

鶴田ダムにおける柔軟な操作の検討について

亀井 慎平¹・廣松洋一²・緒方 孝一³

¹～³九州地方整備局 鶴田ダム管理所（〒895-2102 鹿児島県薩摩郡さつま町神子3988-2）。

川内川中流部に位置する鶴田ダムでは、令和3年7月の出水時において、緊急放流（異常洪水時防災操作）を実施する可能性が高まったことから、同操作を回避するためダム下流域の流下能力を勘案した上で、操作規則よりも多くの放流を行う操作（以下、「柔軟な操作」と記す）を実施した。

本稿では、今後、同様の事象が発生した場合に備え、令和3年7月の出水時に実施した操作状況を確認・整理し、柔軟な操作の実施手順について検討したものである。

キーワード 緊急放流、異常洪水時防災操作、ダム操作の高度化

1. はじめに

令和3年7月9日から10日にかけて、梅雨前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、九州では大気が非常に不安定となり、鹿児島県北部を中心に線状降水帯が発生し、総雨量500mmを超える豪雨を記録した。

この豪雨は、川内川流域に甚大な被害をもたらした平成18年7月洪水に匹敵する日雨量を観測したものの、鶴田ダム再開発事業及び川内川激特事業の効果により、河川水位は低減し、結果として大きな浸水被害には至らなかった。

同洪水では、鶴田ダム管理所（以下、「当管理所」と記す）では、緊急放流の可能性が高まったが、ダム下流水位観測所の水位を勘案の上、貯水容量を有効活用する操作（柔軟な操作）を実施することで、緊急放流を回避し、浸水被害の軽減を図った。

ここでは、鶴田ダムの洪水調節効果と今回の出水を踏まえて実施した柔軟な操作に及び、今後の対応について報告する。

2. 鶴田ダムの概要

川内川は、熊本県の白髪岳に発し、宮崎県を通過して鹿児島県に入り、湯之尾滝を経て曾木の滝から鶴田ダムへ流入し、その後、川内平野を下り東シナ海へそそぐ、流域面積1,600km²、集水域805km²、長さ137kmの九州屈指の大河川である。

その流域は3県、3市2町（薩摩川内市、さつま町、伊佐市、湧水町、えびの市）にまたがり、流域内人口約20万人を抱えている。鶴田ダムは川内川河口から約51kmに位置しており、洪水調節と発電することを目的に建設された多目的ダムである。ダムの高さ117.5m、ダム湖に貯まる水の量は1億2千3百万m³で、九州のダムでは最大規模の重力式コンクリートダムである。

鶴田ダムでは、昭和44～47年に大規模な洪水が3度

発生している。特に昭和47年7月洪水では、緊急放流を伴う洪水調節を行い、下流域で大きな被害が生じた。このような状況の中、昭和48年3月に川内川の治水計画の見直しにより計画規模を年超過確率1/80から1/100に変更し、鶴田ダムでは、発電容量の一部を買い取り、洪水調節容量を4,200万m³から7,500万m³に増強している。

その後、平成18年7月の鹿児島県北部豪雨災害では、鹿児島県北部を中心とした記録的な豪雨に伴い、川内川の上流から下流に至る3市2町にかけて浸水面積約2,777ha、浸水家屋2,347戸という甚大な被害が発生した。この記録的な豪雨を契機に翌平成19年より鶴田ダム再開発事業に着手し洪水調節容量を7,500万m³から9,800万m³へ約1.3倍に増加させる事業が平成30年度に完了した。



図-1 鶴田ダム流域図



図-2 再開発事業完了後の鶴田ダム

3. 鶴田ダム再開発事業およびダム操作方法

(1) 鶴田ダム再開発の概要

再開発事業は、洪水期の発電容量（250万 m^3 ）と死水容量（2,050万 m^3 ）の合計2,300万 m^3 を洪水調節容量に振り替え、洪水期の洪水調節容量を最大7,500万 m^3 から最大9,800万 m^3 に増量することで、洪水調節機能を強化するものである。

