

## 1.2 ダム連携による出水時ダム通砂運用手法に関する検討

研究年度：平成29年度～令和元年度

研究分野：ダムの堆砂対策に関する研究

調査研究名：ダム通砂運用による土砂動態変化

研究者：池田茂、櫻井寿之、梅園拓磨\*、長野航兵

### 【要約】

ダムにおける堆砂進行は、有効容量不足の発生、背砂による貯水池上流の河床上昇のみならず、取水口呑み口や洪水吐き呑み口の閉塞により、取水機能、洪水調節機能に支障を生じさせるものであり、堆砂の進行状況によっては、堆砂対策は喫緊の課題となる。

本調査研究は、堆砂が著しく進行しているダムの恒久的な堆砂対策の一つである出水時ダム通砂運用手法を検討しているもので、台風による未曾有の災害を受けて、流域全体の土砂を総合的に管理する必要性が生じたダムを事例として、出水時ダム通砂運用手法の検討の流れを整理したものである。

### 【キーワード】

堆砂対策、ダム通砂、土砂動態、出水予測、ダム連携

### 【背景・目的】

台風災害により流域山間部で多数の斜面が崩壊し、多量の土砂が河川に流入したことが影響してダム貯水池の堆砂が進行すれば、有効容量不足の発生、背砂による貯水池上流の河床上昇のみならず、取水口呑み口や、洪水吐き呑み口が閉塞することとなり、取水機能、洪水調節機能に支障を生じさせることになる。このような水系では、流域全体の土砂を総合的に管理し対策することが求められる。

流域全体の土砂の流れを管理する対策の一つである出水時ダム通砂運用は、出水前にダム水位を低下させ、出水時に上流から流入してくる土砂をダム下流に通過させる手法である。

ダム通砂運用により、これまでダム貯水池内に堆積していた土砂は、ダム下流に通砂されるため、ダム下流河川の土砂動態が変化することになる。

本報告では、出水時ダム通砂運用を実施するに至るまでの検討について事例を踏まえて中間報告として取りまとめたものである。

今回取り扱う事例は、当該水系本川にある利水専用ダムが6つあり、そのうち2ダムにおいて、ダム連携による出水時ダム通砂運用手法を実施して3年が経過している。

### 【令和元年度の研究成果】

#### (1) 出水時ダム通砂運用

##### ① 出水時ダム通砂運用

流域全体の土砂の流れを管理する対策の一つである出水時ダム通砂運用は、ダム貯水池上流の堆砂による水位上昇抑制やダム貯水容量の確保だけでなく、ダム下流への土砂供給による下流河川環境の改善など、治水・利水・環境面で効果が期待される。

出水時に上流から流入してくる土砂をダム下流に通過させるためには、河川状態を作り出す必要がある(図-1参照)。ダム運用方法としては、出水前のダム水位の低下と出水後のダム水位の回復の時期や流量等の設定が重要となる。

