

## □ ダムの洪水調節効果と異常洪水時防災操作の課題

京都大学防災研究所 教授 角 哲也

### 1. はじめに

活発な前線の停滞と台風から変わった温帯低気圧などの影響により、平成30年7月5日から7月8日にかけて前線が停滞した西日本やその周辺では記録的な大雨となり、大規模な出水に伴う河川氾濫や浸水が各地で発生した。治水用ダム貯水池が建設されている河川流域の多くでは、ダムの洪水調節操作が下流河川の水位の低減、浸水被害の軽減に貢献した一方で、記録的な出水により洪水調節容量が満水の見込みとなったことから、異常洪水時防災操作に至るダムが複数発生した。ここでは、平成30年7月豪雨災害におけるダムの洪水調節操作を概観するとともに、明らかとなった課題と今後の対応策の方向性について紹介する。

### 2. ダムの洪水調節操作

ダムの洪水調節を図-1に模式的に示す。ダムは、洪水時の流入量増加に従って洪水調節ルールに従った量をダム貯水池に貯留する洪水調節操作を行う（3→4）。洪水流入量のピークを迎えると放流量を固定（4→5）するが、その間にダム水位は次第に上昇してくる。ダムの洪水調節機能はダム水位が洪水時満水位（サーチャージ水位）に到達するまでであるが、これに到達・超過することが予測される場合には、流入量＝放流量の異常洪水時防災操作に移行（5→6）させることが規定されている。なお、洪水調節容量が小さいダム

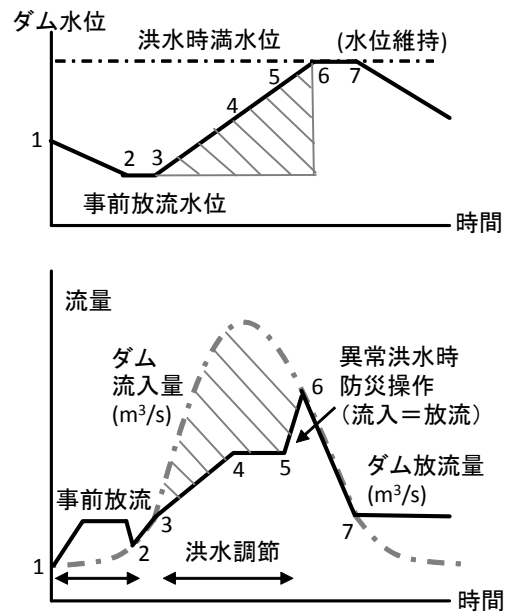


図-1 ダムの洪水調節の模式図

の場合には、不足する容量を補うために、降雨予測に基づいて事前のダム水位を低下させる事前放流（1→2）を行う場合がある。ここで、ダムに貯留される水量は図の斜線部分（上下とも3～6の部分）である。

### 3. 平成30年7月豪雨におけるダム治水操作の状況

#### 3.1 出水の状況

平成30年6月29日に日本の南で発生した台風7号は、東シナ海を北上したのち、7月4日に日本海で温帯低気圧に変わった。当時日本海から北日本にわたって停滞していた前線は、7月4日に北

海道付近に北上した後、7月5日には西日本付近に南下し、その後7月8日頃まで停滞した。前線や台風7号の影響により、日本付近には暖かく湿った空気が流入し、合わせて11府県に大雨特別警報が発表されたほか、全国の120地点を超える気象庁アメダス観測地点において最大48時間降水量および最大72時間降水量の記録を更新するなど、西日本を中心に広い範囲で記録的な豪雨が生じた<sup>1)</sup>。

こうした中で、多くの河川流域において、ダム貯水池による洪水調節操作が実施された。国土交通省所管のダムについては、全国の558基のダムのうち、およそ4割にあたる213基のダムで防災操作（洪水調節）を実施し<sup>2)</sup>、中には下流河川における浸水被害の防止・軽減に大きく貢献したのもある。その一方で、洪水調節を実施したダムのうち8基のダムについては、長期間にわたる豪雨により洪水調節容量を使い切る（図-1で洪水時満水位を超過）ことが見込まれたことから、異常洪水時防災操作に移行し、出水の最中に流入量と同程度の放流を行うことを余儀なくされた。ダム流入波形で見ると、後期集中型の強いピークを持った一山波形と、長期間におよぶ複数ピークから構成される波形との2種に大別でき、次に、前者の例として肱川水系野村ダム、後者の例として淀川水系日吉ダムの事例について紹介する。