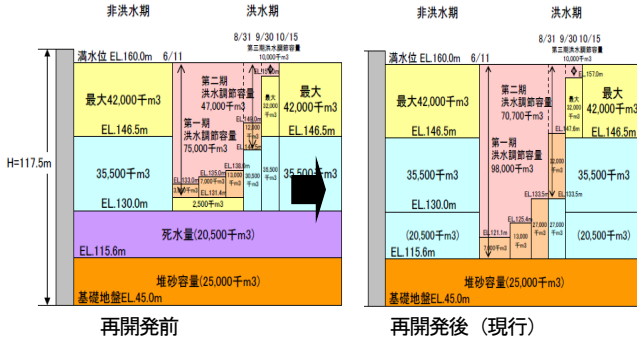


図-3 鶴田ダム再開発に伴う貯水池容量配分の変更

容量振り替えにより、洪水期の制限水位を大幅に低下（EL. 130.0mからEL. 115.6m）させることから、既存の放流施設では放流能力が不足するため、既存の放流施設より低標高部に放流施設を増設し放流能力不足に対応した。

更に、放流施設の増設に伴う地山掘削及び減勢工の増設、発電取水管の付け替えを併せて実施した。

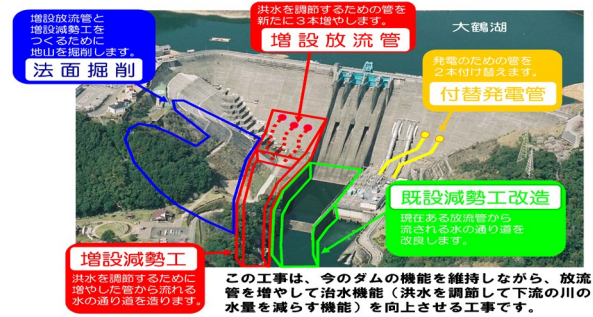


図-4 鶴田ダム再開発における施設改良内容

(2) 再開後の操作方法（整備計画ルール）

平成18年7月洪水を対象とした河川整備計画策定にあたり、ダム下流宮之城地点の流下能力（4000 m^3/s ）、鶴田ダムの制限水位115.6m時における放流能力（約1000 m^3/s ）、下流域住民との議論による要望（中小洪水への効果）等を踏まえ設定がなされている。

