

国立国会図書館 調査及び立法考査局

Research and Legislative Reference Bureau
National Diet Library

論題 Title	ダム機能の活用の現状と課題
他言語論題 Title in other language	Recent Issues in Utilizing Dam Functionality
著者 / 所属 Author(s)	山下 修弘 (YAMASHITA Nobuhiro) / 国立国会図書館調査及び立法考査局専門調査員 国土交通調査室主任
雑誌名 Journal	レファレンス (The Reference)
編集 Editor	国立国会図書館 調査及び立法考査局
発行 Publisher	国立国会図書館
通号 Number	836
刊行日 Issue Date	2020-09-20
ページ Pages	57-79
ISSN	0034-2912
本文の言語 Language	日本語 (Japanese)
摘要 Abstract	洪水調節や利水といった機能を持つダムについて、機能の活用に向けた検討の状況を整理して、直近の政府の検討会議の結果がもたらす新たな課題等について検討する。

* この記事は、調査及び立法考査局内において、国政審議に係る有用性、記述の中立性、客観性及び正確性、論旨の明晰（めいせき）性等の観点からの審査を経たものです。

* 本文中の意見にわたる部分は、筆者の個人的見解です。

ダム機能の活用の現状と課題

国立国会図書館 調査及び立法考査局
専門調査員 国土交通調査室主任 山下 修弘

目 次

はじめに

I ダムの概要

- 1 ダムの目的
- 2 ダムの貯水量等
- 3 ダムの貯水量の制御
- 4 堆砂の処理
- 5 ダム事業の実施時の評価等

II ダムの機能の活用に向けた検討

- 1 令和元年 11 月の検討会議までの検討状況
- 2 令和元年 11 月に開始された検討

III ダムの機能の活用における課題

- 1 事前放流での費用便益計算
- 2 操作規則等の検討
- 3 貯水位－容量曲線の正確な把握と利用
- 4 ダム再生の計画における検討内容

おわりに

キーワード：ダム、事前放流、洪水調節、費用便益、操作規則

要 旨

- ① 公共施設の長寿命化が課題となる中、ダム堤体については長寿命化の問題はないとされている。しかし、ダムの機能を維持し、有効に活用し続けるための対策は必要であり、様々な設備の定期的な交換や、ダムの再整備・再編成が行われている。
- ② 令和元年台風19号等による洪水被害を受け、令和元年11月に政府の「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議」が開催され、事前放流について、電力会社等が管理する水力発電や、地方自治体等が管理する農業用水、上水道水の利水ダムについても、縦割り行政を排し、洪水調節に活用するよう協定が結ばれることとなった。
- ③ ダムの再整備や再編成については、ダムの治水・利水容量を効率的・効果的に活用するなどのため、施設の改良、再生、運用の高度化を図ること、既存ダム間で治水容量と利水容量を振り替えるなどダムの容量の再編等を行うことなどが検討され、実施されてきた。
- ④ 事前放流については、ダムの操作規則等の見直しにおいて、近年の降雨予測技術を用いた降雨解析などにより、確実に回復が見込まれる容量の活用について検討されてきたが、この検討会議等の結果、事前放流後に貯水量が回復しなかった場合の具体的な対応などが定められた。
- ⑤ 事前放流の考え方では、貯水量が回復しなかった場合には損失を補てんすることになるため、どの程度の確率で、どの程度の貯水量が回復するかの想定を気象予測の精度を考慮して、事前放流する貯水量を検討することなどが必要である。
- ⑥ より精度の高い気象予測を用いて、河川が急峻で放流した水が短時間で海まで流れるといった日本の河川の特徴をいかし、流域全体の安全性を考慮しながら、利水ダムを含む水系のダム全体についてダム操作を柔軟かつ最適に行い、ダムの機能が最大限活用されるシステムが完成されることを願う。

はじめに

公共施設の長寿命化が課題となる中、ダム堤体については長寿命化の問題はない⁽¹⁾とされている。しかし、ダムの機能を維持し、有効に活用し続けるための対策は必要であり、様々な設備の定期的な交換や、ダムの再整備・再編成が行われている。

一方で、令和元年台風19号等による洪水被害⁽²⁾を受け、令和元年11月に政府の「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議」が開催された。同検討会議で決定された基本方針により、国土交通省は事前放流ガイドラインを策定するなどした（詳細は後述）。

事前放流については、洪水による災害が発生するおそれ大きいと認められる場合などにおいて、河川管理者⁽³⁾がダムを設置する者に指示できる⁽⁴⁾こととされているが、電力会社等が管理する水力発電や、地方自治体等が管理する農業用水、上水道用水の利水ダムについては、所管する省庁も異なり協力が得られず、発動実績はないと報道されている⁽⁵⁾。しかし、今回の検討を踏まえた結果、縦割り行政を排し、利水ダムを洪水調節に活用するよう、ダムが設置されている全ての一級水系⁽⁶⁾で協定が結ばれ、洪水調節容量が全国で倍増したと報道されている⁽⁷⁾。

ダムの機能の活用に向けた対策において、この検討会議の結果である利水ダムの洪水調節への活用等が、今後のダム管理等にどのような影響を持つかなどについて、ダムの持つ機能や、ダムをめぐる課題などの現状を整理して、新たな課題を検討する。

* 本稿におけるインターネット情報の最終アクセス日は、令和2年7月29日である。

- (1) ダム健全度評価結果によると、安全性や機能への影響から直ちに措置を講じる必要があるとされたダムはない（国立国会図書館調査及び立法考査局編『インフラ老朽化対策と維持管理技術—科学技術に関する調査プロジェクト2018報告書—』（調査資料2018-5）国立国会図書館，2019，pp.42-43。<https://dl.ndl.go.jp/view/download/digidepo_11265231_po_20180502.pdf?contentNo=1>）。また、国内最初の近代的なコンクリートダムは明治33（1900）年に建設されたもので、現在も利用されており、ダムの寿命は適切な維持管理を実施すれば半永久的であるという意見もある（ダム工学会調査研究委員会計画研究部会「「できるだけダムに頼らない治水」は正しいか—治水の理念—」2013.5，p.(2-7)。<<http://www.jsde.jp/kenkyu/chousahoukokusyo.pdf>>）。
- (2) 堤防決壊箇所は20水系71河川142箇所であった（「堤防決壊箇所一覧（4月10日 9:00時点）」国土交通省ウェブサイト<<https://www.mlit.go.jp/common/001313204.pdf>>）。国土交通省所管ダムでは、146ダムで洪水調節を実施したが、そのうち6ダムでは洪水調節容量を使い切る見込みとなり、ダムへの流入量と放流量を同程度とする操作を実施している（国土交通省水管理・国土保全局「ダムの活用について」（既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議（第1回）資料1）2019.11.26，p.1。首相官邸ウェブサイト<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/dai1/siryoul.pdf>）。
- (3) 一級河川の管理は国土交通大臣、二級河川の管理は都道府県知事又は政令指定都市の長が行うこととされている（河川法（昭和39年法律第167号）第9条及び第10条）。
- (4) 河川管理者は、洪水による災害が発生するおそれ大きいなどと認められる場合において、災害の発生を防止するなどのため緊急の必要があると認められるときは、ダムを設置する者に対し、災害の発生を防止するなどのために必要な措置を採るべきことを指示することができることとされている（河川法第52条）。
- (5) 「ダムの洪水対処能力倍増」『日本経済新聞』2020.2.7。なお、令和元年台風10号の際に、新宮川水系熊野川で電源開発株式会社の発電専用ダムである風屋ダム・池原ダムの治水協力が行われたとされる（「利水ダムにおける利水容量活用の例（新宮川水系熊野川）」（既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議（第2回）参考資料）2019.12.12。首相官邸ウェブサイト<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/dai2/sankou.pdf>）。また、中国電力の新成羽川ダムでは、平成30年7月豪雨による高梁川水系の洪水被害を踏まえてダム操作に関する技術検討会を設置して検討を行い、令和元年5月に、一定の積算雨量を超えることが予想された場合に事前放流を行う準備を同年梅雨期からの実施に向けて準備する旨を発表している（中国電力株式会社岡山支社「新成羽川ダムの治水協力に関する検討結果について」2019.5.20。<https://www.energia.co.jp/area/okayama/assets/info/2019/20190520_shinnariwa.pdf>）。
- (6) 国が管理することとされている水系で全国に109水系ある。
- (7) 「洪水への対処能力倍増」『日本経済新聞』2020.6.5。

I ダムの概要

ダムとは、河川法（昭和 39 年法律第 167 号）第 44 条で、河川の流水を貯留し、又は取水するため河川管理者の許可を受けて設置するもので、基礎地盤⁽⁸⁾から堤頂⁽⁹⁾までの高さ（堤高）15m 以上のもの⁽¹⁰⁾と定義されている。

国土交通省所管のダムとしては、国が管理するダムが 101、道府県が管理するダムが 438、水資源機構が管理するダムが 23 の合計 562 があり、その有効貯水容量（容量については後述）11260 百万 m³ のうち洪水調節容量は 5394 百万 m³ とされている。また、洪水調節容量がない利水ダムとしては、898 ダムがあり、その有効貯水容量は 6804 百万 m³ とされている⁽¹¹⁾。さらに、日本のダムの総数は 2,755 ダムというデータがある⁽¹²⁾。

1 ダムの目的

ダムの目的は水を貯めることにあり、大きく分けて、大雨の際に空けておいた容量に水を貯めることで下流域の洪水を抑制する目的と、貯めていた水を放流することで水を利用する目的の二つがある。また、単一の目的で建設されたダムや、複数の目的で建設されたダム⁽¹³⁾がある。

ダムの具体的な目的別にみると、①洪水調節⁽¹⁴⁾（Flood Control. 略語：F）が 861 ダム⁽¹⁵⁾、②流水の正常な機能の維持（「不特定用水」、「河川維持用水」ともいう。）⁽¹⁶⁾（Normal Function of the River Water. 略語：N）が 554 ダム、③農業用水（Agriculture. 略語：A）が 1,546 ダム、④上水道用水⁽¹⁷⁾（Water Supply. 略語：W）が 640 ダム、⑤工業用水⁽¹⁸⁾（Industrial Water. 略語：I）

(8) ダムの堤体の築造の際には、地表の石や土を取り除き、岩盤等と直接に密着させて一体化させている。基礎地盤とは、ダムの重量を支える土台となる地盤である。

(9) ダム堤体の天端の最も高い部分

(10) 一般に、ダムの基礎地盤は地中にあるため、ダム堤体の見目の高さとは一致しない。例えば、静岡県の天竜川にある秋葉ダムのように堤高は 89m であるが外観は 40～50m 程度と、堤体の半分程度が地中に埋没しているものもある。

(11) 国土交通省水管理・国土保全局 前掲注(2), pp.3-4.

