

## 2019年台風19号時における小渋・美和ダムの排砂トンネル操作 —ダム貯水位に関係した排砂の制限—

### Sediment Bypass Tunnel Operation of Koshiibu and Miwa Dams during Typhoon-19 in 2019 —Limitations of Sediment Transport According to Reservoir Water Level—

小林草平<sup>(1)</sup>・角 哲也

Sohei KOBAYASHI<sup>(1)</sup> and Tetsuya SUMI

(1) 中国温州大学生命環境科学学院

(1) College of Life and Environmental Sciences, Wenzhou University, China

#### Synopsis

We reported here on the operation of sediment bypass tunnel (SBT) and reservoir sedimentation in Koshiibu and Miwa dams during Typhoon-19, October, 2019. In Koshiibu, sediment release by SBT started late, which was relevant to a recovery of reservoir water level for water demands, and stopped soon due to an accident in gates. In Miwa, reservoir water level increased rapidly and got close to a full water stage. To avoid overflow of water from the reservoir to SBT, SBT had to stop soon after the commencement. As a consequence, SBTs transported less than 10% of the sediment inflow. Reservoir sedimentation was nearly 900,000m<sup>3</sup> for each of Koshiibu and Miwa dams, and the difference in elevation between the conduit gates and bottom sediment was only a few meter for Koshiibu. To use SBT more effectively and increase sediment transport efficiency, operation strategies that use SBT much actively and steadily during large floods, and keeping a certain pocket for sediment in the diversion weir pond by a consistent SBT release during every floods are needed.

**キーワード:** 排砂バイパス, 排砂効率, 分派堰, トンネル操作, 貯水位

**Keywords:** sediment bypass tunnel, sediment transport efficiency, diversion weir, tunnel operation, reservoir water level

#### 1. はじめに

貯水池堆砂の対策として、日本では布引五本松、立ヶ畑（兵庫）、旭（奈良）、美和、小渋、松川（長野）のダムで排砂バイパストンネル（Sediment bypass tunnel, 以降SBT）が導入されている。SBTは増水時において上流からの土砂を効率よくダム下流へ運ぶことで、貯水池の堆砂速度を抑えるものである。貯水位を低下させる必要のあるフラッシュ放流や通砂に対して、貯水位の操作を必要とせず、ダムの利水・

発電・治水の機能を維持しながらの排砂がSBTの特徴である（ただし、スイスSolisダムのように水位操作が必要な例外もある）。増水時に排砂を効果的に行うには、土砂流入量が高くなる前にSBTへ分派を始める操作が重要である。また、大量の土砂を受け止め分派する分派堰などの施設も重要である。布引五本松、旭ダムに加えてスイスのPfaffensprung、Runcahezダムでは排砂効率が77-98%以上と高い（Auel et al., 2016, Albayrak et al., 2019）。

国土交通省の多目的ダムである小渋と美和にはそ

れぞれ2016年と2005年にSBTが導入された（小渋では試験運用，美和では2019年より本格運用）．2019年10月の台風19号の出水において，本来ならSBTを運用することで土砂を大量に下流へ輸送できたと考えられるが，流域が台風の大雨範囲の縁に位置し流入量の予想が難しかったこと，貯水位の低すぎ／高すぎによるSBT放流の制限があったこと，SBTの施設に不具合が発生したことなどにより，両ダムでSBTの運用がほとんど行われなかった．このことは，基本的に貯水位の操作を伴わないSBTによる排砂が，貯水位に大きく左右されやすいことを示すものである．台風19号の結果，両ダムで堆砂が進行した．小渋ダムでは堆砂面から洪水吐まで5mもない状況であることが2018年の測量結果より分かっている（私信）．洪水吐に底泥や流木が流入すると閉塞する危険があることから（高田・角，2018；高田・角，2019），今後の堆砂をそれほど許容できる状態ではない．

本報では，台風19号の増水において小渋ダムと美和ダムのSBTにおいて発生した問題とともに，そのときの貯水池の堆砂状況について報告する．また，SBTの排砂効率を高めるために必要なSBTの運用について洪水期，非洪水期別に考察した．