### 3.2 肱川水系野村ダムの状況

肱川水系の野村ダムは有効貯水量1,270万 $m^3$ 、うち洪水期の洪水調節容量350万 $m^3$ の多目的ダムである。野村ダムの計画高水流量は1,300 $m^3/s$ であり、これに対する計画最大放流量は1,000 $m^3/s$ だが、下流河道の疎通能力が小さいため、下流自治体からの要請を踏まえて、放流を大幅に制限する洪水調節方式が暫定的に採用されている。流域面積（168 $km^2$ ）に対する洪水調節容量は大きくはなく、相当雨量（洪水調節容量を流域面積で除した値）は約21mm程度である。これらのことから、

出水規模が大きくなると洪水調節のための空き容量が少なくなりやすい構造である。

今般の豪雨時には、これを補完するため、事前放流により追加で350万 $m^3$ の空き容量を確保しており、洪水時には合計で600万 $m^3$ の空き容量が確保されていた。しかし、実際には計画規模（1/100）の365mmを大きく上回る421mmの48時間雨量を記録し、降雨最後期に時間雨量25～50mmの強雨が6時間にわたって降るなどの悪条件も重なり、流入量がピーク（1,942 $m^3/s$ 、計画高水流量の1.49倍）に達するより前に、異常洪水時防災操作に移行することとなった（図-2）。このため、流入量ピーク時に十分な洪水調節効果を発揮させることはできず、最大放流量は1,797 $m^3/s$ （計画最大放流量の1.8倍）となり、また、ピーク直前での摺り付け操作のため、急激な放流の増加が生じる結果となった。これに伴う氾濫により、残念ながら野村ダム下流において5名、また同様の操作を行った鹿野川ダム下流において4名の人的被害が生じている。ただし、異常洪水時防災操作に移行するまでの間、放流量を無害レベルに抑えていることから、下流の氾濫が始まるとされる流量に達するまでの時間を遅らせることには成功している。

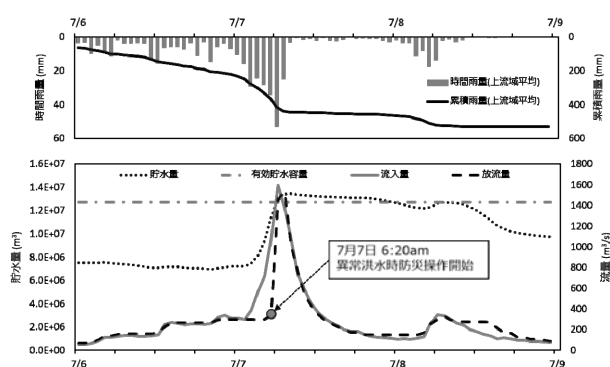


図-2 野村ダムの洪水調節操作実績（時間データより作成）

### 3.3 淀川水系日吉ダムの状況

淀川水系日吉ダムは、支川の桂川上流に設置された有効貯水量5,800万 $m^3$ 、うち洪水期の洪水

調節容量が4,200万 m<sup>3</sup>の多目的ダムである。日吉ダムの洪水調節は、基本計画では計画高水流量2,200 m<sup>3</sup>/sのうち最大500 m<sup>3</sup>/sの放流を行うよう計画されているが、こちらも下流河道の整備状況を踏まえ、現時点の規則では、最大1,510 m<sup>3</sup>/sの流入量に対して150 m<sup>3</sup>/sの一定量放流を行うよう、暫定的に運用されている。平成30年7月豪雨では、日吉ダムを含む桂川流域では、複数のピークを持った長期間にわたる大雨に見舞われた（図-3）。日吉ダム上流域における最大48時間雨量は420 mmを超え、ダムの計画雨量349 mmを超過する記録的な豪雨となった。流入量の大きなピークは3回現れ、そのうち最初の2回のピークでは150 m<sup>3</sup>/sの一定量放流を実施し、最大のピークとなった2度目のピーク時（最大流入量1,258 m<sup>3</sup>/s）には、ダム地点からの流下水量を約9割低減するなど、大きな洪水調節効果を発揮した。しかし、その後、ダムの空き容量が無くなる見通しとなっ

たため、2度目のピークの終わり頃に異常洪水時防災操作に移行（写真-1）し、その後に発生した流入量の3度目のピーク時には、ほとんど洪水調節が行えない状態となった。幸い、残流域からの流出のピークは、日吉ダムが洪水調節を行っていた2度目の流入量のピーク頃であり<sup>4)</sup>、異常洪水時防災操作に至ったものの、残流域からの合流は少なく下流地点の水位は2度目のピーク時の水位と同水準となり、結果として効果的にダムを運用した形となった。ただし、最後のピーク時やその後にとまとった降雨が生じていた場合には大きな洪水リスクが発生していた可能性がある。