(12) 「集計表（目的 [1] 別型式別）」『ダム便覧 2019』日本ダム協会ウェブサイト <<http://damnet.or.jp/cgi-bin/binranA/Syuukei.cgi?sy=mokulkei>> 二級河川等のダムを含む数字である。

(13) 特定多目的ダム法（昭和 32 年法律第 35 号）では、「多目的ダム」とは国土交通大臣が一級河川の河川管理者として自ら新築するダムで、これによる流水の貯留を利用して流水が発電、水道又は工業用水道の用に供されるものとされている（第 2 条第 1 項）。本稿では、複数の目的を持つダムを多目的ダムとして、特定多目的ダム法に定められた「多目的ダム」以外にも兼用工作物（河川法第 17 条）などのダムを含めている。

(14) 大雨の際にダムに流入する水を貯めて、下流に流す水の量を調節することで、下流で川の水位が上がることを防止又は軽減するもので、川があふれたり堤防が決壊したりするリスクを下げるものである。

(15) 「集計表（目的 [1] 別型式別）」前掲注(12)を基に算定している。多目的ダムについては、各目的のダムに計上しているため、目的別のダム数の総計はダム総数とは一致しない。

(16) 渇水時に「瀬切れ」といった水が表面を流れずに地中を流れる現象が起きるなどして、水棲生物の生存に影響が出て河川環境を破壊したり、水質が悪化したりするのを防ぐため、ダムの貯水で下流の川の流量を保ち、また、ダムができる前からの農業用水等に使用する水利権（慣行水利権あるいは既得水利権と呼ばれ、ダム完成後に与えられる許可水利権とは区別されている。）に対応するものである。

(17) 渇水時には、取水制限（浄水場において河川から取る水の量を制限するが、一般家庭の水道水の給水量は制限されない。）や給水制限（一般の家庭や事業所に給水している量を減らす。）が行われる。

(18) 工場等で利用するために必要な水。地下水を工業用水として利用することによる地盤沈下等が問題になるなどして、工業用水法（昭和 31 年法律第 146 号）により地下水の採取規制が行われている。

が 184 ダム、⑥水力発電用水⁽¹⁹⁾ (Power Generation. 略語:P) が 680 ダム、⑦消流雪用水⁽²⁰⁾ (略語:S) が 7 ダム、⑧レクリエーション⁽²¹⁾ (Recreation. 略語:R) が 2 ダムある。

2 ダムの貯水量等

(1) ダムの貯水量

ダムの貯水量は、貯水位（ダム貯水池の水位）により把握される。貯水位は、ダム貯水池の高さ方向の位置のことで、標高で表されている。各ダムでは、貯水位－容量曲線（「H-V 曲線」、
「H-V 表」ともいう。）が作成されており、貯水位から貯水容量を算定している（図 1 参照）。

ダムには、基準的な貯水位の高さがあり、ダムの操作規則等（詳細は後述）で特定の操作の開始や終了を貯水位で定めるなどしている。基準的な貯水位には、①設計最高水位（設計洪水水位⁽²²⁾。略語:DWL）：ダム貯水池の限界の水位、②洪水時最高水位（サーチャージ水位。略語:SWL）：洪水が起きたときに一時的に貯水できる最高水位、③平常時最高貯水位（常時満水位。略語:NWL）：洪水期以外の最高水位⁽²³⁾、④洪水貯留準備水位（洪水期制限水位、夏期制限水位）：洪水期（夏期）の常時満水位よりも下げて空き容量を多くした水位、⑤最低水位（略語:LWL）：貯水率 0% と言われる水位、などがある。

最低水位よりも下方の部分が一般的に堆砂容量⁽²⁴⁾となっていて、最低水位の下に貯まっている貯水はいわゆる死水⁽²⁵⁾であり、通常の操作では利用できない貯水である。

なお、洪水調節と利水との目的を併せ持つダムの場合は、予備放流（詳細は後述）を行った後の洪水調節に用いる空き容量の最低水位を予備放流水位又は洪水調節最低水位、通常の最低水位を利水最低水位と呼ぶ場合もある。

また、ダムの貯水容量の呼称と、それぞれの水位との関係は以下のとおりである。

- ・総貯水容量 = 洪水時最高水位（SWL）での容量 - 空（水を貯めていない状態）
- ・有効貯水容量 = 洪水時最高水位（SWL）での容量 - 最低水位（LWL）での容量
- ・洪水調節容量(洪水期予備放流後) = 洪水時最高水位(SWL)での容量 - 予備放流水位での容量
- ・利水容量（非洪水期）= 平常時最高貯水位（NWL）での容量 - 最低水位（LWL）での容量
- ・利水容量（洪水期）= 洪水貯留準備水位での容量 - 最低水位（LWL）での容量

(19) ダムの高低差により発電機を回して、ダムの貯水が持つ位置エネルギーを発電に用いているものであり、水は消費されることなく、そのまま下流に放流される。

(20) 道路の消雪パイプや、捨て雪が滞積して流れなくならないよう市街地の小さな河川に流している水。以前は地下水が使用されていたが、地盤沈下の懸念から河川の水が利用される場合があり、その補給に必要な水量を貯めることを目的とする。

(21) ダム貯水池内に漕艇場があるものや、堤体内に多目的ホール、天端は展望台とされるなど、ダム堤体自体がレクリエーション施設となっているものがある。

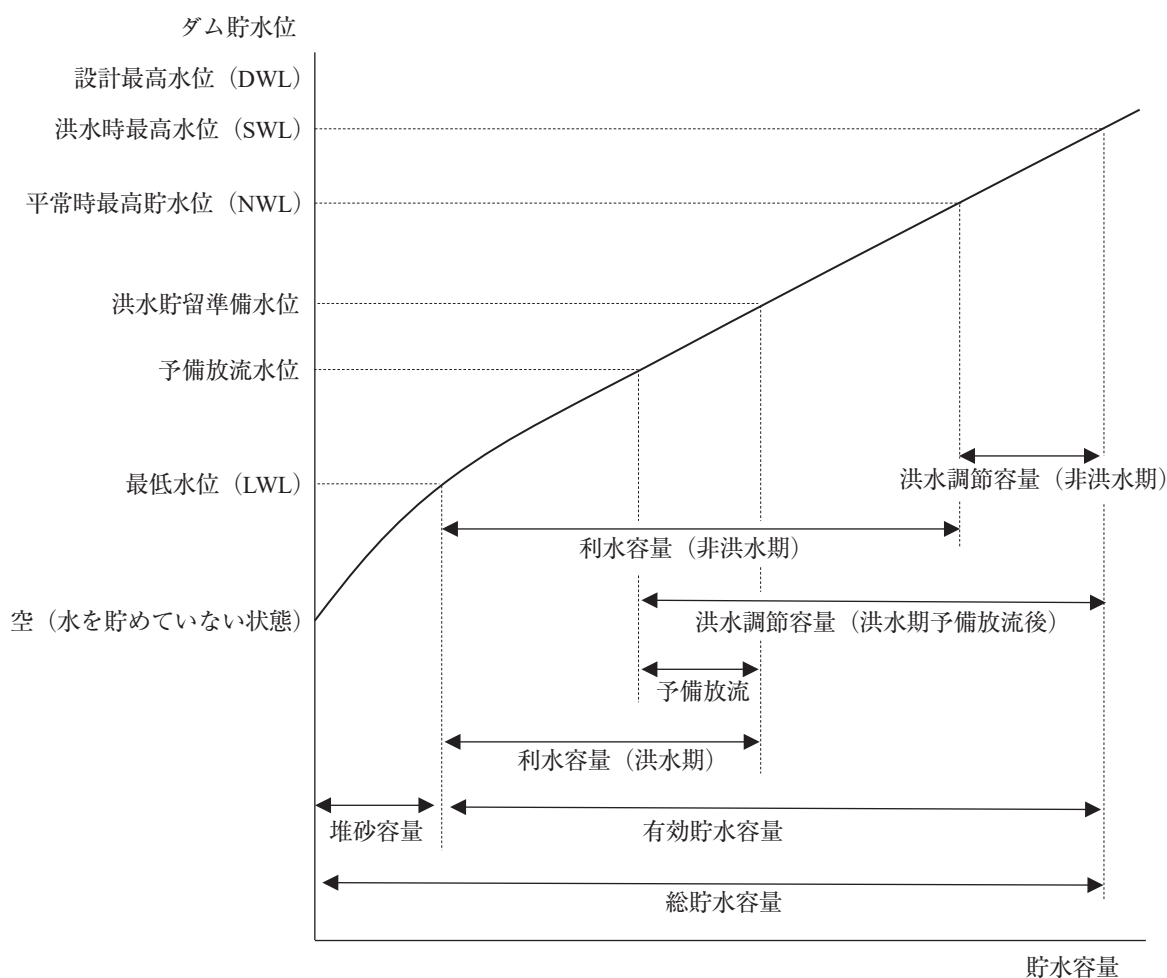
(22) ダムの貯水位の用語については見直しが行われている（「洪水等に関する防災情報体系の見直し実施要領」国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/saigai/tisiki/disaster_info-system/index.html>; 「洪水等に関する防災情報体系の見直しについて」（平成 18 年 10 月 1 日付け国河情第 3 号）兵庫県ウェブサイト <<https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk37/documents/000101182.pdf>>）が、従前の用語を使用している資料等も多数あるため、以下括弧書きで従前の用語等を記述している。

(23) 利水専用ダムの場合、常にこの水位まで水を溜めておくことが多い。

(24) 原則 100 年間の堆砂量を見込んだ容量。

(25) 水力発電用ダム等では、最低水位以下の容量が堆砂容量よりも大きい場合があり、この容量の差を死水容量と呼んでいる場合もある。

図1 ダム貯水位と貯水容量



(出典) 「ダムの情報」国土交通省川の防災情報ウェブサイト <<https://www.river.go.jp/kawabou/reference/index10.html>>; 「二川ダムの概要」和歌山県ウェブサイト <https://www.pref.wakayama.lg.jp/prefg/130400/kensetsu/futagawadam/gaiyou_f.html> 等を基に筆者作成。

(2) 放流量

ダムが水を貯留したり、放流したりする方式には、大きく分けて2種類ある。洪水調節時に洪水吐ゲート⁽²⁶⁾の操作を必要とするダム(ゲート調節ダム)及び洪水調節時に洪水吐ゲートの操作を必要としないダム⁽²⁷⁾(自然調節ダム。いわゆる「穴あきダム」)である。