## 2. ダム，堆砂，SBTの概要

### (1) 小渋ダム

小渋ダム（国土交通省中部整備局）は天竜川の1支流小渋川に1969年に完成した堤高105m，総貯水容量6千万 $m^3$ のコンクリートアーチ式のダムである．流域

面積は288 $km^2$ ，流域の年降水量は1600–1800mmで，治水（計画流入量1500 $m^3/s$ 時に貯水して500 $m^3/s$ を放流），農業用水（1.8 $m^3/s$ ），発電（8.0 $m^3/s$ ，最大10500W）が目的のダムである．

上流には大規模な崩壊地が多く土砂生産が活発で，1977年に第1貯砂堰堤が設置された．1982，83年の洪水により大量の土砂流入（各年200万 $m^3$ 以上）があり，1998年に第2貯砂堰堤が設置された．平均で50–60万 $m^3$ を越す（最近30年では約30万 $m^3$ ）年間堆砂のため，2015年時点で堆砂率が89%であった（計画堆砂量：2000万 $m^3$ ）．貯水池への土砂流入の抑制等を目的とした「小渋ダム堰堤改良事業」が始まり，2000年よりSBTの導入が進められ，2016年に全施設が完成し試験運用が始まった．トンネルは全長約4km，縦断勾配は1/50で，内部底面幅約6m，高さ7m以上の馬蹄形である．トンネルの設計流量は370 $m^3/s$ ，輸送対象は掃流砂（細粒成分），浮遊砂，ウォッシュロードである．

トンネル呑口は第3貯砂堰と分派堰（第1貯砂堰堤を改良）の間に位置しており，貯砂堰を通過した一部の土砂が呑口へと輸送される[Fig. 1]．掃流砂の粗い成分は貯砂堰の上流や分派堰に堆積させ，SBTに流入させない狙いがある．また，呑口前方の流木はねは大きな流木の流入を防いでいる．吐口はダム堤体から100m下流の左岸側にある．ダム下流は約5km流れて天竜川本川に合流する．

### (2) 美和ダム

美和ダム（国土交通省中部地方整備局）は同じく天竜川の1支流である三峰川に1959年に完成した堤



Fig. 1 Plan view of upstream SBT structures in Koshibu and Miwa Dams. Images by Google Earth.

