、本来であれば銅山川3ダムに勤務する全職員が本シミュレータを用いた放流計画の作成を行えるようになるべきだが、現状では各ダムで数名と限られている。よって、知識や技術を伝達することが課題であると言える。

また、下流河川が危険な状態にある時、ダムの洪水調節容量に余裕があれば、特別防災操作を行う事が国土交通省四国地方整備局局長指示により行われることになっている。本シミュレータを用いれば特別防災操作の検討は可能であるものの、例えば早明浦ダムと銅山川3ダムが特別防災操作を行った場合、池田ダムにおける上流からの流入量低減効果の発生の有無について試算可能なシステムも必要と考えている。