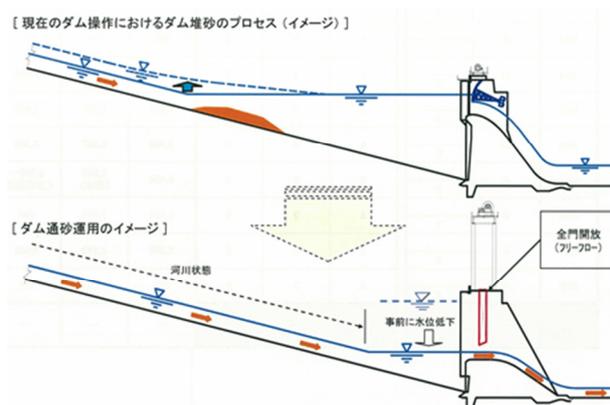


図-1 ダム通砂のイメージ

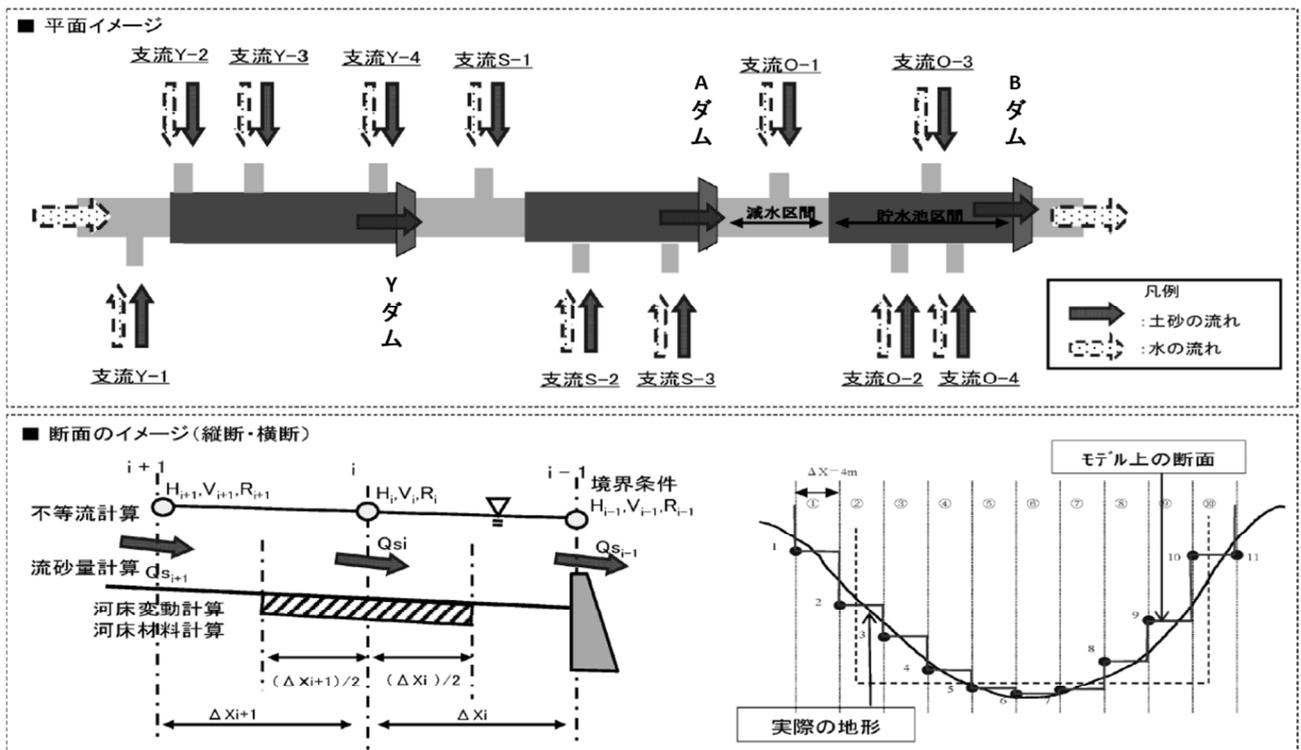


図-2 1次元河床変動計算モデルのイメージ

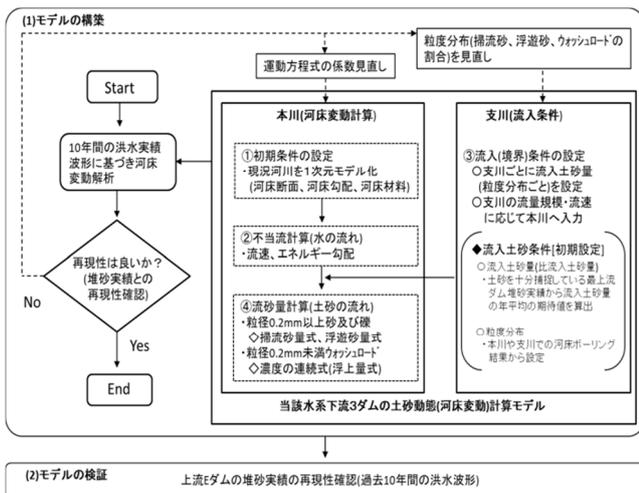


図-3 モデルの構築・検証の流れ



図-4 治水安全度確認対象地区

## ② 土砂動態モデルの構築と検証

流域全体の土砂の流れの検討にあたっては、ダム貯水池上流域から河口までの長大区間を対象において水や土砂の流入量を推定した上で土砂動態解析モデルを構築し、構築した解析モデルにより将来的な土砂動態を予測することが重要である(図-2,3参照)。土砂動態解析モデルの構築にあたっては、過去の堆砂実績の再現性を確認する必要がある。

事例では、図-3のように運動方程式係数の見直し

や、流入条件等の同定を行い、当該水系の各ダムの堆砂実績の再現性の確認を行った。

また、ダム通砂による土砂移動現象は長期的であることから、河川狭隘部に流入土砂の堆砂が進行した場合に治水安全度が下がってしまう。宅地標高を基準水位と設定し、基準水位に河川水位が到達すれば、浸水被害をもたらす懸念が考えられるため、出水条件の違いによる治水への影響を確認する必要がある(図-4参照)。