自然調節ダムでは、洪水吐きにゲートを有していないため、自然に洪水吐きから放流され、放流量は洪水吐き(穴)の大きさやダムの水位によって決まる⁽²⁸⁾。

一方、ゲート調節ダムの放流量は、貯水位とそれぞれのゲート(バルブ)開度から流量算定公式を使って計算する方法が一般的とされている⁽²⁹⁾。放流量は、同じゲートの開放割合でも、貯水位が高ければ多くなり、貯水位が低ければ少なくなる。

⁽²⁶⁾ バルブにより放流量を調節しているものもある。

⁽²⁷⁾ 自然調節ダムには、洪水期間と非洪水期間の移行時に洪水吐ゲートの全開・全閉操作を行うダムを含めている。

⁽²⁸⁾ 「ダムの情報」国土交通省川の防災情報ウェブサイト <<https://www.river.go.jp/kawabou/reference/index10.html>>

⁽²⁹⁾ 「よく使う用語の説明」同上 <<https://www.river.go.jp/kawabou/qa/QA/youg3.html>>

(3) ダムの流入量

ダムの流入量は、ダム貯水池に流れ込んでいる水量である。ダム貯水池には、水が小川や沢からも流れ込んでおり、直接的に流入する水量を観測することは困難である。そのため、貯水位の時間的变化から「貯水位－容量曲線」を用いて一定時間内の貯水量の変化を求め、この間のゲート等からの放流量を加算して計算する方法が一般的である⁽³⁰⁾。

3 ダムの貯水量の制御

(1) ダムの放流の操作

洪水時にゲートから放流する水量を制御するのが「操作制御設備」で、ゲートの開放割合を変更して放流量を制御している。また、ダムへの流入量はダム上流の流域⁽³¹⁾の雨量に影響を受けるため、雨量、貯水位などのデータを表示する「ダム管理用コンピュータ設備」（以下「ダムコン」という。）と呼ばれる機器がダム近傍のダム管理所に置かれており、操作⁽³²⁾をサポートしている。

(2) ダムの貯水量の運用

ダムの貯水量の多寡を決定するダムの運用については、目的に応じて以下のような特徴がある。

① 洪水調節としての目的

洪水による被害を防止するために、普段は水を貯めず、大雨が降った際に水を貯め始めるという運用を行う。ダム貯水池が満水になった場合には、ダム貯水池に流入してくる水量と同量を放流することになり、ダムが存在しない状態と同様になる（詳細は後述）。一般的には、洪水調節を行うことで洪水が発生するまでの時間が稼げるため、下流域において避難に充てられる時間を増加させることができ、被害が軽減されると言われている⁽³³⁾。しかし、ダムの完成後は急激に河川の流量が増加する場合があります、下流域の河川の水位の上昇に基づいて避難行動をとっていると、逆に被害は増加する可能性があるという指摘もある⁽³⁴⁾。

② 利水機能

ダム貯水池の水を利用することから、常にダム貯水池を満水にしておきたいため、流入してくる水の一部は下流に流すものの、満水になるまで貯水して、満水後は流入量をそのまま下流に放出するという運用をしている⁽³⁵⁾。

⁽³⁰⁾ 「ダムの情報」前掲注⁽²⁸⁾

⁽³¹⁾ 当該区域の降雨が河川、ダム貯水池に流れ込むことになる。

⁽³²⁾ ダムの操作については、ダム近傍の管理所で行う「遠方操作」以外に、放流設備の近くで行う「機側操作」、ダムから遠く離れた場所で行う「遠隔操作」がある。

⁽³³⁾ 洪水の被害額と避難行動に充てられた時間との相関を表したデイ・カーブ（創案者の Harold Day の名前から Day Curve と呼ばれている。）によれば、洪水の際に、数日前からの避難行動により 35% の被害を軽減できた状況で、6 時間前からの避難行動であれば 10 数 %、12 時間前からの避難行動であれば 20% 以上の被害を軽減できることが示されている。

⁽³⁴⁾ ダムが洪水調節を行うことができている間は下流域の河川の流量はあまり増加しないが、ダム貯水池が満水近くなり、ダムからの放流が増加する際に、激しい降雨の時間帯と重なると急激に河川の流量が増加することがある。このため、河川の水位を基にした避難指示を行っているなどの場合、避難開始指示から実際に洪水被害が発生するまでの時間が、ダムがないと仮定した場合よりも短時間となり、洪水被害が拡大する場合もあるという指摘がある。立野ダムによらない自然と生活を守る会「検証 西日本豪雨災害のダム緊急放流」<<http://stopdam.aso3.org/wp/wp-content/uploads/検証-西日本豪雨災害のダム緊急放流.pdf>>

⁽³⁵⁾ 農業用水や消流雪用水のように、季節的に利用水量に差があるものについては、常時満水を目指した運用はしていない。

多目的ダムでは、洪水調節機能と利水機能の両方の目的を持つものがあり、洪水調節分の容量については、洪水時に一時的にできるだけ水を貯められるよう空けておくようにする一方で、利水分の容量についてはできるだけ水を貯めておくようにするといった、矛盾した運用を行う必要⁽³⁶⁾がある。

(3) ダムの操作規則

ダムの操作については、河川管理者は自ら管理するダムの操作規則等を定める⁽³⁷⁾こととされており、ダムが有する洪水調節等の機能が発揮されるよう、操作規則等に基づいて操作が行われている。

国土交通省所管のダムの操作規則に記載する内容については、ダム貯水池の用途別利用として容量配分や洪水期の期日、洪水調節方法として洪水の調節方式（後述する一定率一定量放流方式など）、洪水調節開始流量、計画最大放流量など流入量の変化等に対する放流量などが「記載例」⁽³⁸⁾で示されている。ダム貯水池の容量配分については、貯水位と容量の両方の記載があるが、ダムの操作に関する部分では、何千 m³ の容量を空けるという記述ではなく、洪水期には貯水位を制限水位まで低下させるなど、貯水位に基づく記述となっている。

(4) ダムの放流操作のパターン

(i) 大規模降雨が起きる前の準備段階

洪水の発生前の準備段階や、想定した雨量を上回る可能性がある場合などに、以下のような特別な操作が行われる。

- ・予備放流と事前放流⁽³⁹⁾：どちらも、洪水調節を実施する必要があると見込まれる場合に、あらかじめ放流量を通常よりも増やしてダムの貯水位を下げる操作である。予備放流は、洪水調節容量と利水容量の一部をダム計画上重複させている場合等で、通常時は利水容量として利用している重複分の容量を洪水調節容量として利用するため、洪水調節の実施が必要になると予測される降雨前に放流するものである。ダム建設費の負担割合⁽⁴⁰⁾を決める段階から、利水と洪水調節とで重複して利用することを考慮して費用負担している部分などである。

⁽³⁶⁾ 昭和 32 年制定の特定多目的ダム法により制約を受けているためであり、洪水調節容量を常に空けておく必要はなく、大雨が予測される際に放流して貯水量を減らせばよいという意見もある。当時の技術水準では、台風はいつ来るか分からず、強風や大雨によりダムの操作が困難になるかもしれないため、事前に空き容量を確保しておくという考え方により制定された法律であり、前近代的な考え方に縛られているとしていて、気象予報技術は格段に進歩しており、また、遠隔操作技術も大幅に進歩しているとしている。竹村公太郎『水力発電が日本を救う—今あるダムで年間 2 兆円超の電力を増やせる—』東洋経済新報社、2016、pp.25-30。

⁽³⁷⁾ 河川法第 14 条により、河川管理者は、その管理する河川管理施設のうち、ダム等の操作規則を定めなければならないとされるなどしている。

⁽³⁸⁾ 「国土交通省所管ダムの操作規則及び操作細則に関する記載例について」国土交通省河川局河川環境課監修、ダム水源地環境整備センター編『ダムの管理例規集 平成 18 年版』山海堂、2006、pp.90-102。平成 13 年 11 月に国土交通省河川局河川環境課長と治水課長の連名で、各地方整備局河川部長等に出された通知文書である。

⁽³⁹⁾ 予備放流と事前放流については、国土交通省水管理・国土保全局 前掲注(2)；安田吾郎「これからのダムに求められる役割」虫明功臣・太田猛彦監修『ダムと緑のダム—狂暴化する水災害に挑む流域マネジメント—』日経 BP、2019、pp.155-156 などを基に記述している。

⁽⁴⁰⁾ 用途が複数あるダムの場合は、建設費用を、それぞれの用途ごとに必要となる容量などにより案分して、一定割合を負担することとするなどの取決めを行っている。

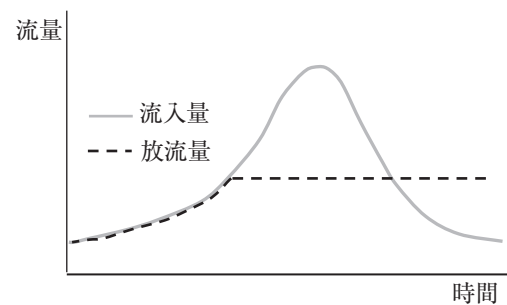
一方、事前放流は、ダム計画上で洪水調節容量と利水容量とを重複させている部分に係る放流ではない点で予備放流とは異なり、利水容量の貯水を放流して、その空いた容量を洪水調節に利用するものである。建設段階で洪水調節容量として費用負担は行われていないが、利水者の協力を得て実施するものである。

(ii) 一般的な洪水時

ダムの洪水調節方式には、以下のようなパターンがある⁽⁴¹⁾。

- ・自然調節方式：洪水吐きにゲートがなく、放流量は設置されている洪水吐きの穴の大きさと、貯水位によって決まり、意図的には変更できない。
- ・一定開度方式：ゲートを一定の位置に固定して開度変更を行わない方式で、自然調節方式と同じく放流量は貯水位によって決まる。
- ・一定量放流方式（図2参照）：ダムから一定量の放流を行い、それ以上の水量はダムに貯める方式である。中小洪水では大洪水よりも洪水調節効果は小さくなる。下流の河川の整備（堤防、遊水地等の整備）が進んでいる場合などに適用されるものである。

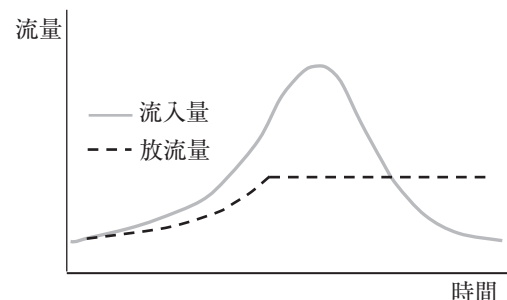
図2 一定量放流方式



(出典) 「ダムの情報」国土交通省川の防災情報ウェブサイト <<https://www.river.go.jp/kawabou/reference/index10.html>> を基に筆者作成。