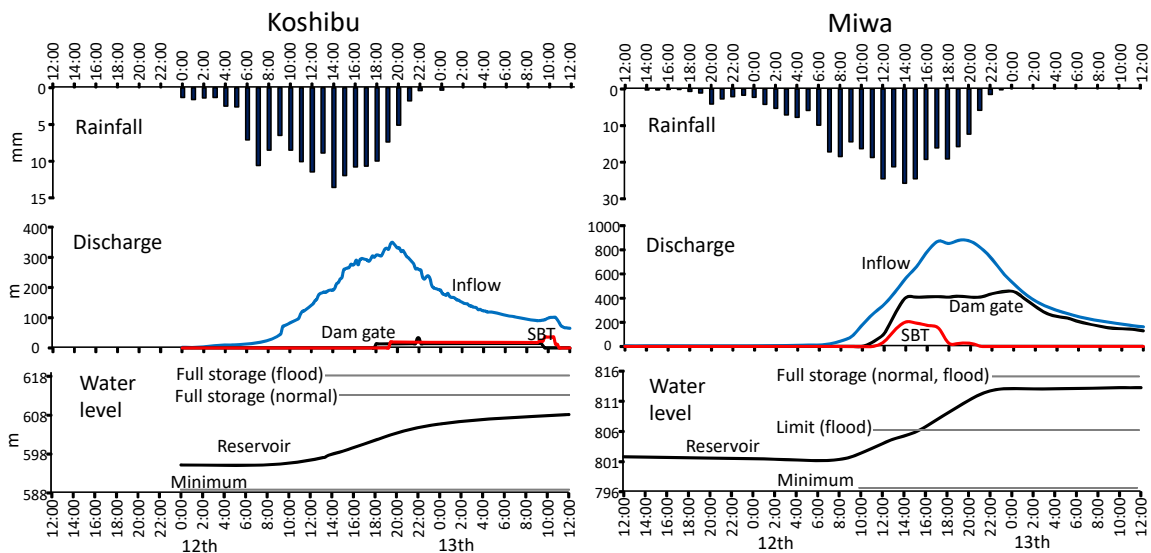


Fig. 2 Rainfall, flow discharge, reservoir water level of Koshibu and Miwa during the typhoon.

高69.1m, 総貯水容量約3千万 $m^3$ の重力式コンクリートダムである。流域面積は311 $km^2$ , 流域の年降水量は1800–2200mmで, 治水(計画洪水流量1200 $m^3/s$ 時に貯水して450 $m^3/s$ 放流), 農業用水(最大7.7 $m^3/s$ ), 発電(最大12200kW)が目的のダムである。

上流は中央構造線沿いにあり土砂生産が大きい。ダム完成前後に三六災害を含む大出水が続き, ダム完成後3ヶ年で計画堆砂量を超える約680万 $m^3$ の土砂が貯水池に流入し, 1966年に貯水池容量配分の見直しを行った(有効容量約500万 $m^3$ 減)。その後も1972年, 1982年, 1983年の大出水で約790万 $m^3$ の土砂が貯水池に流入し, 計画堆砂量に一気に近づいた。ダムの洪水調節機能の強化と, ダム貯水池への堆砂を抑制することを目的に, 美和ダム再開発事業が1990年頃より始まり, 2005年にSBT, 分派堰, 貯砂ダムが完成し試験運用が始まり, 湖内堆砂対策施設も完成に近づいている(2019年時点)。トンネルは全長約4.3km, 縦断勾配は1/100で, 内径7.8mの馬蹄形である。トンネルの設計流量は300 $m^3/s$ , 輸送対象は浮遊砂とウォッシュロードである。

トンネル呑口は貯砂ダムの下流で分派堰の左岸側に位置しており, 貯砂ダムを通過した一部の土砂が呑口へと輸送される[Fig. 1]。掃流砂は貯砂堰の上流や分派堰に堆積させ, SBTに流入させない狙いがある。また, 呑口前方の流木はねは大きな流木の流入を防ぐ。トンネル区間に入る前の開流路には越流堰があり, SBTへの流入量が計画量を上回ったとき, その分を越流によって貯水池に流す仕組みになっている。吐口はダム堤体から約400m下流の左岸側にある。さらに, 約300m下流で山室川が合流しすぐ高速ダム

(長野県)の貯水池となる。三峰川は高速ダムから約11km流れて天竜川に合流する。

### 3. 台風19号時のダム流入放流と貯水位

千曲川などで大きな災害をもたらした2019年台風19号は, 10月12日18時前後に小渋や美和ダムに最も近づき, 流域累計平均雨量は小渋ダムでは約159mm, 美和ダムでは約326mmを記録した(国土交通省中部地方整備局, 2019)。

#### (1) 小渋ダム

小渋ダムでは前日11日夜から降雨が始まり, 当日7時から18時まで時間10mm前後の雨が続き, 22時まで降り続いた[Fig. 2]。当初は1.5 $m^3/s$ 程度の流入量は, 午後8時過ぎに最大の350 $m^3/s$ となった。9月以降の少雨のため当初は平年を大きく下回る595.2mであった貯水位は, 放流開始の当日19時には602.5mにまで増えた。その後常時満水位の613mにまでは近づいたが, 洪水時満水位の618mまでにはまだ余裕があった。ダム洪水吐からの放流は, 流入最大時に近い当日19時に始まったが, 15 $m^3/s$ 以下で流入量よりだいぶ小さかった。SBTの放流は, 同じく当日19時ごろに開始したが, 直後にゲートの不具合が発生したため, 最大20 $m^3/s$ 以下に留まり, 半日ほどで終了した。