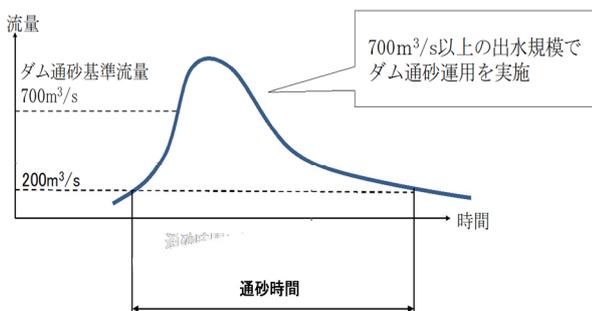
当該流域の土砂動態解析モデルでは、**図-4**のように河川の治水安全度を最優先とし、浸水影響についてダム貯水池上流域から河口までの 26 地点を評価対象地点として、ダム通砂による効果・影響を検証しておくこととした。

### ③ 出水時ダム通砂運用方法の設定

当該水系にある利水専用ダムの2つにおけるダム運用方法の検討を行った結果、当該 A ダムは、貯水池区間の河床勾配が大きく、貯水容量が小さいことから、出水の減水期のみダム水位を低下させる運用とし、当該 B ダムは、貯水池区間の河床勾配が緩やかで貯水容量が大きいことから、出水前にダム水位を低下させる運用とした。

また、土砂動態解析結果により、当該水系においては、流入量が  $200\text{m}^3/\text{s}$  以上で土砂が動き始め、当該 A・B ダムよりも上流の Y ダム地点での流入量が  $700\text{m}^3/\text{s}$  以上の出水規模であれば流域全体の土砂が下流へ流れると予測した。

そこでダム通砂運用の実施判断基準を、当該 A・B ダムよりも上流の Y ダム地点において、流入量が  $700\text{m}^3/\text{s}$  以上の出水が予測された場合とした(**図-5** 参照)。



**図-5** ダム流量イメージ図

## (2) 出水予測

### ① 出水予測

当該 B ダムでの最適な出水時ダム通砂運用は、出水前にダム水位を低下させることから、出水予測を行うことによりダム通砂運用の実施判断を降雨増水前に確実にすることが重要となる。

求められる出水規模としては、流域全体の土砂を効果的に下流へ流せる流量が長時間継続する出水で

ある必要があるため、前線出水・台風出水等が対象に挙げられる。

事前の貯水位の低下が必要であることから、出水予測が必要であるため、当該水系においてダム通砂運用の対象とするのは、予測が可能で、既往実績より出水規模が比較的大きくなりやすい台風性出水としている。

### ② ダム通砂実施・終了判断

貯水池水位を常時安定させて運用を行っているダムでは、ダム水位の低下が貯水池周辺護岸の安定性に与える影響を考慮する必要がある。急激にダム水位を下げることにより、残留間隙水圧が護岸を不安定化させる恐れがあるからである。そのため、貯水池周辺護岸の安定性が確保できるダム水位低下速度を検証しておくことが重要である。

また、ダム水位低下操作業務に従事する担当者の確保に必要な時間を考える必要がある。

次にダム通砂終了の判断は、過去の出水時における流入量の減水曲線を参考に、終了時期を見極める必要がある。

当該 A・B ダムでは、ダム通砂基準流量が超過すると予測される概ね 1~2 日程度前に事前水位低下開始を実施することとしている。また、終了判断は、各ダム地点流入量が減水に移行し、 $200\text{m}^3/\text{s}$  に近づいた段階で行うこととした(**図-5** 参照)。

### ③ 出水予測ツール

ダム通砂実施・終了判断を的確に行う上では、1 日~3 日前の中長期における高い精度の出水予測が重要となる。近年予測精度向上が著しい降雨予測モデルを活用することは有効である(**表-1** 参照)。

**表-1** 出水予測の組合せ

番号	出水予測				長期予測 (72h)	中期予測 (24h)	短期予測 (6h)
	気象(降雨)予測	流出解析	予測時間	更新頻度			
①	GSM (気象庁)	タンク モデル	264時間先	1回/日	○	-	-
②	NuWFS (電中研)	HYDREEMS (電中研)	72時間先	4回/日	○	○	-
③	SYNFOS (気象庁)	タンク モデル	33時間先	8回/日	-	○	○