○洪水調節方式：一定率一定量方式（調整率0.5）

○計画最大流入量：4500 m^3/s

○洪水調節開始流量：600 m^3/s

○最大放流量：2400 m^3/s

○放流の増加制限：

貯水位130m未満 1時間当たり75 m^3/s

貯水位130m以上 1時間当たり105 m^3/s

○緊急放流判断水位：7割容量水位

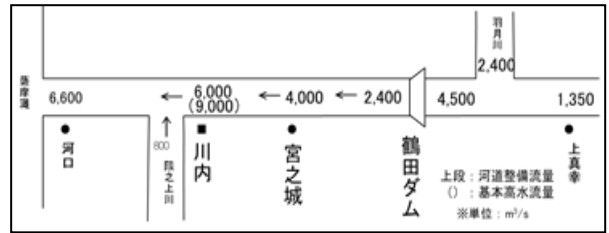


図-6 流量配分図（川内川河川整備計画）

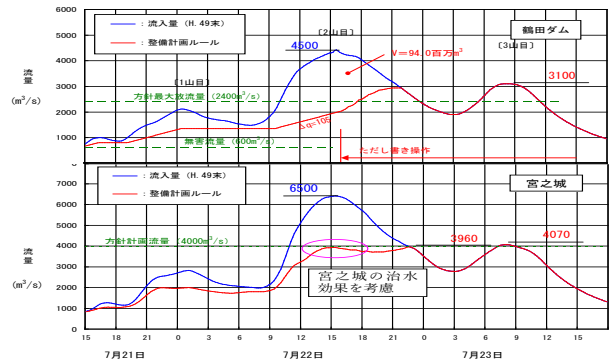


図-7 EL130.0m以上の増加制限による効果（H18.7洪水）

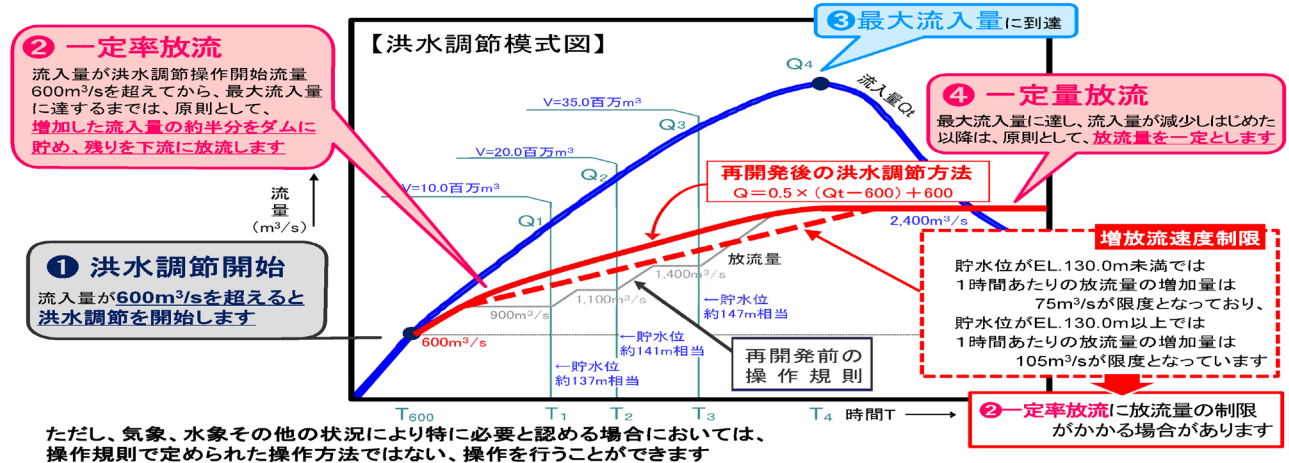


図-5 鶴田ダム洪水調節方式の概念図

4. 令和3年7月出水の概要

川内川流域は、年間平均降雨量が全国平均の約1,700mmに対して約2,800mmに達する多雨地域で、過去の降雨から見ると約70%は梅雨性、約30%は台風性による出水が発生している。

令和3年7月洪水は、7月9日夜遅くから10日昼前にかけて、梅雨前線に向かって暖かく湿った空気が流れ込んだ影響で、九州では大気の状態が非常に不安定となり、鹿児島県北部を中心に線上降水帯が発生した。

この降雨により、鹿児島県出水市、伊佐市、薩摩川内市、さつま町、湧水町、宮崎県えびの市、熊本県人吉市において大雨特別警報が発令された。

川内川流域に設置されている雨量観測所では、戦後最大の被害が発生した平成18年7月洪水に対して、総雨量は劣るものの、12時間雨量は同程度を観測した。

一方、平成18年7月洪水において甚大な被害を被った宮之城水位観測所(さつま町)では、11.66mの既往最高水位に対して、7.40mとなり、氾濫危険水位7.60mに到達しなかった。

平成18年7月洪水
12時間雨量



令和3年7月洪水
12時間雨量

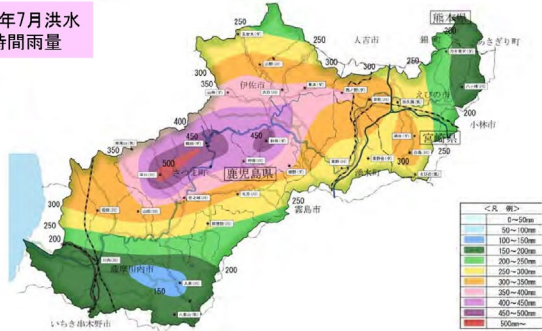


図-8 令和3年7月洪水の降雨分布(12時間雨量)

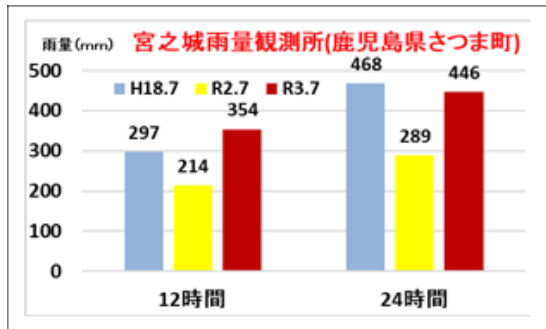


図-9 みやのじょう 宮之城 地点上流域雨量の比較

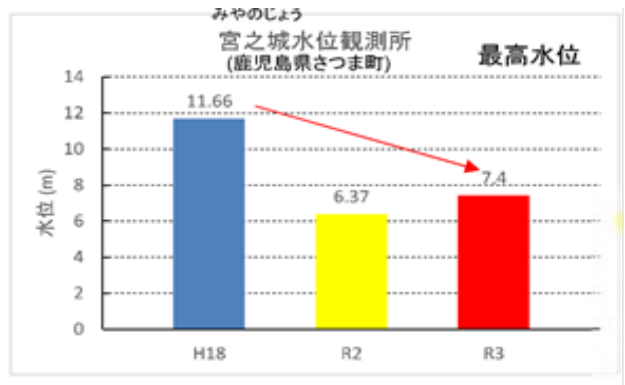


図-10 宮之城地点水位比較 (H18、R2、R3比較)