- ・一定率一定量放流方式（図3参照）：ダムへの流入量に対して一定の割合で放流量を増加させ、一定水量に到達後はその水量での放流を継続する方式である。中小洪水にも洪水調節効果が期待できる。下流の河川の整備があまり進捗していない場合などに適用されるものである。

図3 一定率一定量放流方式

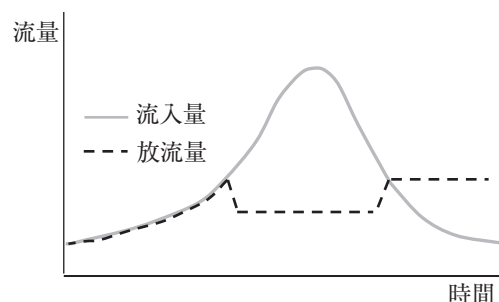


(出典) 「ダムの情報」国土交通省川の防災情報ウェブサイト <<https://www.river.go.jp/kawabou/reference/index10.html>> を基に筆者作成。

(41) ダムの洪水調節方式については、「ダムの情報」前掲注(28)；ダム工学会近畿・中部ワーキンググループ『ダムの科学—知られざる超巨大建造物の秘密に迫る—改訂版』SBクリエイティブ、2019、pp.24-26などを基に記述している。

- ・不定率放流方式(「鍋底放流方式」ともいう。)(図4参照)：下流河川の洪水が最大になると想定される時に合わせて放流量を大きく減らして、効率良くダムに貯水して洪水調節する方式である。洪水の変化を精度良く予測する必要がある、最新の降雨—流出予測技術の活用が不可欠である。

図4 不定率放流方式



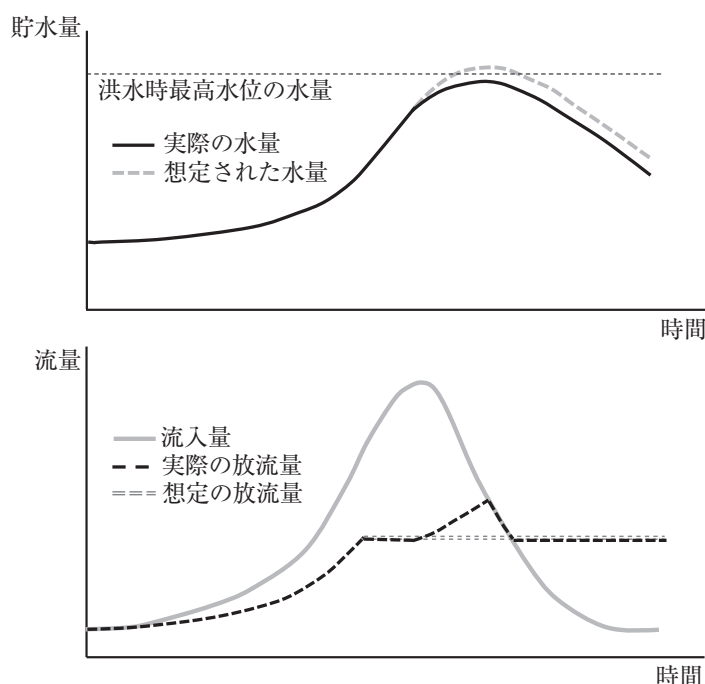
(出典) 「ダムの情報」国土交通省川の防災情報ウェブサイト <<https://www.river.go.jp/kawabou/reference/index10.html>> を基に筆者作成。

(5) 大量降雨時の操作

通常の降雨であれば、以上の操作により対応するが、想定よりも大量に降雨した場合などにおいて、以下のような操作が行われることがある。

- ・異常洪水時防災操作⁽⁴²⁾(「緊急放流」、「ただし書き操作」ともいう⁽⁴³⁾) (図5参照)：大雨により洪水調節容量が満杯になる見込みの場合に、ダムの貯水率の一定割合(7割から9割程度であり、それぞれのダムの操作規則により定められている。)に達した時点から放流量を増加させ、最終的には流入量と放流量がほぼ等しくなるように操作する。

図5 異常洪水時防災操作



(出典) 「ダムの情報」国土交通省川の防災情報ウェブサイト <<https://www.river.go.jp/kawabou/reference/index10.html>>; 国土交通省水管理・国土保全局「ダムの活用について」(既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議(第1回)資料1) 2019.11.26. 首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/sin gi/kisondam_kouzuichousetsu/dai1/siryou1.pdf> 等を基に筆者作成。

(42) 異常洪水時防災操作及び特別防災操作については、国土交通省水管理・国土保全局河川環境課「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」2017.7. <https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damsousakisokutenkenyoryoH29.pdf>; 虫明・太田監修 前掲注(39), pp.154-156 を基に記述している。

(43) ダム操作の用語については見直しが行われている(国土交通省河川局河川環境課流水管理室長通知「ダム操作に関する用語等の見直しについて(改訂)」(平成23年4月1日付け国河流第4号) <<https://www.mlit.go.jp/river/dam/main/sousa/yougo110401.pdf>>)が、従前の用語を使用している資料等も多数あるため、括弧書きで従前の用語等を記述している。

ダム貯水池が満杯になる前から徐々に放流量を増加させるのは、急激にダムからの放流量を増加させた場合に、瞬間的に川の水位が増す段波⁽⁴⁴⁾という危険な状況が下流で生じる可能性があるためである。

- ・特別防災操作（「ただし書き操作」ともいう。）：ダムが設置されている河川の別の支川や、ダムの下流域で豪雨があった場合に、通常よりもダムからの放流量を絞り込む操作を行うことがあり、これを「特別防災操作」と呼んでいる。しかし、この操作を行った後にダムの上流域で予想を超える降雨があった場合に、ダム貯水池が満杯になる可能性が出て、異常洪水時防災操作を行うことになると、逆に下流域の被害を増加させる可能性があるため、事前放流の場合と同様に特別防災操作を行う際にも気象予測の情報が重要とされている。

4 堆砂の処理

(1) 計画上の堆砂対応

ダムに土砂が堆積することは避けられず、ダムでは堆砂容量として原則 100 年間で堆積すると見込まれる土砂の容量を、洪水調節容量、利水容量とは別に最低水位よりも下方の容量として確保している。また、土砂が洪水調節容量の部分にも堆積することがあることも考慮して、洪水調節容量には、一般的に 2 割程度の余裕を見込んでいとされている⁽⁴⁵⁾。

堆砂容量はダムの最底部に計画されていて、堆砂容量は洪水調節にも利水にも基本的に使用しないものとして、ダム容量の計画がなされているが、実際の堆砂については必ずしも堆砂容量として確保されているダム貯水池の最底部に堆積するとは限らず、貯水容量として利用している部分にも堆砂が生じている。

(2) 堆砂状況の把握と対応状況

国土交通省の所管しているダムについて、直近の平成 30 年度末時点で最新の測量結果に基づく資料⁽⁴⁶⁾では、計画堆砂量に対する堆砂が問題となる同省の直轄ダムは 101 ダム中 7 ダムで、いずれも既に堆砂対策を実施中あるいは再開発事業を実施中とされている。一方で、洪水調節容量内の堆砂状況を見ると、101 の直轄ダムのうち 62 ダムが洪水調節容量内に堆砂しているダムであり、このうち洪水調節容量の余裕の範囲に収まっていない 2 ダムについては既に堆砂対策を実施中とされていて、残りの 60 ダムについては洪水調節容量の余裕の範囲に収まっているとされている。国土交通省所管の水資源機構、道府県の管理するダムも含めると、562 ダムのうち 315 ダムで洪水調節容量内に堆砂が生じているとの測量結果が出ている。

一方、国土交通省は、平成 30 年 3 月に、「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）」⁽⁴⁷⁾を作成して、定期的実施する基本調査と、堆砂対策検討開始に際して実施する詳細調査を、堆砂状況に応

(44) 段波とは、切り立った水の壁が進行する形態の波である。

(45) 「洪水調節のための貯水容量（洪水調節容量）は、洪水調節計画で対象とするハイドログラフ及び調節方式から設定するものとする。この場合、原則として 2 割程度の余裕を見込むものとする。」とされている（国土交通省河川局監修、日本河川協会編『国土交通省河川砂防技術基準同解説 計画編』技報堂出版、2008、p.138.）。

(46) 「国土交通省所管ダムの堆砂状況について」国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/dam/taisa/tai sha_joukyouH30.pdf>

(47) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課『ダム貯水池土砂管理の手引き（案）』2018.3. <https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/dam7/pdf/damtyosuichidosyakanritebikiH30.pdf> この手引きは、ダム貯水池土砂管理のための調査・観測、堆砂対策実施の判断の考え方について、基本的な考え方を体系的にとりまとめたものとされている。

じた方法により実施することとした。基本調査では、縦断的かつ面的に経年的なダム貯水池堆砂形状を把握することや、容量別の堆砂量を把握することとされ、1年に1回の調査が基本とされている⁽⁴⁸⁾。

(3) ダムコンへの反映

堆砂を掘削・浚渫（しゅんせつ）などして除去する堆砂対策とは別に、有効貯水容量内に堆砂がある場合には、貯水位と貯水量との関係が従来とは異なるため、より正確な貯水量を把握するためにはダムコンへの反映が必要である。

ダムコンの設計仕様書⁽⁴⁹⁾では、前記の基本調査にも含まれる深淺測量の直近のデータにより求めた貯水位－容量曲線を用いることが基本とされている。最低水位未満、設計洪水位以上についても考慮して、貯水位の最小間隔 1cm ごとに対応する貯水量を入力できるようダムコンを整備することなどとしている。

5 ダム事業の実施時の評価等

(1) 新規事業採択時評価

国土交通省では、新規事業の採択時において、費用対効果分析を含む総合的な評価を平成10年度から導入している⁽⁵⁰⁾。ダム事業については、国土交通省所管公共事業の実施要領⁽⁵¹⁾に基づき、国土交通省水管理・国土保全局が「河川及びダム事業の新規事業採択時評価実施要領細目」を作成している。これによれば、代替案立案等の可能性、費用対効果分析を含む11の評価項目⁽⁵²⁾に基づいて新規事業採択時評価を実施するものとしている。費用便益分析については、「治水経済調査マニュアル（案）」⁽⁵³⁾等に基づき算定するものとしている。

代替案立案等の可能性については、明確な規定は見当たらないが、令和元年度のダムの新規事業採択時評価を見ると、事業の内容により差があるが、多くの代替案を検討している事業⁽⁵⁴⁾では以下のようにになっている。

① 方策として、河川を中心とした対策が12項目、流域を中心とした対策が14項目、合わせ

(48) 同上, pp.7-8.

