

ダム操作支援システムの開発及び実用

草苅智弘¹・辻野考治²・小久保政志³・田村和則⁴

¹ (独) 水資源機構阿木川ダム管理所 (〒509-7202 岐阜県恵那市東野字花無山2201-79)

² (独) 水資源機構阿木川ダム管理所 (〒509-7202 岐阜県恵那市東野字花無山2201-79)

³ (独) 水資源機構阿木川ダム管理所 (〒509-7202 岐阜県恵那市東野字花無山2201-79)

⁴ (独) 水資源機構総合技術センター (〒338-0812 埼玉県さいたま市桜区大字神田936)

近年、平成29年7月九州北部豪雨、令和元年台風19号など激甚な気象災害が頻発する中、浸水リスクを軽減するためにダム運用を高度化して既存施設の機能を最大限に発揮するダム防災操作が求められている。一方で、限られた人員・時間の中、ダムの防災業務は放流操作に加え、放流警報及び巡視や下流自治体等へのダム操作情報提供等も実施する必要がある。このため、事前放流、異常洪水時防災操作、特別防災操作などにおいて、VR方式や必要最小放流方式等の各種放流方式による操作の予測結果を提示し、ダム管理者の最適なダム操作方針の決定を支援する『ダム操作支援システム』を開発した。

キーワード：ダム操作支援システム、事前放流、異常洪水時防災操作、特別防災操作

1. はじめに

(1) 阿木川ダムの位置と洪水調節

阿木川ダムは、木曽川河口から約110km上流で合流する木曽川の左支川である阿木川に建設された多目的ダムである。阿木川ダム下流から木曽川合流点までの約9km区間の阿木川は、約2万4千人が居住する恵那市街地¹⁾を貫流する(図-1)。



図-1 阿木川ダム下流航空写真

阿木川ダム計画高水波形を図-2に示す。阿木川ダム洪水調節は、100年確率降雨に対して、計画高水流量850m³/sのうち730m³/sをダムに貯留し、120m³/sの一定量放流を実施する計画である。

平成3年の管理開始以降29年が経過しており、この間に26回の洪水調節を実施している。

なお、平成12年に発生した東海豪雨では、ダム流入量

約750m³/sを記録し、計画洪水流量と同程度の洪水も経験しているが、阿木川ダム管理開始以降、阿木川における浸水等被害は発生していない。

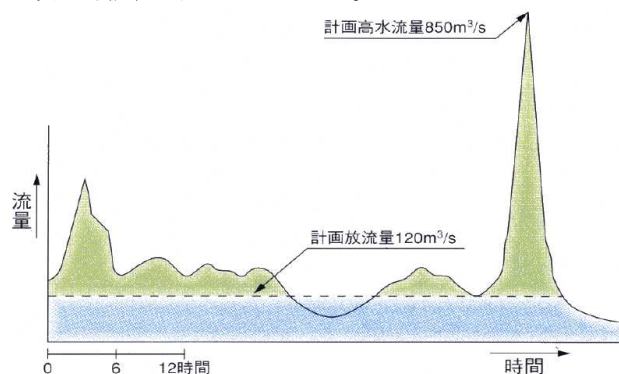


図-2 阿木川ダム計画高水波形

(2) ダム操作支援システムを開発した背景

平成29年7月九州北部豪雨以降、激甚な気象災害が頻発化する中、浸水リスクを軽減するためにダム運用を高度化して既存施設機能を最大限に発揮することが求められている。

阿木川ダムでは、ダム機能を最大限活用する洪水調節方法の導入可能性について、「ダムの機能を最大限活用する洪水調節方法の導入に向けたダム操作規則等点検要領及び同解説(以下、点検要領という)」²⁾に基づき「事前放流」「異常洪水時防災操作」「特別防災操作」について、操作規則等の点検を平成29年に実施した。

この点検結果を反映し、ダム運用の高度化を図るには、逐次変化する予測降雨及び降雨状況、下流河川の水位、洪水調節容量の活用状況等を総合的に勘案し、最適な放流操作方式を選定し、ダム機能を最大限活用する操作方針を短時間かつスムーズに決定する必要がある。一方で、限られた人員・時間の中、ダムの防災業務は、放流操作、放流警報、河川巡視や下流自治体等へのダム操作情報提供等、多岐にわたる。