(1) 鶴田ダムの洪水調節効果 (激特事業～再開発の効果)

平成18年7月出水により特に被害が大きかったさつま町虎居地区においては、激特事業により築堤及び河道掘削、推込分水路等を施工した。今回、令和3年7月10日洪水では、鶴田ダム再開発事業並びに激特事業による河道掘削や推込分水路へ分流による効果より、平成18年以前の整備前と比較して、宮之城水位観測所地点で約1.8mの水位低減が図られた。

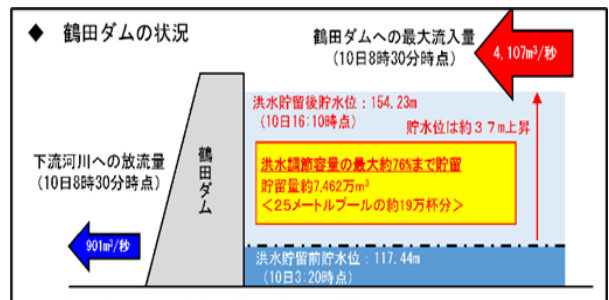


図-11 R3.7豪雨時のダム諸量

■宮之城観測所における水位低減効果

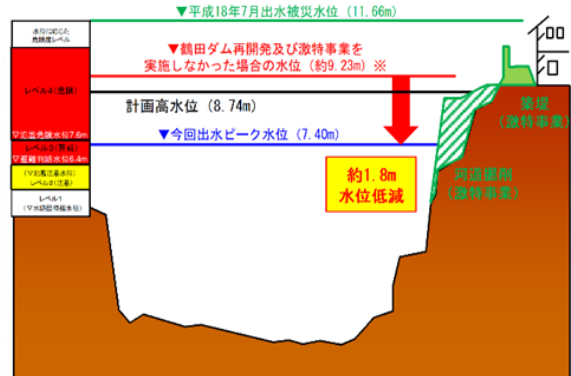


図-12 R3.7豪雨時のダム下流宮之城地点の水位

5. 柔軟なダム操作状況のレビュー

令和3年7月10日出水において、線状降水帯が発生し短期間では、平成18年7月の鹿児島県北部豪雨の災害を上回る降雨を観測し、平成18年7月豪雨時の最大流入量である4,040m³/sを上回る4,107m³/sの流入量を観測した。

鶴田ダムでは、操作規則通りの操作を行っていたが、線状降水帯発生という不安定な雨域の状況下において、降雨予測は収まっているものの今後の雨の変化に備えて、緊急放流をできるだけ回避できるように、下流の宮之城水位が減少に転じて以降は、ダムの空き容量を有効的に活用するために、柔軟なダム操作を計3回実施した。

以下、各操作実施時の状況および判断に至った根拠を整理し、今後のダム操作の基礎資料とした。

(1) 緊急放流実施の可能性を抑制

①増放流の開始時の状況と判断材料

目的 : 緊急放流実施の可能性を抑制

流入量 : 減少傾向

下流水位 : 低下傾向で避難判断水位未満に到達

貯水位 : 規則操作を継続した場合に、サーチャージ水位を超過する可能性がある

増放流量 : 宮之城地点（ダム放流分を除いた支川単独の流量）の低減量程度

流入量が増加し、同日3時20分に流入量が洪水調節開始流量に達した。その後、流域平均雨量50mm/hrを超える豪雨が発生したことにより、洪水調節開始流量到達から僅か5時間で流入量は最大流入量の4,107m³/s（8時30分頃）に至った。