(49) 国土交通省「ダム管理用制御処理設備標準設計仕様書・同解説」2016.8, p.46. <https://www.mlit.go.jp/river/shinshin_guideline/dam/10.pdf>

(50) 「事業評価の仕組み」国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/09_public_01.html>

(51) 国土交通省は平成13年7月に「国土交通省所管公共事業の新規事業採択時評価実施要領」及び「国土交通省所管公共事業の再評価実施要領」を策定し、その後、平成15年4月に「国土交通省所管公共事業の事後評価実施要領」を策定している。これらの要領は、その後何回かの改定を経ている（「公共事業の評価」同上 <https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/09_public_03.html>）。

(52) 平成21年12月24日から施行された「河川及びダム事業の新規事業採択時評価実施要領細目」同上 <https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/pdf/kasen_01.pdf> によれば、①災害発生時の影響、②過去の災害実績、③災害発生の危険度、④地域開発の状況、⑤地域の協力体制、⑥事業の緊急度、⑦水系上の重要性（河川事業のみ）、⑧災害時の情報提供体制、⑨関連事業との整合、⑩代替案立案等の可能性、⑪費用対効果分析とされている。

(53) 国土交通省水管理・国土保全局「治水経済調査マニュアル（案）」2020.4. <https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/seisaku_hyouka/gaiyou/hyouka/r204/chisui.pdf> 令和2年のマニュアル（案）の平成17年4月のマニュアル（案）からの主な改正点は、資産価値の算定期間が長くなったことなどである。

(54) 「九頭竜川上流ダム再生事業 ダム事業の新規事業採択時評価 説明資料」（社会資本整備審議会河川分科会第13回事業評価小委員会 資料4）2019.8.8. 国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/r-jigyohyouka/dai13kai/pdf/4-1.shiryuu.pdf>; 「旭川中上流ダム再生事業 ダム事業の新規事業採択時評価 説明資料」（同 資料5）2019.8.8. 同 <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouinkai/r-jigyohyouka/dai13kai/pdf/5-1.shiryuu.pdf>

て26項目⁽⁵⁵⁾について、事業を行う河川への適用性を検討する。

- ② 適用が可能である方策について、実現可能性の検討を行う。社会的影響が大きいものや、時間的・事務的に類似の方策に劣っているものなどを落として、方策を数点に絞り込む。
- ③ 絞り込んだ数点の方策について、費用、整備にかかる時間、事業の影響の詳細などについて検討を加えて、総合的に判断して最適と考えられる一つの方策を決定する。

なお、費用便益計算では、費用便益比（詳細は後述）の大きい事業から行うということはないが、計算結果が1以上であること、つまり事業を実施すれば得られる便益が費用を上回ることは、事業を採択する上で必須であると考えられる。

(2) 費用便益計算の方法

便益は、通常は何かを設置することにより実現される新たな利得等の効果であるが、治水については、新たな利得等が実現されるものではなく、被っていた被害の軽減が効果である。そのため、治水については、洪水時にダム貯水池への貯水により、下流河川の流量を減らすことで洪水被害が軽減できると想定される金額を便益として計算している。

既存ダムの改修等の場合は、改修前の現状での下流域の被害額と、改修等によりダムの洪水調節容量が増加して軽減された下流域の被害額との差額を、便益としている。

治水事業の費用便益分析は、「治水経済調査マニュアル（案）」により行われていて、概要は以下のとおりである⁽⁵⁶⁾。

- ① 氾濫解析モデルでの分析のため、対象氾濫原⁽⁵⁷⁾を設定し、一連の氾濫区域とみなせるブロックに分割、堤防の決壊地点の想定等を行う。
- ② 生起確率が異なる洪水の想定により氾濫解析を実施して氾濫被害額を算定し、氾濫原における生起確率別の氾濫被害額を算出する。
- ③ 洪水氾濫被害の防止効果を便益として把握するため、氾濫被害額と洪水の生起確率から年平均被害軽減期待額を算定し、整備期間及び施設の完成から50年間までを評価対象期間とするなどして、現在価値化して総便益（B）とする。
- ④ 施設の完成までに要する総建設費及び評価対象期間の50年間の維持管理費を合わせて現在価値化して総費用（C）とする。
- ⑤ 総便益（B）を総費用（C）で除して費用便益比を算定する。

II ダムの機能の活用に向けた検討

1 令和元年11月の検討会議までの検討状況

(1) ダムの容量の他用途への利用の検討

ダムの容量の他用途への利用については、平成9年に河川法の目的に河川環境の整備と保全

55) ①ダム、②ダムの有効活用、③遊水地等、④放水路、⑤河道の掘削、⑥引提、⑦堤防のかさ上げ、⑧河道内の樹木の伐採、⑨決壊しない堤防、⑩決壊しづらい堤防、⑪高規格堤防、⑫排水機場（以上「河川を中心とした対策」、⑬雨水貯留施設、⑭雨水浸透施設、⑮遊水機能を有する土地の保全、⑯部分的に低い堤防の存置、⑰霞提の存置、⑱輪中提、⑲二線提、⑳樹林帯等、㉑宅地のかさ上げ・ビロティ建築等、㉒土地利用規制、㉓水田等の保全、㉔森林の保全、㉕洪水の予測、情報の提供等、㉖水害保険等（以上「流域を中心とした対策」）が挙げられている（「九頭竜川上流ダム再生事業 ダム事業の新規事業採択時評価説明資料」同上、pp.9-10.）。

56) 国土交通省水管理・国土保全局 前掲注53, pp.15-80.

57) 洪水時に流水が河道などから溢流して氾濫する範囲を指す。

が加えられ⁽⁵⁸⁾、国土交通省ではダムの弾力的管理として、洪水調節容量の一部に流水を貯留して、これをダム下流域の河川環境の整備と保全等を図るために放流することを開始した。平成9年度から弾力的管理の試行を始め、平成12年には指針（案）⁽⁵⁹⁾を定めて運用している。

その後、平成16年度には、過去最大の10個の台風の上陸などにより、200名以上の死者、24万戸以上の住宅被害が生じる豪雨災害⁽⁶⁰⁾が発生し、豪雨災害対策の総合的政策の検討が行われた⁽⁶¹⁾。そして、平成16年12月に出された「豪雨災害対策緊急アクションプラン」⁽⁶²⁾で、洪水調節を実施する、直轄及び水資源機構のダム、一定規模以上の補助ダムについて、利水容量の事前放流を検討することが提言されている。そして、平成17年3月には「事前放流ガイドライン（案）」⁽⁶³⁾が通知され、その中で、事前放流により確保する空き容量の範囲は、利水の共同事業者に支障を与えない範囲等として、①降雨解析などにより確実に容量回復が見込める容量の活用、②未利用容量の活用、③不特定容量⁽⁶⁴⁾の活用、④堆砂（死水）容量の活用を参考に検討することとしている⁽⁶⁵⁾。また、事前放流により利水者に損失を与えた場合の補てんについては、平成18年度予算の新規事業として「直轄堰堤維持事業の拡充（事前放流に伴う損失補填）」が創設されている⁽⁶⁶⁾。

(2) ダムの再整備・再編成

平成19年7月には、地球温暖化に起因する集中豪雨の増加などの気候変動による水害等の頻発や激甚化などの懸念から、「気候変動に適応する治水施策のあり方について」が国土交通

58 「河川法の一部を改正する法律」（平成9年法律第69号）による。それ以前は、「洪水、高潮等による災害の発生が防止され、河川が適正に利用され、及び流水の正常な機能の維持される」という目的であったが、河川環境を明確に位置付けるため「河川環境の整備と保全」が新たに加えられた（建設省河川法研究会編著『改正河川法の解説とこれからの河川行政』ぎょうせい、1997、pp.26-27.）。

59 「ダムの弾力的管理指針（案）」国土交通省河川局河川環境課監修、ダム水源地環境整備センター編『ダムの管理例規集 平成15年版』山海堂、2003、pp.214-216。建設省河川局開発課長から発出された「ダムの弾力的管理の実施について」（平成12年4月27日付け建設省河開第41号）の別紙である。

60 国土交通省河川局「平成16年度の災害の状況について」（第1回豪雨災害対策総合政策委員会 資料2）2004.11.15、pp.[2-3]。<https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/shinngikai/shakai/041115/pdf/2.pdf>

61 ソフト、ハード一体となった総合的な豪雨災害対策を進めるため、従前の計画を超える豪雨や高潮に対応する、早急に治水等の効果を発現するような多様な計画や整備はいかにあるべきかなどを検討するために「豪雨災害対策総合政策委員会」が設置された（「豪雨災害対策の総合的政策の検討について」（豪雨災害対策総合政策検討会 資料1）2004.11.9。国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/past_shinngikai/shinngikai/kondankai/gouu/pdf/1.pdf>）。

62 国土交通省「豪雨災害対策緊急アクションプラン」2004.12.10。<https://www.mlit.go.jp/river/saigaisokuho_blog/past_saigaisokuho/index/041210actionplan.pdf>

63 「事前放流ガイドライン（案）及び同解説」国土交通省河川局河川環境課監修、ダム水源地環境整備センター編前掲注38、pp.214-218。「国土交通省所管ダムにおける事前放流の実施について」（平成17年3月30日付け河川環境課長通知）の別記とされていたものである。

64 流水の正常な機能の維持（不特定用水）の目的のために設定された貯水容量。

65 平成17年度には、延べ26ダム、計3813万m³の事前放流が実施された（榊原弘之・梶谷義雄「水害対策に向けた既存ダム施設の活用とステークホルダー間の費用・リスク配分方式に関する研究」『水文・水資源学会誌』23巻6号、2010.11、p.445。<https://www.jstage.jst.go.jp/article/jjshwr/23/6/23_6_444/pdf-char/ja>）。

66 国土交通省河川局「平成18年度河川局関係予算決定概要」2005.12.24、p.3。<https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/yosan/gaiyou/yosan/h18budget2/river.pdf> なお、損失補てんの考え方として、事前放流に使用した利水容量が従前に回復しなかった時点から、その後回復した時点までの期間を対象に、ダム管理者と利水事業者の間で協議を行って補てん金額を決定するとされている（国土交通省河川局河川環境課流水管理室「事前放流に伴う損失補填の考え方」『新しい時代の貯水池管理 リザーバー』11号、2006.9、p.15。<http://www.dam-net.jp/reserver_pdf/Vol_11.pdf>）。