このような中、ダム機能を的確かつ最大限に活用するため、最適なダム操作方針の決定を支援するシステムとして、本システムを開発した。

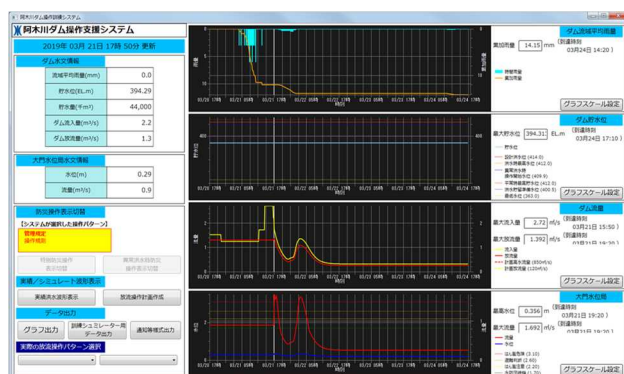
2. 開発した操作支援システムの仕様

本システムは、分布型流出予測システムから得られる予測雨量・流出予測（72時間先まで）、ダム貯水位や流入量・放流量などのダム諸量実績データを10分間隔で自動取得し、ダム放流計画の提案、計画説明資料及び放流通知・連絡書類作成が可能なシステムとした（図－3、図－4）。

表－1に本システムの基本機能一覧を示す。

表－1 基本機能の一覧

操作支援機能	異常洪水時防災操作支援機能（7手法）
	特別防災操作支援機能（4手法）
	事前放流支援機能
	施設管理規程に基づく操作の支援機能
	任意目標貯水位・放流量による計算機能
データ管理機能	流入予測システムデータ連携機能（ダム諸量データ・流出予測）
	データ蓄積機能
	訓練シミュレータ用データ出力機能
	グラフ出力機能（ハイエト・ハイドログラフ）
	帳票出力機能（放流ステップ（放流量）出力機能：csv形式）
	放流通知・連絡出力機能



図－3 操作支援システムトップ画面



図－4 システム概念図

3. 操作支援システムの機能

(1) 異常洪水時防災操作支援機能

異常洪水時防災操作は、記録的な豪雨によりダムの洪水調節容量が一杯となる場合に、ダム流入量と放流量を等しくする操作である。

阿木川ダムの異常洪水時防災操作は、「阿木川ダムただし書操作要領」に基づき貯水位に対して放流量を決定する操作が基本であるが、洪水の規模等によっては、洪水調節容量を十分に活用できない場合がある。

異常洪水時防災操作支援機能は、72時間先までの予測雨量・流出予測と24時間前までの実績ダム諸量を自動取得し、点検要領に示されている7手法（表－2）の放流方式を自動で計算する。

表－2 計算可能な手法一覧

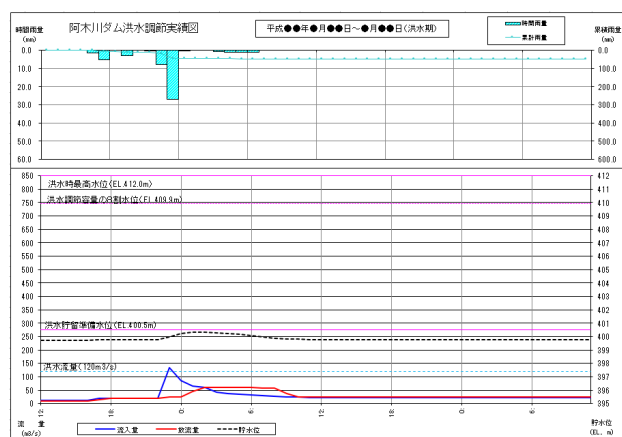
①	異常洪水時防災操作(8割相当水位)
②	異常洪水時防災操作(9割相当水位)
③	異常洪水時防災操作(10割相当水位)
④	必要最小放流方式
⑤	VR方式
⑥	放流曲線逐次見直し方式
⑦	限界操作方式

異常洪水時防災操作 表示切替				
手法	大門最高水位 (m)	大門最大流量 (m³/s)	最大放流量 (m³/s)	最高貯水位 (EL.m)
現行異常洪水時防災操作方式 (操作開始水位E.L.409.9m)	3.2	484	466	411.3
現行異常洪水時防災操作方式 (操作開始水位E.L.410.9m)	3.1	448	431	411.9
現行異常洪水時防災操作方式 (操作開始水位E.L.412.0m)	3.0	397	382	412.6
必要最小放流方式	2.4	251	240	414.0
VR方式	3.1	430	412	412.0
放流曲線逐次見直し方式	3.0	411	396	411.7
限界操作方式	3.7	655	633	408.1