表-2 3年間のダム通砂実施実績

	対象台風	ダム名	最大流入量	運用方法	通砂期間	事前低下水位
			m <sup>3</sup> /s		h	m
1年目	台風5号	Aダム	585	通砂運用(途中、中止)	0	-2.57
		Bダム	653	通砂運用(途中、中止)	54	-4.50
	台風18号	Aダム	1,517	通砂運用	20	-2.57
		Bダム	1,670	通砂運用	75	-5.50
2年目	台風19号	Aダム	461	通砂運用(途中、中止)	0	-2.57
		Bダム	489	通砂運用(途中、中止)	48	-5.50
	台風24号	Aダム	1,482	通砂運用	41	-2.57
		Bダム	2,102	通砂運用	86	-5.50
3年目	台風8号	Aダム	630	通砂運用(途中、中止)	0	-2.57
		Bダム	720	通砂運用(途中、中止)	24	-8.50
	台風10号	Aダム	387	通砂運用(途中、中止)	0	-2.57
		Bダム	443	通砂運用(途中、中止)	43	-8.50

当該ダムでは、長期予測(72時間前)、中期予測(24時間前)、短期予測(6時間前)に適用するため、出水予測(気象(降雨)予測+流出解析)ツールを3つ組み合わせ活用している(表-1参照)。

出水予測ツールのうち流出解析では、流域の地形情報や土地情報等を設定し、当該流域に特化して調整を行うなど予測精度の向上を図っている。

設定した出水予測ツールによる予測と実績の検証を本格運用前に行うことが重要である。

また運用開始後もさらに出水予測の精度を上げていくためには、毎年出水予測と実績の検証を実施し、翌年へフィードバックすることは必要である。

### (3) 出水・通砂効果

#### ① 出水・通砂実績

出水や通砂の実績の整理手法としては、ハイドログラフや一覧表によるものがある。

当該A・Bダムにおける出水時ダム通砂運用の開始から3年間の実績については表-2により示す。

1ダムあるいは2ダム連携で、途中中止を含めたダム通砂運用の回数は、1年目2回、2年目2回、3年目2回の計6回であった。このうち、出水予測通りダム通砂基準流量を超過し、2ダム連携で実施したのは3年間で2回(1年目1回、2年目1回)であった(表-2、写真-1参照)。

また、表には示していないが、ダム通砂基準流量



写真-1 Aダムの通砂状況

を超過しないと予測してダム通砂運用に入らなかったが、実績ではダム通砂基準流量を超過したのは3年間で3回(2年目3回)あった。

ダム通砂運用実施の観点では、ダム通砂基準流量を超過と予測したが実際には超過していないケースが、ダム通砂基準流量を超過しないと予測したが実績では超過したケースより多くなっており、安全側の結果となっている。

#### ② 土砂動態の状況について

ダム通砂運用前後での土砂分布状況の変化を把握する手法としては、ドローン等による空撮や現地踏査による河床材料調査等をダム通砂前後において実施し、定点観測により前後の状況変化を比較することが重要である。