大臣から社会資本整備審議会に諮問⁽⁶⁷⁾された。そして、平成20年6月に出された答申⁽⁶⁸⁾において、既存施設の徹底した活用⁽⁶⁹⁾として、

- ・ダムの治水・利水容量を効率的・効果的に活用するため、施設の改良、再生、運用の高度化を図ること
- ・治水や利水効果の向上を図るため、既存ダム間で治水容量と利水容量を振り替えるなど、ダムの容量の再編等を行うこと

が挙げられている。

また、渇水リスクの回避に向けた適応策⁽⁷⁰⁾として、

- ・既存施設の有効利用、長寿命化、再編や運用の変更による効率化などにより水資源供給施設の徹底活用を図ること

が挙げられ、具体策として、後述するようにダムの嵩上げ、設備の改良、容量の再編、ダムの操作の高度化等を行うとされている。

その後、数次にわたる「国土強靱化アクションプラン」⁽⁷¹⁾においても既存ダムを運用しながらその機能を向上させるダム再生等の手法の活用などが挙げられるなどしている。

平成28年には、国土交通省の生産性革命プロジェクトとして「ダム再生—地域経済を支える利水・治水能力の早期向上—」を選定して、既存ダムを最大限に活用したハード・ソフト対策を戦略的・計画的に進めることとして、ハード対策では「賢く整備」としてのダム再開発事業、ソフト対策では「賢く柔軟な運用」としての操作規則の見直しについて推進を図っている。

そして、平成29年6月には、「ダム再生ビジョン」⁽⁷²⁾が策定され、既存ダムの能力を最大限発揮するための取組を行うこととし、ダム再生の発展・加速に向けた方策として、施設能力の最大発揮のための柔軟で信頼性のある運用のために、複数ダム等を効果的・効率的に統合管理するための操作のルール化の検討などが、また、高機能化のための施設改良のために、放流能力を強化するなどのダム再開発と河道改修の一体的推進などが挙げられている⁽⁷³⁾。

さらに、平成30年7月豪雨におけるダム操作⁽⁷⁴⁾などを受けて、国土交通省は「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会」を設置し、提言⁽⁷⁵⁾を取りまとめている。その中で、利水容量の洪水調節機能への活用やダム下流の河川改修の推進などに取り組み、こ

(67) 「諮問 気候変動に適応する治水施策のあり方について」(社会資本整備審議会第28回河川分科会 資料2-1) 2007.7.27. 国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/bunkakai/28/pdf/siryo2-1.pdf>

(68) 社会資本整備審議会「水災害分野における地球温暖化に伴う気候変化への適応策のあり方について(答申)」 2008.6. 同上 <https://www.mlit.go.jp/river/basic_info/jigyo_keikaku/gaiyou/kikouhendou/pdf/toshintext.pdf>

(69) 同上, pp.35-36.

(70) 同上, p.44.

(71) 国土強靱化推進本部「国土強靱化アクションプラン2014」2014.6, p.55. 内閣官房ウェブサイト <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/kkap-honbun-h240603.pdf>; 同「国土強靱化アクションプラン2015」2015.6, pp.48-49. 同 <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2015.pdf>; 同「国土強靱化アクションプラン2016」2016.5, pp.54-55. 同 <https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kokudo_kyoujinka/pdf/ap2016.pdf>

(72) 国土交通省水管理・国土保全局「ダム再生ビジョン」2017.6. <<https://www.mlit.go.jp/common/001190127.pdf>>

(73) 同上, pp.18-20.

(74) 西日本を中心とした記録的豪雨により、国土交通省所管の8ダムにおいて、異常洪水時防災操作に移行しており、その下流域で甚大な被害が発生した地域もあった(光成政和「近年のダム管理に求められること」『ダム技術』389号, 2019.2, p.5.)。

(75) 異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会「異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能と情報の充実に向けて(提言)」2018.12. 国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chousetsu_kentoukai/pdf/teigen.pdf>

れらに合わせた操作規則等の変更なども速やかに着手し対応すべきとされた⁽⁷⁶⁾。

操作規則等の見直しについては、「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」⁽⁷⁷⁾において、事前放流に関する点検内容として、「事前放流ガイドライン（案）」において事前放流により確保する空き容量の範囲として定められる「降雨解析などにより確実に容量回復が見込める容量の活用」について、近年の降雨予測技術による予測雨量を使用して検討する⁽⁷⁸⁾とされたが、事前放流した水量の回復の可能性についての検討が中心となっている。

(3) 再整備の事業の内容

ダムの再整備事業としては、以下のようなものがある⁽⁷⁹⁾。

① ダム堤体の嵩上げ

ダム貯水池は下部よりも上部の方が広がる地形になっていて、少しのダム堤体の嵩上げにより、既存ダムの容量が大きく増加⁽⁸⁰⁾することになる。また、新たなダムを建設する場合に比較して水没地等の社会的コストを抑制できる⁽⁸¹⁾ことが、この方法のメリットである。

② 放流設備の増設等

放流設備増設や低位放流管の新設等により放流能力の増強を行い、死水容量等を活用することにより、洪水調節容量等を増大する。ダムを運用しながら、ダム堤体の下部に放流ゲートや放流管を設置するような高度な施工技術も利用されている。

③ 利水容量の洪水調節への活用や洪水調節容量の利水への活用

洪水調節容量と利水容量とを有する多目的ダムでは、洪水が予想された時点で、あらかじめ放流を行うことで貯水位を下げる予備放流や、レーダ雨量情報を洪水予測技術に活用するなどして、利水者の協力のもと、利水に影響を与えない範囲で利水容量の一部を事前に放流して洪水調節のために一時的に活用する事前放流という方法がある。逆に、渇水対応の強化を目的として、利水者のニーズを確認しながら洪水調節容量の一部を利水に活用する方法もある。

④ ダムの操作の高度化

レーダ雨量情報などにより更なる大量の降雨が発生しないことが見込まれる場合など、下流河川の浸水被害などを軽減させるために、通常よりも放流量を少なくして、ダムに更に水を貯留する特別防災操作を実施している。

⑤ ダムの容量の再配分

既存ダムの放流能力増強のための施設整備等と複数ダム間での目的別容量の振替や運用変更を組み合わせること等により、ダムの再編を行い、貯水容量を再配分している。

⁽⁷⁶⁾ 同上, p.18.

⁽⁷⁷⁾ 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課 前掲注⁽⁴²⁾

⁽⁷⁸⁾ 同上, pp.3-6.

⁽⁷⁹⁾ 再開発事業の内容については、「ダム再生ビジョン」(国土交通省水管理・国土保全局 前掲注⁽⁷²⁾)などを基に記述している。

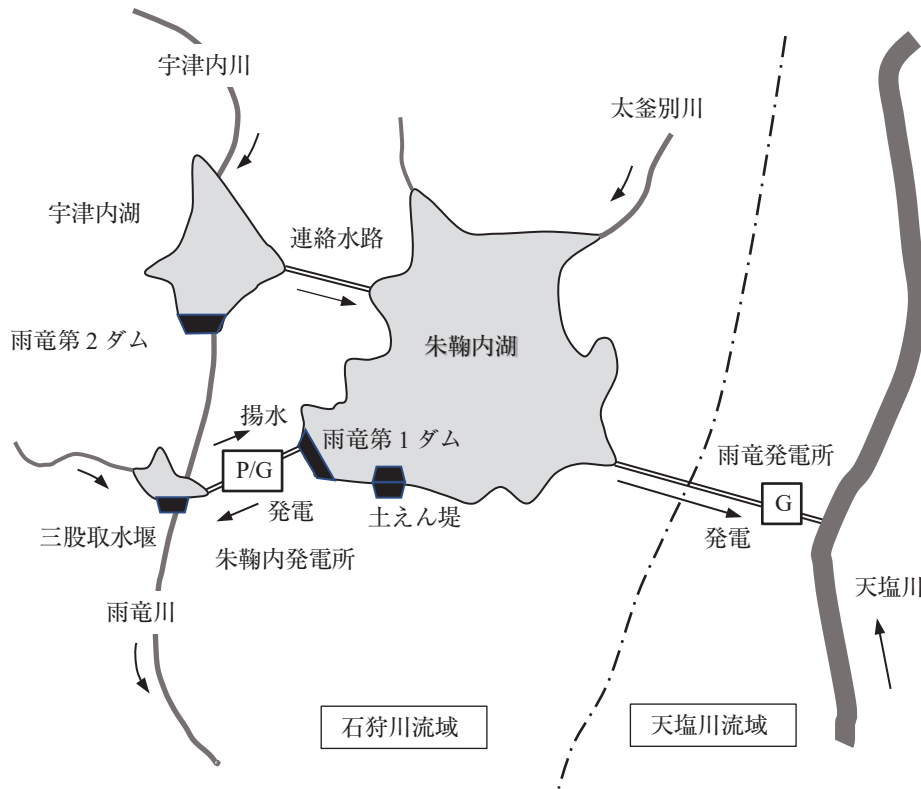
⁽⁸⁰⁾ 上方ほど広いダム貯水池が円錐容器のような形状であると仮定した場合には、ダムの高さを10%程度高上げすることで、容量は33%程度も増加することになる。なお、実際のダム工事で貯水量が増加した例として、新桂沢ダムにおいては、桂沢ダム堤体を約1.2倍にかさ上げすることにより、ダムの貯水容量を約1.6倍に増加させている(同上, p.11.)。

⁽⁸¹⁾ 竹村 前掲注⁽³⁶⁾, pp.86-89.