#### (2) 美和ダム

美和ダムでも降雨は前夜から始まり, 当日6時以降から時間あたり10mmを超え, 12時から15時は20mmを超え, 22時近くまで降り続いた[Fig. 2]。当初7 $m^3/s$

以下であった流入量は、当日10時過ぎに200m<sup>3</sup>/s（洪水調節開始）を超え、19時過ぎに最大の887m<sup>3</sup>/sとなった。貯水位は、平年を大きく下回る801.5m以下から始まったが、当日19時までに810mを超え、常時満水位（＝洪水時満水位）の815mまで5mをきり、その後最終的に813m前後まで上昇した。ダム洪水吐からの放流は当日10時過ぎに始まり、14時までに400m<sup>3</sup>/sを超え、最大は479m<sup>3</sup>/sであった。なお、21時半から翌13日1時までには異常洪水時防災操作での放流量であった。SBTの放流は当日11時半に開始し、14時までに200m<sup>3</sup>/sに増えたが、その後下がり、流入最大になった19時過ぎには25m<sup>3</sup>/s前後で、20時半に終了した。

#### 4. SBTに発生した問題

##### (1) 小渋ダム

小渋ダムでは、出水初期から貯水が行われ、ダム洪水吐とSBTから放流が始まったのは、流入量が最大に近づいた300m<sup>3</sup>/sを超えてからで、さらに呑口ゲートに開始直後に不具合が発生し、出水全体を通して小さい放流にとどまった。なお、同年7月4日の出水（流入量最大：240m<sup>3</sup>/s）では、流入量が60m<sup>3</sup>/sに増えた時点でSBTの放流が始まり、SBT放流は最大175m<sup>3</sup>/sまで増えた。今回の出水で、流入量が年最大

クラスになるまでSBTやダム洪水吐からの放流が始まらなかったのは、出水前に貯水位が相当低く、水位の回復を狙ったためと考えられる。

SBTの呑口は左右二つに分かれており、それぞれの上流側に副ゲート、下流側に主ゲートがある。当日19時過ぎに副ゲートの開操作が始まったが、その直後に動かなくなり、ゲート1号（流心側）は1.4m、2号（山側）は0.9mの開いたままで停止した[Fig. 3]。主ゲートに問題はなく、副ゲートが停止したまま20m<sup>3</sup>/s以下の放流が行われ、翌日11時に主ゲートを閉じ放流が終了した。

副ゲートが停止した主な原因は、放流開始前にゲート前面に堆積していた土砂が、ゲートが開いたとたん、ゲート下流側に噴出し、戸溝へ流入してしまったためではないかと考えられている。出水後の調査で、ゲートの戸溝にあるローラーは土砂に埋没し、ローラーと戸溝の間に土砂が挟まり、ゲート字体もねじれるように位置が微妙に動いていた[Fig. 3]。

##### (2) 美和ダム

美和ダムでは流入量が200m<sup>3</sup>/sのときから洪水調節の放流が始まったが、その後も流入量が増え続け、貯水位が常時満水位に近づく恐れがでてきたため、異常洪水時防災操作が行われた。ところでこの常時



Fig. 3 Disabled SBT gates of Koshiu after the typhoon.