#### 4. ダム洪水調節操作の課題と対応策の方向性

以上の事例を踏まえた上で、特に大規模出水時における現状のダム洪水調節操作の課題と、その対応策の方向性（ハード対策/ソフト対策）について述べたい。

##### 4.1 治水機能の再評価

今般の豪雨災害では、ダムが持つ洪水調節機能が決して無限ではないことが改めて浮き彫りになった。その意味で、ダムが持つ治水機能、すなわちダムの洪水調節容量が集水面積に照らして十分かどうかを再度適切に評価することが重要である。図-4に、2014～2018年に異常洪水時防災操作を実施した全国のダムの相当雨量と実績総雨量との関係を示す。グラフ上で実績総雨量が相当雨量の2、4、8倍となる点をそれぞれ直線で結んで併記している。平成30年7月豪雨で異常洪水時防災操作を実施したダムのうち、野村ダム、鹿野川ダムを含む4基のダムでは、相当雨量に対する実績雨量の比が8倍以上となっている。既往研究<sup>3)</sup>により、この比が4倍以上になるとダムの洪水調節容量が不足していることが示されており、同比が8倍以上というのはそもそも相当雨量が極めて

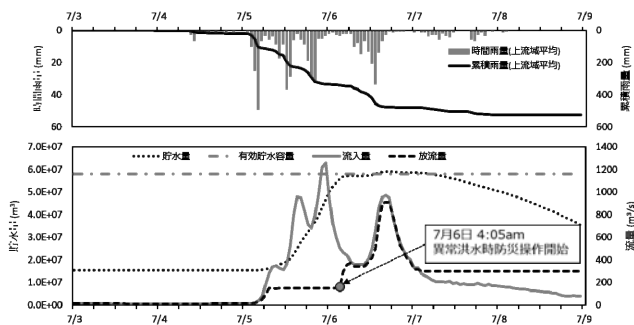


図-3 日吉ダムの洪水調節操作実績（同上）



写真-1 防災操作中の日吉ダム（独）水資源機構提供）

小さいことを意味する。ダムによる洪水調節効果を十分発揮させるためには、集水面積に見合うだけの洪水調節容量の確保が重要であり、特に前線性の降雨を経験してきている流域では、今後気候変動等の影響に伴い外力が増大する可能性が懸念される。

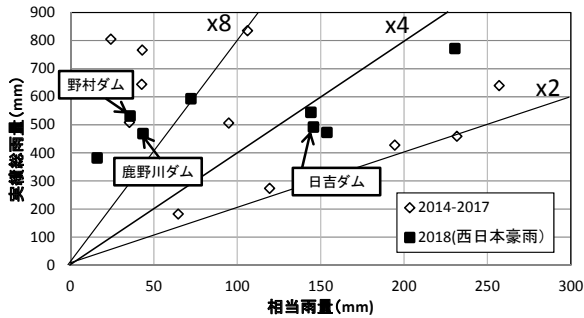


図-4 異常洪水時防災操作を実施したダムの相当雨量と実績雨量の関係

なお、今回の豪雨災害では、下流河川の整備が進んでいないなどの理由から、中小洪水を対象としてダム洪水調節操作を実施していたダムに多くの課題が生じている。このような操作を実施すると、洪水初期にダム容量を先使いしてしまい、大洪水時には洪水後期にダム容量が不足する事態が増加する（異常洪水時防災操作の増加）。従って、暫定的な洪水調節ルールに基づいて運用されているダムにおいては、ダム容量が有限であることに

- ・ **ハード対策**
  - **ダムの再開発**
    - ・ 堤体嵩(かさ)上げ → 洪水調節容量増大
    - ・ 放流設備強化など
    - ・ **低い貯水位で大きな放流が可能**
    - ・ 洪水初期に無駄に貯水しない
    - ピークカットのための容量が温存可能
- ・ **ソフト対策**
  - 降雨・流出量(洪水量)予測手法の高度化
  - **事前放流の精度向上(アンサンブル気象予測の活用)**
  - 洪水調節容量の効率的使用(異常洪水時防災操作、特別防災操作)