(4) ダム再生事業の事例

既存ダムを有効活用するものとして、平成 29 年 8 月に新規事業採択時評価が行われた⁽⁸²⁾雨竜川ダム再生事業の概要⁽⁸³⁾を紹介する（図 6 参照）。

図 6 雨竜川ダム



（出典）「朱鞠内発電所の概要」北海道電力株式会社ウェブサイト <https://www.hepco.co.jp/hepcowwwsite/info/2012/_icsFiles/afieldfile/2013/03/15/130315.pdf> を基に筆者作成。

雨竜第1ダム及び雨竜第2ダムは、北海道の石狩川水系雨竜川の上流部にある昭和18年に完成した北海道電力株式会社所管の発電専用ダムで、最大出力51,000kWの北海道内有数のものである。ダム貯水池は石狩川流域にあるが、雨竜発電所に導水された水は天塩川水系天塩川に放流されている。

同再生事業では、洪水期間⁽⁸⁴⁾に設定された予備放流水位までの容量を、洪水期間の洪水調節容量に振り替えるとともに、雨竜第2ダムのダム堤体を2.4m高上げして、両ダム合計で約2500万 m^3 の洪水調節容量を確保して、雨竜川、石狩川の洪水被害を軽減するものである。

82) 「第9回事業評価小委員会」2017.8.10. 国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/r-jigyohyouka/dai09kai/index.html>

83) ダム事業の概要については、「雨竜川ダム再生事業 ダム事業の新規事業採択時評価」（社会資本整備審議会河川分科会第9回事業評価小委員会 資料2）2017.8.10. 同上 <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/shaseishin/kasenbunkakai/shouiinkai/r-jigyohyouka/dai09kai/pdf/02_shiryuu.pdf>; 飯島直己「雨竜川ダム再生事業について」『河川』857号, 2017.12, pp.22-24 などに基づいて記述している。

84) 雨竜第1ダム及び雨竜第2ダムでは、洪水期は7月1日から10月31日までとされている。

この洪水調節容量の増加分である 2500 万 m³ の内訳は、

- ・雨竜第 1 ダムにおける利水容量から洪水調節容量への振替が 1870 万 m³
- ・雨竜第 2 ダムにおける利水容量から洪水調節容量への振替が 380 万 m³
- ・雨竜第 2 ダムにおける嵩上げ工事により総貯水容量が 2160 万 m³ から 2410 万 m³ と 250 万 m³ 増加し、これを洪水調節容量とする

となっている。

同再生事業の費用⁽⁸⁵⁾は、事業費が 18032 百万円で、完成後 50 年間の維持管理費用が 11558 百万円である。基準年（平成 29 年）で現在価値化した総費用は 16951 百万円で、総便益が 20573 百万円であり、費用便益比（いわゆる B/C）は 1.2 である。

最終的にはダムと河道掘削を合わせた整備を目標としており、完成までの費用が約 390 億円で、完成後 50 年間の維持管理費用が約 170 億円である。

2 令和元年 11 月に開始された検討

(1) 検討内容等

令和元年 11 月に、内閣総理大臣決裁⁽⁸⁶⁾により、水害の激甚化等を踏まえ、ダムによる洪水調節機能の早期の強化に向け、関係行政機関の緊密な連携の下、総合的な検討を行うため、「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議」を開催することとされた。

そして、同年 12 月に同検討会議から、既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針が出された⁽⁸⁷⁾。これによれば、水力発電、農業用水等を目的とした洪水調節機能を持たない利水ダムを含む約 180 億 m³ の有効貯水容量のうち、洪水調節のための貯水容量は約 3 割（約 54 億 m³）にとどまっており、令和元年台風 19 号等による洪水被害を踏まえ、緊急時において既存ダムの有効貯水容量を洪水調節に最大限活用できるよう、関係省庁の密接な連携の下、速やかに必要な措置を講じることとされている。そのため、河川管理者である国土交通省と全てのダム管理者及び関係利水者との間で、一級水系では令和 2 年 5 月までに、二級水系についても国と地方の協議を通じて順次、次の内容などを含む治水協定を締結し、ダムの統一的な運用を図ることとされた。

- ・洪水調節機能強化の基本方針（水害発生が予想される際の、洪水調節容量と洪水調節に利用可能な利水容量など）
- ・事前放流の実施方針（事前放流の実施判断の条件としての降雨量等、事前放流の量）
- ・事前放流等により深刻な水不足が生じないようにするための措置（水系内での弾力的な水の融通方法等）
- ・洪水調節機能の強化のための施設改良が必要な場合の対応

⁽⁸⁵⁾ 「[費用便益分析に関するバックデータ]」（平成 29 年度新規事業採択時評価（河川）ダム事業 平成 29 年度平成 29 年度実施計画調査箇所）p.[33]. 国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/tec/hyouka/public/jghks/karute/img/2017/06/17110681001/17110681001_1.pdf>

⁽⁸⁶⁾ 「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議の開催について」（令和元年 11 月 26 日内閣総理大臣決裁）首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/pdf/konkyo.pdf> 同検討会議の議長は内閣総理大臣補佐官、議長代理は内閣官房副長官補が務め、メンバーには河川管理を所掌する国土交通省水管理・国土保全局長以外に、ダムを利水として利用する上水道用水、農業用水、工業用水、水力発電用水を所掌する厚生労働省医薬・生活衛生局長、農林水産省農村振興局長、経済産業省地域経済産業グループ長、資源エネルギー庁長官が参加し、さらに、気象予測が関係することから気象庁長官が参加している。

⁽⁸⁷⁾ 既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議「既存ダムの洪水調節機能の強化に向けた基本方針」2019.12.12. 同上 <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/pdf/kihon_hoshin.pdf>

(2) 事前放流ガイドライン

基本方針において、国土交通省が、事前放流の実施に当たってのガイドラインを策定することとされ、令和2年4月に事前放流ガイドラインを策定している⁽⁸⁸⁾。このガイドラインの内容は、「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議」前に有効であった前述の平成17年の「事前放流ガイドライン（案）」とは内容が大きく異なるものである。

令和2年の事前放流ガイドラインでは、事前放流の開始基準、事前放流による貯水位低下量の設定方法、事前放流時の最大放流量、事前放流の中止の基準、事前放流後に貯水位が回復しなかった場合の対応などが定められている。

① 事前放流の開始基準

ダム上流の予測降雨量が、ダムごとに定めた、下流で氾濫等の被害が生じるおそれのある規模の降雨として定めた基準降雨量以上であるときに事前放流を開始する。予測降雨量は、気象庁の全球モデル（GSM）⁽⁸⁹⁾による84時間先までの数値予報を用いることを基本とする。

② 貯水位低下量の設定方法

ダム上流域における予測降雨量が流出してダム貯水池に流入するものとして総量を算定して、ダムからの放流量、空き容量等を減じた水量を事前放流量として、ダムの貯水位に換算して貯水位低下量とする。ダム貯水池に流入する水量の算定方法は、貯留関数法⁽⁹⁰⁾等による計算とするが、設定が困難である場合には流出係数⁽⁹¹⁾を用いる。流出係数についても、河川ごと等の観測データを参考に設定する方法を用いるなどする。

③ 事前放流後に貯水位が回復しなかった場合の対応

事前放流を行った後、低下させた貯水位が回復しないため、ダムからの必要な水量が確保できず、利水者に特別の負担が生じた場合などにおいては、河川管理者と利水事業者が協議の上、必要な費用を堰堤維持費又は水資源開発事業交付金により負担することとされた⁽⁹²⁾。例えば、水力発電については、減少した発電量に対する火力発電所の焚き増し等の代替発電費用の増額分とされ、また、水道用水については、取水制限の新たな発生等に伴う給水車出動等対策費用の増額分とされている。

88) 水管理・国土保全局「事前放流ガイドライン」2020.4. 同上 <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzui_chousetsu/pdf/jizenhouryu_guideline2.pdf>

89) 地球全体を予報領域として、予測する格子間隔を約20kmとしている予報モデルである。台風、梅雨前線などの水平規模が100km以上の現象を予測するもので、局地的な集中豪雨などは水平規模が数10km程度であり、より格子間隔の狭いメソモデル（5km）や局地モデル（2km）での解析が必要である（「数値予報モデルの種類」気象庁ウェブサイト <<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/whitep/1-3-4.html>>）。

90) 降雨量と河川に流出する水量の関係について、一定の関数モデルを想定して、実際の複数の観測データと比較することにより、河川ごと等に定まる関数式の定数を導き出す手法の一つである。降り始めからの雨量が一定値に達するまでは降雨量の一定割合を土壌が保水する、流域と河道に分割して計算するなどの仮定が置かれている。

91) 降雨量のうち、どの程度の割合が河川等に流出するのを示した割合で、国土交通省水管理・国土保全局「国土交通省河川砂防技術基準調査編」2014.4, p.第3章第2節-11. <https://www.mlit.go.jp/river/shishin_guideline/gijutsu/gijutsukijunn/chousa/pdf/00.pdf> に地形状態ごとの数値が示されている。例えば、地形の状態が「急しゅんな山地」では0.75～0.90（降雨量の75～90%が河川等に流出する）、「起伏のある山地および樹林地」では0.50～0.75などとされている。

92) 令和2年度予算の新規制度として、利水ダムの事前放流に伴う補てん制度、利水ダムの放流設備等改造に対する補助制度などが創設された（水管理・国土保全局河川計画課「令和2年度水管理・国土保全局関係予算のポイント」『河川』885号, 2020.4, pp.5-6.）。

Ⅲ ダムの機能の活用における課題

1 事前放流での費用便益計算

上記のように、新しい「事前放流ガイドライン」に基づき、利水容量を洪水調節容量として利用するために事前放流を行い空き容量を作ること、下流域の洪水被害が一定の確率で減少することは確実であるが、一方で、容量が回復しなかった場合には損失を補てんすることになる。このため、どの程度の確率で、どの程度の貯水量が回復するかの想定⁽⁹³⁾を、気象予測の精度を考慮して検討することが重要となってくる。

費用便益計算であるので確率論ではあるが、過大に事前放流して空き容量を作っていると、被害軽減額よりも、損失補てん額の方が大きくなり、費用便益比が1を下回る可能性もあり、事前放流する貯水量を検討する必要がある。

適切な事前放流を行うためには、気象予測の精度、降雨量とダム貯水池への流入量の関係、水系におけるダムの選択などについての検討が重要であると考えられる。

(1) 気象予測の精度

気象予測の精度について、気象庁は、令和12年に向けた気象予測の更なる改善として、豪雨防災に対しては、半日前から線状降水帯⁽⁹⁴⁾の発生・停滞を予測することにより、災害に直結し得る短時間での大雨を精度良く予測することを目指し、台風防災では台風の進路予測誤差を大幅に改善して、3日程度前から雨量を精度良く予測することを目指すとしている⁽⁹⁵⁾。

「事前放流ガイドライン」では、予測降雨量は基本として84時間先までの数値予報を用いることになっているが、上記のように線状降水帯の予測においては半日前からの発生等の予測を目指すとしていて数日前の精度は不明瞭である。半日程度での予測の場合には、事前放流するか否かの判断の迅速性が求められることはもちろん、ダムのゲート等の機能による放流水量の限界⁽⁹⁶⁾や、下流域の河川整備状況による洪水被害を発生させない放流量の限界⁽⁹⁷⁾により、個々のダムや水系によっては十分な空き容量が準備できないことも想定される。

(2) 降雨量とダム貯水池への流入量の関係

ダムのより一層の活用を行うためには、降雨量と流入量の関係について解析し、降雨量の子

⁽⁹³⁾ アンサンブル予測（少しずつ異なる初期値を多数用意するなどして多数の予測を行い、統計的処理を行うもの）を用いることで、予測雨量の発生確率を把握できることになるという研究成果もある（猪股広典・川崎将生「アンサンブル予測雨量を活用した洪水時ダム操作の高度化」『河川』844号、2016.11、pp.26-28.）。