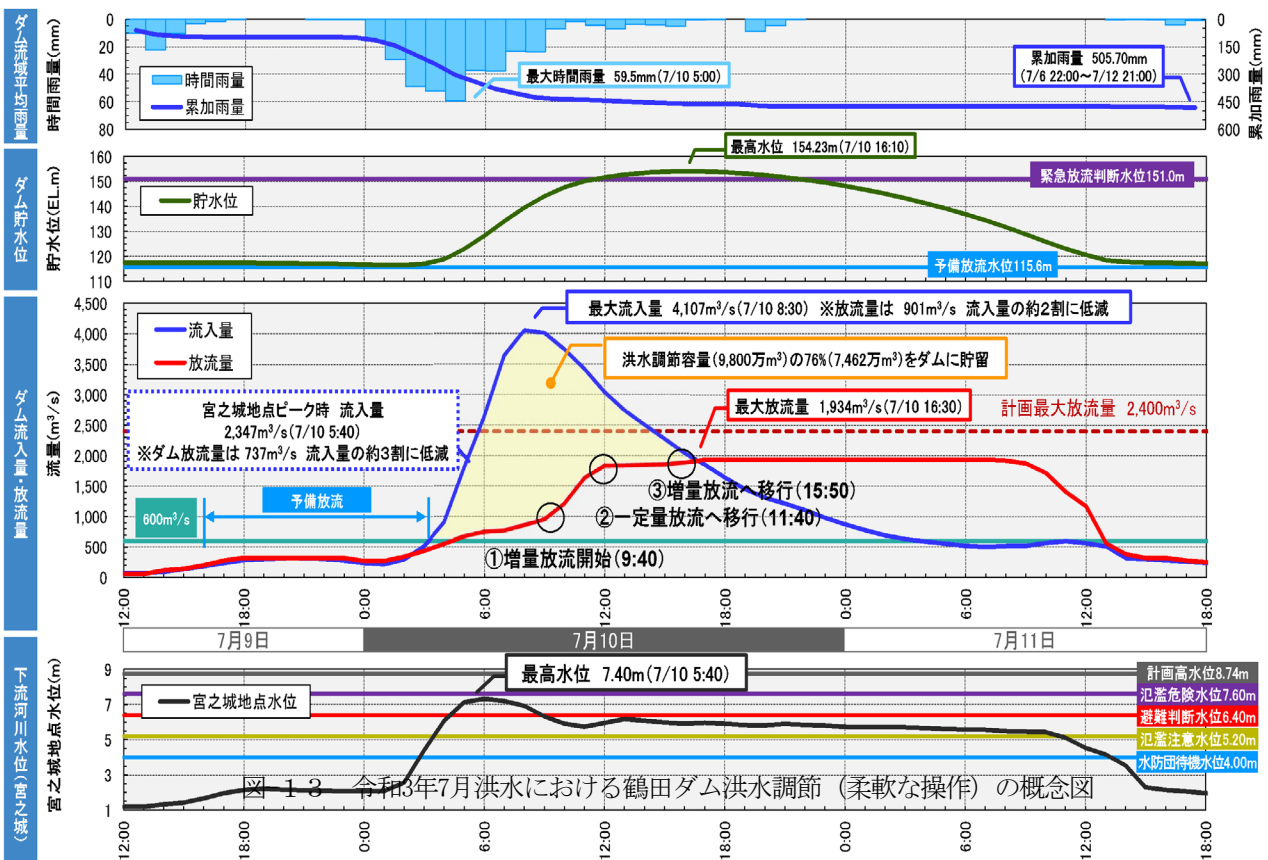
流入量は減少に転じたものの、その時点のダム放流量は放流量の増加制限により、約900m³/sであり、増加制限が無かった場合の放流量約2,350m³/sに対して非常に多くの流量を調節しており、その結果、下流域に対して大きな効果を発揮することができた。

一方で、ダムの空き容量は急激に減少し、雨域は予測では収束しているものの、状況の変化次第では、サーチャージ水位を超過し、緊急放流へ移行する恐れも残っていた。

鶴田ダムでは、平成18年7月洪水において同操作へ移行しているが、当時、下流住民からは緊急放流に対して批判的な意見も多く挙げられた経緯があることから、緊急放流の実施を回避することが求められた。そのためには、放流の増加制限以上に放流させる必要があるが、ダム放流量の増加は、下流水位の上昇に繋がることから、ダム流入量および宮之城地点水位が低下傾向にあることを確認した上で実施することとした。

10日9時時点において、上記条件が確認されたことから、緊急放流を回避できるよう、九州地方整備局と協議を行い、避難判断水位を超過しない程度の流量を放流することを決定し、9時40分から放流量の増加制限以上の放流を開始した。