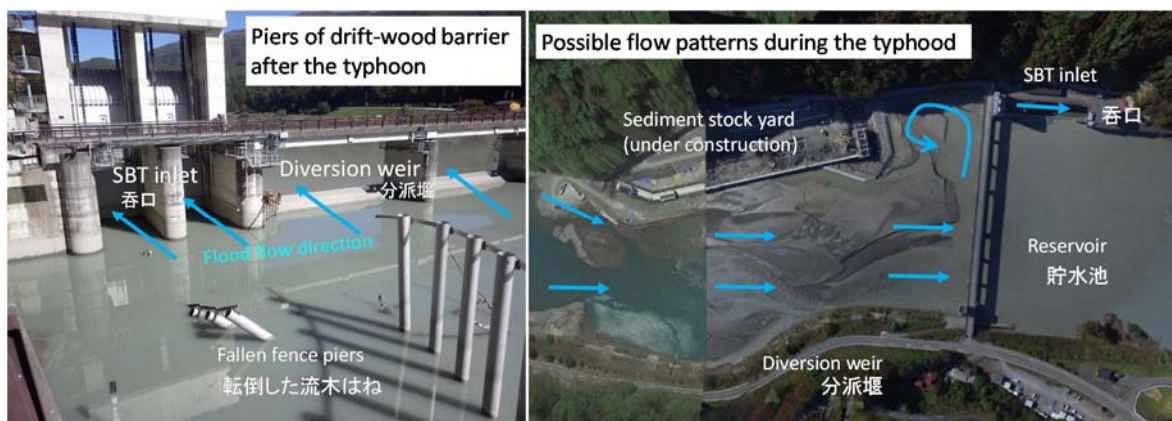


Fig. 4 Fallen piers of drift wood barrier and a possible flow pattern around SBT inlet of Miwa.

満水位がSBTの越流堰の高さに近い。本来はSBT側から貯水池へ多すぎる水を流すものだが、満水位を超えると貯水池側からSBTへ逆流し、SBTの計画流量を上回ってしまう恐れがあったため、SBT呑口が流入ピークを待たずに閉じられる事態になった。

美和ダムでは、呑口の直上にある‘流木はね’の転倒も発生した。流木はねは呑口を取り巻くように柱が並んだ形であるが、上流側ではなく横側に配置する柱の7本が内側に倒れこんだ[Fig. 4] ([Fig. 1]における流木はねの柵の右から7本)。転倒前に細かい流木が外側に密集し、流木はねの外と内側で0.8m程度の水位差が生じていたことがライブカメラの映像より確認されている。この水位差に耐えられず転倒したと考えられる。当初は想定していた上流からの力だったら、転倒は起こらなかったかもしれない。約100m上流に、完成間近の土砂ストックヤードがある。完成前でまだこのストックヤードを通って水は流れないため、下流側に大きな流れの渦ができ、分派堰

に沿った横向きの流れが生じた可能性がある[Fig. 4]。流木はねの問題はSBTの使用にすぐに影響するわけではないが、流木がSBTに流入しやすくなるため、いずれ修復が必要である。なお、小渋ダムの流木はねはより太くこれまでに問題は生じていないが、最近のライブカメラ映像からは、土砂が上流側からではなく横側から流入するのが確認できる。流木はねが想定していない方向の力を受けていることから、注意しておく必要がある。

## 5. 貯水池における土砂と流木

### (1) 貯水池の堆砂量

小渋ダムも美和ダムも、出水中にSBTへ分派された水と土砂がわずかとなり、その結果貯水池側に大量の土砂と流木が流入した。

小渋ダムでは、分派池の中と、分派堰の下流側に土砂が堆積したことで、貯砂堰と分派堰のそれぞれ



Fig. 5 Sedimentation in the pond and downstream of diversion weir of Koshibu.



Fig. 6 Sedimentation at the upstream and downstream of sediment trap weir of Miwa