⁽⁹⁴⁾ 次々と発生する発達した雨雲が列をなして、数時間にわたってほぼ同じ場所を通過又は停滞することにより生じる、長さ50～300km程度、幅20～50km程度の強い降水を伴う線状の雨域。

⁽⁹⁵⁾ 気象庁「気象予測精度向上の取り組みについて」（既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議（第1回）資料2）2019.11.26、p.3。首相官邸ウェブサイト <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kisondam_kouzuichousetsu/dai1/siryou2.pdf>

⁽⁹⁶⁾ 事前放流等を行う場合について、ダムの機能として、利水容量内での放流設備の位置、放流能力、水位低下速度等による制約があるとされている（「ダムの洪水調節機能に関する現状と課題」（第1回異常豪雨の頻発化に備えたダムの洪水調節機能に関する検討会 資料2-3）2018.9.27、p.1。国土交通省ウェブサイト <https://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chousetsu_kentoukai/dai01kai/dai01kai_siryout2-3.pdf>）。

⁽⁹⁷⁾ 下流河川の流下能力（安全に流すことのできる水量）不足によるダム流下量（放流量）の制約があるとされている（同上）。

測に基づき、より精度の高い洪水予測を行い、事前放流を行う時期や空き容量の大きさを決定することが重要である。

降雨量とダム貯水池への流入量の関係は、前記のように、貯留関数法等により計算したり、流出係数を用いることとされているが、関数等の係数決定や、数値に幅のある流出係数の決定については、過去の降雨量と流入量との関係から求められたり補正されたりするものである。したがって、ダム貯水池の流入量も正確に把握する必要があるが、前記のようにダム貯水池への流入量は直接には計測できず、貯水位から求められる貯水量の変化などから計算されているため、貯水位と貯水量の関係を正確に把握することが必要となる（そのための対策については後述）。

(3) 水系におけるダムの選択

洪水調節容量を増加させるための事前放流を、どの目的の利水ダムで実施するかについて、貯水量が回復しない場合の損失補てん額の多寡にも影響してくるため、十分な検討が必要と思われる。

目的物の違いで見ると、水力発電用水が最終的に必要としている目的物は「水」ではなく「電力」である。降雨量が想定に比較して少量であり、ダムの貯水量を回復できなくても、必ずしも水を必要とするわけではなく、電力の全体的な供給に影響を与えなければ⁽⁹⁸⁾、他の火力発電等により代替して発電して、追加的な燃料費が必要となるだけで事態を克服できると考えられる。

一方で農業用水や上水道用水などは、「水」そのものが目的物である。ダムの貯水量が回復せずに渇水となった場合には水を調達する必要があり、調達できない場合には給水車の手配以外にも被害が発生することになる。

他方、当該ダムの貯水量が回復しない場合でも、水系の他のダムで貯水が予測よりも回復した場合には、水を目的とする利水であれば、他のダムの貯水を河川に放流することにより、下流域での取水等に問題が発生しない、あるいは僅少で済む可能性がある。水力発電の場合には、発電設備がないダムの貯水が回復しても発電することはできないため、発電設備のないダムで予測以上に回復した貯水は利用できない。

このように、ダムの貯水の目的や水系のダムの配置により、利水容量を洪水調節容量に活用することが好ましいダムが、水を目的とするダムなのか、水以外を目的とするダムなのかなどを選択する際には、個々のダムの貯水量の回復の可能性だけではなく、水系全体のダムの貯水量の回復の可能性など、十分な検討が必要になってくると考えられる。

2 操作規則等の検討

洪水調節容量と利水容量とを有する多目的ダムでは、利水容量部分を事前放流することで洪水調節容量として利用することになるため、これに合わせて操作規則等を改正することはもちろんであるが、従来は洪水調節に利用していなかった利水ダムについても、事前放流を行うこ

(98) 最大需要電力量などの課題もあると想定されるが、総発電電力量については、平成30年度の水力発電電力量は810億kWhで、全体の発電電力量1兆512億kWhの7.7%である（資源エネルギー庁総務課戦略企画室「平成30年度（2018年度）におけるエネルギー需給実績（確報）」2020.4, p.30. <https://www.enecho.meti.go.jp/statistics/total_energy/pdf/stte_030.pdf>）。

とになれば洪水調節を行う際の操作規則等の改正が必要となる。

さらに、複数のダムによる洪水調節の調整⁽⁹⁹⁾については、洪水調節を行うダムに新たに事前放流する利水ダムが加わることになる。複数のダムを調整するには複雑なダム操作が必要であり、管理者が異なるダムではあるが、洪水被害を発生させないためにも、水系全体として捉えた操作規則等の検討が必要と考えられる。

3 貯水位－容量曲線の正確な把握と利用

貯水位－容量曲線を正確に把握することは、ダム貯水池の貯水量を正確に把握する上で重要であり、上記のように降雨量とダム貯水池への流入量の関係を把握する以外にも、予測された降雨量がなく、損失補てん額の算定のために回復しない貯水量を正確に把握する⁽¹⁰⁰⁾ためにも重要である。また、水系の複数のダムの連携などにより高度な洪水調節を行う際には、正確な貯水量の把握が必要となってくると想定される。

貯水位－容量曲線は、ダムの建設時に正確に把握されているが、前記のようにダム貯水池には堆砂が生じている。また、堆砂は必ずしも堆砂容量として確保されているダム貯水池の最底部に堆積するとは限らず、貯水容量として利用している部分にも堆砂が生じている。このような状況で、国土交通省所管のダムでは毎年堆砂の状況を把握するとともに、必要があれば貯水位－容量曲線の変更も行われる規定になっているが、「事前放流ガイドライン」に基づく操作などにより、他の利水ダムも含めて正確な貯水位－容量曲線を使用する必要性が更に高まっていると考えられる。

4 ダム再生の計画における検討内容

前記のように、ダムの再整備等の事業を実施する場合に行われる新規採択時事業評価においては、様々な代替手段を検討することとされており、実際に26の選択肢⁽¹⁰¹⁾を検討対象としているものもある。しかし、今までの選択肢には、利水ダムにおける利水容量を洪水調節に利用して、その後の降雨が予想ほどでなかった場合には損失費用を補てんするという、新たな事前放流ガイドラインに基づく方法は含まれていない。

この方法は、利水者との協議が必要ではあるが、損失が発生した場合には代替の費用を補てんすることとされており、費用を措置できればダムの嵩上げなどの工事と同程度の実現可能性があると思われる。また、事業の完了までに必要な期間については、ダムの嵩上げなどの工事を実施する工事期間と比較すれば相当に短期間で実現できる。

一方で、洪水調節を目的としていない利水ダムでは、設備の能力の問題や下流域の河川整備の状況により、事前放流の際に所定の期間で十分な空き容量を確保する放水量とすることができない場合もある。

⁽⁹⁹⁾ 複数のダムによる洪水調節の調整の効果により下流域の洪水被害を抑制した例として、淀川水系木津川の上流部に位置し、三重県名張市を流れる淀川水系名張川で、平成21年10月の台風18号洪水の際、名張川の上流にある三つのダム（室生ダム、青蓮寺ダム、比奈知ダム）が連携して洪水調節を行い、洪水被害の軽減に大きな効果を果たしたとされているものがある（近畿地方整備局淀川ダム統合管理事務所・水資源機構木津川ダム総合管理事務所「名張川上流3ダム連携し、洪水対応演習を実施」2011.8.31.国土交通省近畿地方整備局淀川ダム統合管理事務所ウェブサイト <<https://www.kkr.mlit.go.jp/yodoto/pdf/kisya-hapyou/2011083102.pdf>>）。

⁽¹⁰⁰⁾ 水力発電の場合には、一般に、発電量 P (kW：出力) は、 Q (m^3/s ：水の流れる量) $\times H$ (m：高低差) \times 機械などの効率に比例するため、水量と水位の両方が発電量に影響する。

⁽¹⁰¹⁾ 前掲注(55)を参照。

また、費用便益計算については、貯水量が回復せず補てん金が発生するという費用の想定と、大量の降雨を予測していないのに大雨が発生して、事前放流ができないという事態が、どの程度の確率で発生し、どの程度の被害が軽減できないかという便益の想定（被害軽減額が減るので、便益が減少する。）を行う必要がある。費用便益計算が行えなければ、他の選択肢と比較した総合的な判断が行えないため、重要な要素である。

このような検討が行われた場合には、例えば、前述した雨竜川ダム再生事業を見てみると、異なる二つの水系にかかわる事業であるので、事前放流ガイドラインの対象からは外れているが、増加させる洪水調節容量について、雨竜第1ダム及び雨竜第2ダムで分担して事前放流を行ってもら⁽¹⁰²⁾などの代替手段について将来的に比較検討に含めることが想定される。

おわりに

日本の河川は急流であり、距離が短いため、大河川でも上流山地での豪雨による洪水が約2日で河口まで達する⁽¹⁰³⁾と言われ、利根川は放流の翌日には銚子から太平洋に至り、多摩川は朝に放流すれば夕方には海に到達する⁽¹⁰⁴⁾と言われている。このような河川の水が短時間で海まで流れる特性をいかして、ダムの活用を図ることは重要である。

「既存ダムの洪水調節機能強化に向けた検討会議」では、事前放流による貯水量が回復しないことも前提とされ、これに基づき「事前放流ガイドライン」が作成されるなど、ダムの機能の活用の範囲が広がった。

また、気象予測については、その精度が上がっていくことは、今までの技術革新から明白であるが、台風の進路予測に比較して、局地的な集中豪雨等を数日前から予測することは相当に困難であるという。また、利水ダムの関係者は、降雨予測が外れた場合に、事前放流を行った水量が回復せず、利水に影響を与えるのではという懸念を抱いているとの報道⁽¹⁰⁵⁾もある。

より精度の高い気象予測を用いて、河川が急峻といった特徴をいかし、流域全体の安全性を考慮しながら、利水ダムを含む水系のダム全体についてダム操作を柔軟かつ最適に行い、ダムの機能が最大限活用されるシステムが完成されることを願う。

(やました のぶひろ)

(102) 雨竜第2ダムの嵩上げ工事により増加する洪水調節容量250万 m^3 は、雨竜第1ダム及び雨竜第2ダムの利水容量合計1億6100万 m^3 （洪水期）の1.6%である。

(103) 高橋裕『河川工学 新版』東京大学出版会、2008、pp.285-287。

(104) 竹村 前掲注(36)、pp.25-26。

(105) 「水害対策でダムの「事前放流」広がる 降雨予測外れる「空振り」懸念も」『京都新聞』（電子版）2020.7.6。<<https://www.kyoto-np.co.jp/articles/-/291235>>