ダム通砂運用前後の状況変化を比較する場合には、平面や河川縦断方向での土砂動態を図示するとわかりやすくなる。

当該Aダム下流におけるダム通砂運用前後での土砂分布状況が変化した実績を示す(図-6参照)。

ダム通砂運用前の時点では、Aダムから下流1.2kmのa地点まで5~200mm大の材料、下流3.3kmのc地点まで5~75mm大の材料と砂礫が分布していた。

1年目のダム通砂で、5~200mm大の材料は下流3.3kmのc地点まで到達していた。

2年目のダム通砂で、5~200mm大の材料は下流

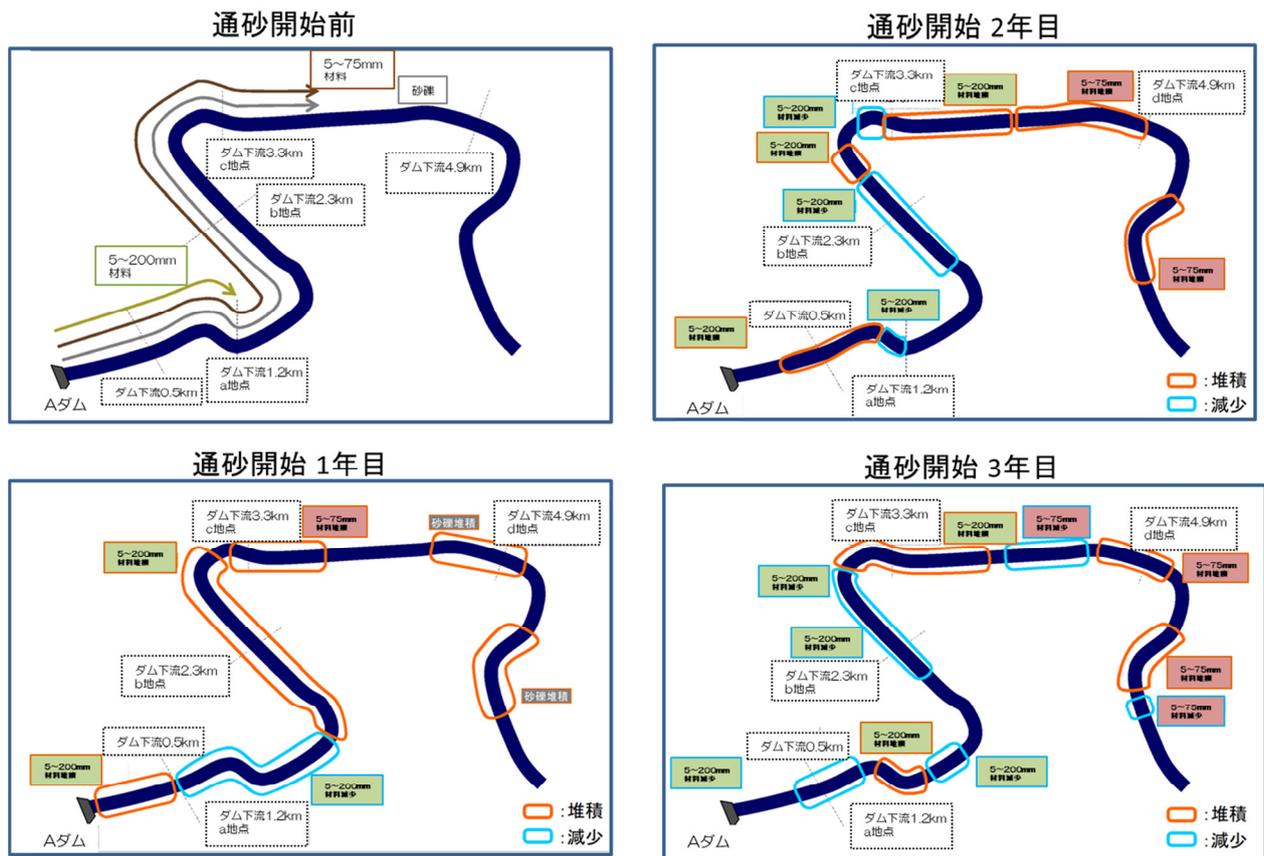


図-6 通砂開始前から通砂開始3年目のAダム下流の土砂動態

3.3kmのc地点からさらに下流まで、5~75mm大の材料は、下流4.9kmのd地点まで到達していた。

3年目のダム通砂では、1,2年目に比べて流量規模が小さかったため、5~200mm大の材料の移動に変化はなかったが、5~75mm大の材料が下流に移動していることが確認された。

次に当該Bダムにおけるダム通砂運用前後での土砂分布状況については、当該Bダムが、貯水池区間の河床勾配が緩やかであることから、貯水池内が河川状態となった範囲において堆砂量が減少傾向となり、Bダム近傍では増加傾向になっていることが確認された。

なお、Bダム下流河道では、砂分以下の土砂は供給されたが、河道形状に大きな変化は確認されなかったため、今回は図面等の掲載は省略する。

### 【結果のとりまとめ】

出水時ダム通砂運用の検討手法は以下の通りである。事例では、この手法に基づいて中間的な評価が

実施されている。

- ①流域全体の土砂の流れの検討にあたっては、ダム貯水池上流域から河口までの長大区間を対象に、水や土砂の流入量を推定した土砂動態解析モデルを構築する。
- ②運動方程式の係数の見直しや、流入条件等の同定を行い、土砂動態解析モデルの再現性の確認を行い、河川の治水安全度を考慮してモデルの妥当性や将来予測の正当性を検証する。
- ③貯水池区間の河床勾配が緩やかで貯水容量が大きいダムでは、出水前にダム水位を低下させる必要があることから、精度の高い出水予測が求められる。
- ④貯水池水位の常時安定運用のダムでは、ダム水位低下が貯水池周辺護岸の安定性に与える影響を考える必要がある。
- ⑤ダム通砂実施・終了判断を的確に行う上では、1日~3日前の中長期における高い精度の出水予測が重要となる。

- ⑥ドローン等による空撮や現地踏査による河床材料調査等により、ダム通砂前後の土砂分布状況の変化を分析し、治水・利水・環境への影響を評価する。

#### **【今後の課題】**

今後の課題として、以下のことが考えられる。

- ①経済的なダム通砂実施・終了判断基準の確立
- ②出水予測の更なる精度向上
- ③長期的なダム通砂による土砂移動現象の効率的な調査内容の整理