鶴田ダムでは、7月10日0時頃から降雨により急激に流



令和3年7月洪水における鶴田ダム洪水調節（柔軟な操作）の概念図

(2) 下流河川水位上昇に伴う放流量の制限

②放流量の制限（一定量放流）

目的 : 宮之城水位の上昇（避難判断水位超過）の抑制

流入量 : 減少傾向

下流水位 : ダムの増放流により避難判断水位超過の可能性が増加

貯水位 : サーチャージ水位超過の可能性低下

増放流量 : 一定量放流等（宮之城地点水位が避難判断水位を超過しないように）

増加制限以上の増量放流を継続していたところ、10日11時点において、宮之城水位観測所の水位が減少傾向が弱まり避難判断水位に近い状態へ至っており、今後上昇に転じることが想定された。そのため、放流量を減少させることで、宮之城水位が避難判断水位を超過しないよう操作を行うことを検討した。この時点において、貯水位は緊急放流判断水位であるEL151.0mを超過していたが、増放流を継続した場合でも、現時刻の放流を継続（一定量放流）しても、サーチャージ水位を超過する恐れは低くなっていた。

避難判断水位の超過を回避できること、緊急放流への移行の可能性が低いことから、11時40分から一定量放流操作を開始した。

(3) 次期出水に備えた早期の洪水調節容量の回復

③増放流の開始

目的 : 次期出水に備えた早期容量確保

流入量 : 減少傾向

下流水位 : 宮之城水位低下傾向

貯水位 : サーチャージ水位超過の可能性無し

増放流量 : 増加制限量（避難判断水位を超過しないように）

一定量放流へ移行した後、雨が小康状態となったものの、大気の状態は非常に不安定な状態であった。

10日14時および15時点における予測雨量を図-10に示すが、今後数時間に渡って強い降雨が発生する恐れがあり、線状降水帯の再発生や平成18年7月洪水時の2山目、3山目のような降雨の可能性があった。

また、この時点の貯水位は約EL154.0mであり通常の洪水調節に活用可能な容量はゼロであったことから、早急に洪水調節容量を回復する必要がある。なお、洪水調節容量の回復は、洪水後期放流（流入量以上に放流）により実施されるが、そのときの放流量は、当該洪水時の最大放流量以下とする必要がある。そのため、少しでも洪水調節容量を回復させるために、10日15時より、一定量放流から再度放流量を増加させる操作を行った。

6. 柔軟操作の手順の検討

令和3年7月10日出水における柔軟な操作を踏まえ、適切な判断、操作ができるよう手順について整理した。

以下に鶴田ダムにおける柔軟な操作の主な手順について記載する。なお、操作変更時においては、現操作継続時と操作変更時の下流水位予測の比較・検証を行う。

詳細な判断および検討事項については、図-14 柔軟なダム操作実施フロー（案）に示す。

■柔軟な操作実施の目的

- ・緊急放流の可能性を抑制（下流水位の低減）
- ・次期出水に備えた早期容量の確保

■主な実施手順（図-14に詳述）

- ①緊急放流実施の可能性が発生
↓（規則操作継続時にサーチャージ水位超過）
- ②宮之城観測所水位が避難判断水位以下&減少傾向
↓
- ③増加制限（105m³/s/h）以上の増放流を実施
↓（避難判断水位を超過しない程度）
- ④宮之城観測所水位の監視
↓（避難判断水位未満を目安）
- ⑤宮之城観測所水位の上昇&避難判断水位超過
↓
- ⑥放流量の増加の停止（一定量放流）
↓
- ⑦緊急放流の可能性の低下
↓
- ⑧一定量放流から増放流を実施

8. 最後に

今後、前線の停滞や線状降水帯の発生、大型台風による集中豪雨等により、計画規模を上回る洪水が予測される場合に、緊急放流をできるだけ回避すること、また、次の洪水に備えてできるだけ洪水調節容量を確保することが要求され、ダムの柔軟な操作が求められる場面がますます多く発生することが考えられる。その場合、予めダム下流の流下能力・氾濫危険箇所の確認、ダム増放流量の設定方法、増量放流時の監視方法などの検討を行い、関係機関の理解・共有をしていなければ、いざ本番で柔軟な操作を行うことは非常に難しいところである。

鶴田ダムにおいては、これまで2回の緊急放流の実施、地元住民・学識者とのダム操作に関する意見交換の継続、再開による治水容量の増強、令和3年度の柔軟操作の実施などを踏まえ、現場担当者が適切な判断ができる柔軟な操作の手順について検討を引き続き進めてまいりたい。

図-14 柔軟なダム操作の実施フロー（案）