図－5 計算結果の表示切替画面

計算結果は、図－5のとおり、手法毎にダム下流河川基準地点の最高水位・最大流量、ダムの最大放流量・最高水位が明瞭に示される。一覧表にすることによって、スムーズな判断ができ、ダム機能が最大限に発揮される放流方式を選択できる。また、関係機関へ情報共有するための各放流方式におけるハイエト・ハイドログラフ及び放流操作に用いる放流ステップ（放流量）は、Excel

形式により出力可能な仕様とした（図－6）。



図－6 出力グラフのイメージ

(2) 特別防災操作支援機能

特別防災操作は、下流河川で洪水被害が発生した又は発生するおそれがある場合において、洪水の終わりの見通しが相当程度確実と考えられる場合のみに実施するオーバーカットの操作である。

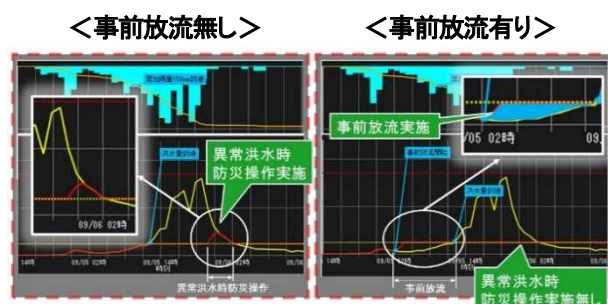
特別防災操作支援機能においても、異常洪水時防災操作支援機能と同様の機能を具備している。

なお、放流方式は、点検要領に示されている、適応操作（ピーク前）、適応操作（ピーク後）、必要最小放流方式、VR方式の4手法を採用した。

(3) 事前放流支援機能

事前放流は、予測雨量情報等に基づいて洪水の発生を予測した場合に、事前にダム貯水位を低下させ、利水容量を一時的に治水容量として活用し、ダムの洪水調節機能を向上させるものである。

阿木川ダムでは、「阿木川ダム事前放流実施要領（以下、実施要領という）」を平成23年に制定しており、現在はこの実施要領に基づき事前放流を実施している。



図－7 事前放流有無のハイドロ比較

事前放流支援機能は、実施要領に基づく放流操作等を支援し、予測雨量及び流出予測情報を用いて事前放流開始時刻、累計雨量及び予測雨量の変化に応じた貯水位低下・限度水位の提示、これらに係る放流の原則に基づく

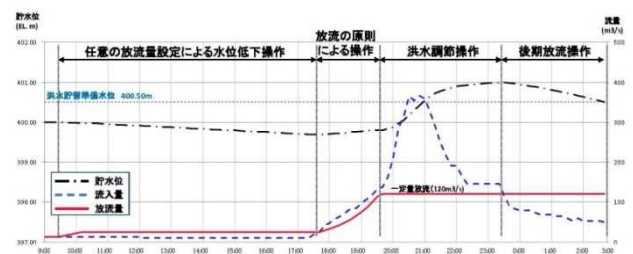
放流計画を作成する。また、任意の放流量、放流開始時間を設定し、放流計画を作成できる機能も具備しており、柔軟な事前放流計画の作成が可能なシステムとした。システムで即時に各計算が行えるため、各手法による放流計画の比較を行うことが可能となった（図－7）。