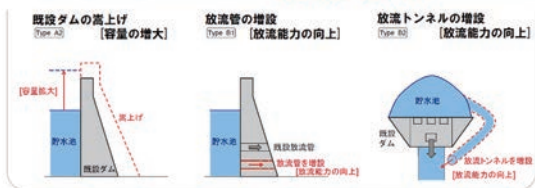


図-5 豪雨災害を踏まえたダムのハード/ソフト対策

鑑み、どのような規模の洪水を対象の主眼とすべきか、流域全体での議論を再度行うことが重要である。次に、こうした課題を踏まえたダムのハード対策およびソフト対策について概観する（図-5）。

#### 4.2 ハード対策

ダムの洪水調節機能向上のためのハード対策としては、ダム再生（再開発）が重要である。ダムの嵩上げなどによる治水容量の強化、鹿野川ダムや天ヶ瀬ダムで設置が進められている洪水吐トンネルや鶴田ダムや長安口ダムで実施されている堤体開削などによる放流能力の向上が重要な方策として考えられる。合わせて治水・利水間の容量再編や、休止されていた新設ダムの再開や新規ダムの必要性の議論も十分に検討する必要がある。

#### 4.3 ソフト対策

ハード対策により洪水調節能力を物理的に向上させる他に、実時間での降雨・流出予測を活用した事前放流操作の強化などが機動的にダムの治水機能を増大させる方法として挙げられる<sup>4)</sup>。予測情報の活用が不可欠であるため、降雨・流出予測精度の向上が鍵となる。近年、予測の不確実性を把握することができるアンサンブル予測情報を用いた事前放流の検討<sup>5)</sup>も進んでおり、さらなる研究が期待される場所である。ただし、事前放流により貯水位を低下させても、低い貯水位でもまとまった量の放流ができるような設備が無ければ、結局洪水初期で十分に放流ができずに貯留してしまう。その意味でも、ハード対策として挙げた放流能力の向上は不可欠である。

#### 4.4 異常洪水時防災操作を意識した情報伝達

今般の豪雨災害では、ダムの状態に関する情報がダム管理者から提供されても、事態の深刻性が自治体や住民に十分に伝わらない、あるいは伝わるのが遅れる、さらには伝わっても避難行動に結

びついていないケースが見られた。そのため、個々のダムで情報伝達方法の現状を点検し、改善を早急に進める必要があると考えられる。特に、ダム管理者から下流自治体を経て住民に伝わるまでの情報伝達の流れの確実化・迅速化が求められる。

ダム管理者による放流警報（サイレン、スピーカなど）に関しては、河川内の立ち入り者に対する警報に重点が置かれて、河道外の住居側に対して聞き取りにくい構造になっている場合があったり、ダムからの放流開始と異常洪水防災操作開始が同じ警報モードになっており、危機感が伝わらなかつたりしたことが課題とされている。また、ダム直下流の河道区間に浸水想定（ハザードマップ）が設定されていない場合もあり、早期の整備が求められる。

このように、今回の豪雨災害においては、特に、ダムの状態に関する情報提供について多くの課題が顕在化した。これに対しては、水害時の危機管理はダム管理者にすべてを任せるのではなく、下流住民を含めて皆で行うものであるとの認識を高める工夫が必要である。特にダム現有治水能力を上回る超過洪水時に、どのような状況が起り得るのか、あらかじめ想定した上で、防災訓練のような形で感覚を共有しておくことが重要である。

## 5. おわりに

本稿では、平成30年7月豪雨災害におけるダム治水操作の実施状況を概観しながら、大規模出水時におけるダム治水操作の効果と課題を考察しつつ、これらの課題を克服するための今後の対応策の方向性を述べた。なお、今後の対応策の方向性については、「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」<sup>2)</sup>による提言にも記載されているので、合わせて参照されたい。

## 参考文献

- 1) 気象庁：平成30年7月豪雨（前線及び台風第7号による大雨等），2018
- 2) 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，[http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai\\_blog/chousetsu\\_kentoukai/index.html](http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/chousetsu_kentoukai/index.html)（2019年1月30日確認）
- 3) 倉橋実，永谷言，川村育男，角哲也：超過洪水に対する既設ダムの治水機能評価と機能向上に向けた再開発手法の検討，土木学会論文集 B1（水工学），74（4），L1357-L1362，2018
- 4) 三石 真也，尾関 敏久，角 哲也：WRFによる降雨予測を活用した新たな洪水調節手法の適用性検討，水文・水資源学会誌，Vol. 24，No. 2，110-120，2011
- 5) 木谷和大，道広有理，野原大督，角哲也：ECMWF アンサンブル予測雨量の予測特性及びダム運用への活用に関する基礎的検討，土木学会論文集 B1（水工学），74（5），L1321-L1326，2018