なお、他の支援機能と同様に、ハイレート・ハイドログラフをExcel形式にて出力する機能も具備した。

(4) 施設管理規程に基づく操作の支援機能

異常洪水時や特別防災操作時だけでなく、計画規模以内洪水時の操作支援機能として、施設管理規程に基づく操作計画も作成できるシステムとしている。

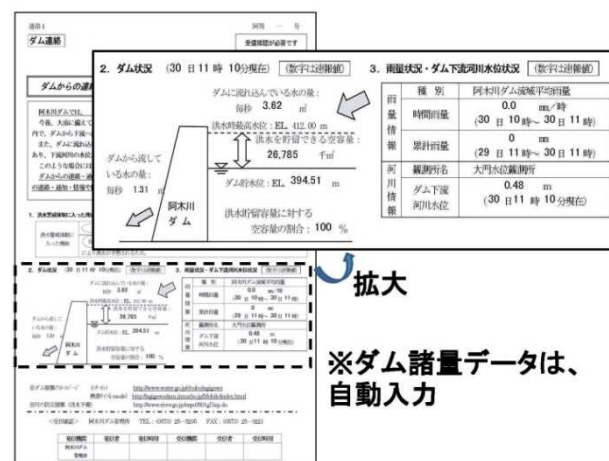
この機能は、流出予測情報を基に、放流の原則に従い放流計画を作成するだけでなく、後期放流や予備放流を考慮して、任意の時間の目標貯水位又は目標放流量を設定することにより、貯水位低下操作を支援する機能も具備している（図－8）。



図－8 自動計算される放流計画のイメージ

(5) 付加機能

出水による防災時には各段階において、関係機関への通知・報告が必要となる。本システムでは、関係機関への通知等の様式に、ダム諸量等の数値が自動的に入力され出力できる機能を追加した（図－9）。



図－9 関係機関への通知

この機能により、防災時の事務的な作業の一部について合理化される。

また、実洪水における本システムで示されたダム操作データを、先に機構が開発したダム防災操作訓練シミュ

レータ³⁾へ出力できる機能も具備しており、本システムが防災訓練シミュレータを用いた訓練を向上させる役割も担っている。

(6) 各支援機能の統合的運用

これまで紹介したように、本システムはさまざまな支援機能を具備しており、これらの各支援機能を統合的に運用できる仕様とした。

図-10に二山洪水における統合運用した放流計画のイメージ図を示す。

本システムを活用した場合、一山目の洪水調節①を実施している時に、72時間以内に二山目で異常洪水時防災操作が発生する予測があれば、異常洪水時防災操作時のダム下流河川水位、ダム放流量・貯留状況を考慮し、洪水調節①における最適放流量をシステムから得ることが可能である。

また、後期放流①時に二山目を考慮した貯水位低下放流計画、後期放流②における今後の降雨を考慮した貯水位低下放流計画もシステムから得ることが可能である。

これらの操作についての説明資料においてもExcel形式での出力可能となっている。

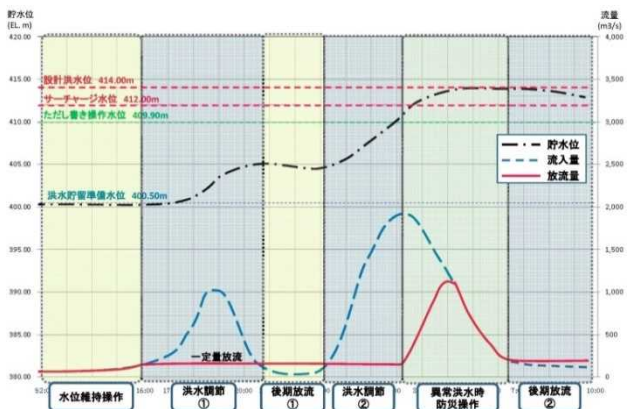


図-10 自動計算される放流計画イメージ（統合運用）

4. 操作支援システムの実用状況

本システムは平成30年度に開発し、令和元年度より阿木川ダムの防災操作において実用している（図-11、図-12）が、現時点で改良が必要となる課題等は発生していない。



図-11 ダム操作支援システム

今後も実用していく中で、実績データを蓄積するとともに、改良点等も検討する計画である。



図-12 ダムコン操作端末と操作支援システム

5. おわりに

開発した操作支援システムは、ダム管理者の目線で開発したシステムであり、ダム運用の高度化によるダム機能の最大化の一助になると考える。

また、訓練シミュレータへの出力により、防災操作訓練が容易となり、防災操作の高度化や職員の操作技術向上が図れる。

今後、水資源機構において、ダム群連携操作を実施しているダムも含め、本システムの順次導入に取り組んでいく予定である。

参考文献

- 1) 住民基本台帳，恵那市，平成31年4月
- 2) ダムの機能を最大限活用する洪水調節方法の導入に向けたダム操作規則等点検要領及び同解説，国土交通省・国土技術政策総合研究所 河川研究部 水循環研究室，平成29年7月
- 3) 田村和則，千田泰成，加納茂紀，林直良，新たなダム操作訓練シミュレータの開発と今後の展望，（独）水資源機構 平成29年度技術研究発表会論文集