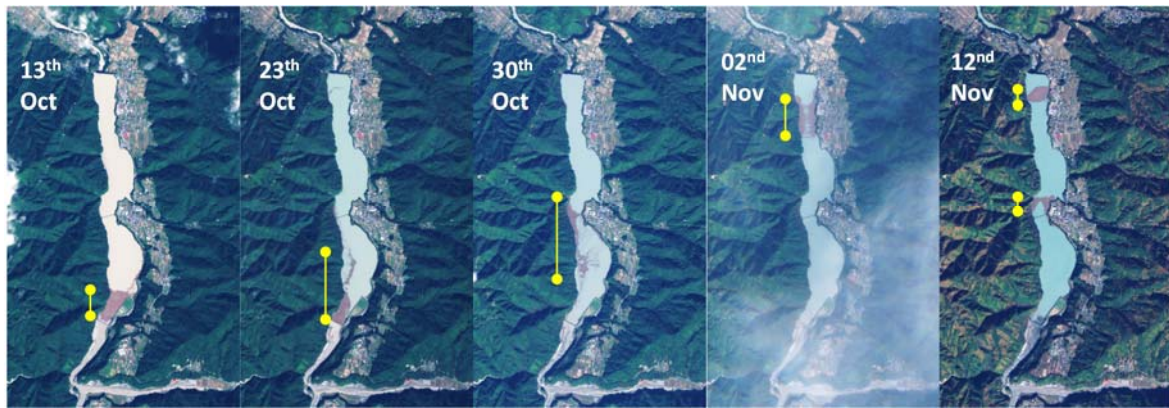


Fig. 7 Changes in distribution of drift wood in Miwa reservoir. Images from LandBrower.



Fig. 8 Flow release from conduit gates of Koshibu during the typhoon (left) and different flood (right).

堰前後の段差が小さくなった[Fig. 5]。本来は、貯砂堰で堆積させるはずの大礫や石が、分派池だけでなく、分派堰の下流にも多くみられた。元々の分派堰の高さは8mくらいあったため、少なくとも下流180mの範囲に7-8万 $m^3$ の土砂堆積があったことになる[Fig. 5]。2019年度（2019年1月から12月）における貯水池全体の堆砂は82.6万 $m^3$ と報告されている（過去30年の平均は23万 $m^3$ ）（国土交通省天竜川統合管理事務所，2020）。この堆砂の全てではないが、大部分は台風19号時に流入した土砂と考えられる。

美和ダムでも分派池の中の特に上流側に堆砂が確認された。しかも堆砂の表面には礫が多く含まれていた[Fig. 6]（貯砂堰側から見た分派池の上流を示している）。美和ダムでは、SBTの輸送で浮遊砂やウォッシュロードを対象としており、土砂の粗い成分は貯砂堰内に堆積をさせ掘削してきた。このまま堆砂が進行して、分派堰のあたりまで礫が到達すると、SBTに流入してしまう恐れがある。美和ダムの貯水池全体における2019年度（1月から台風出水直後）の堆砂量は94万 $m^3$ であった。

美和ダムでは台風出水によって流入した流木量は

約3万 $m^3$ と推定された。流入した流木は、出水直後は貯水池末端に集中していた[Fig. 7]。これは、密度流が発生したことによって、貯水池表面では上流向きの流れが発生したためと考えられる。出水後は、風などの影響により徐々に分散し堤体側へと移動した[Fig. 7]。11月1日の時点で堤体付近の網場に流木が押し寄せているのが確認されている。分散したことで流木の回収がたいへんになったと思われる。

## (2) 貯水池での密度流発生の可能性

貯水池では土砂流入が多いとき、河川から流入した土砂濃度の高い水塊が貯水池の底面を這いながら下流の堤体側へと進む密度流が発生する。台風19号時において小渋ダムと美和ダムでは、洪水吐などから土砂濃度の高い水が放流されており、密度流が発生した可能性がある。小渋ダムでは洪水吐放流水のSS濃度が最大16,000 $mg/L$ まで上昇し、流入水におけるSS濃度の最大値15,000 $mg/L$ と同等であった。このとき、かなり黒い水が放流されているのがライブカメラで確認された[Fig. 8]。

美和ダムでは、発電放水路や洪水吐のSS濃度が最

大16,900–23,400mg/Lまで上昇し、流入である分派堰やSBT吐口におけるSS濃度最大の17,500–24,900mg/Lとほぼ同等の濃度レベルであった。

密度流が発生すると、下流堤体側まで土砂が一気に運ばれ、そこでの堆砂が進行すると思われる。なお、小渋ダムでは洪水吐からの放流でも23万m<sup>3</sup>の土砂が流出したと推定されており、堆砂することなく流出した土砂量も多いことを示している。

### (3) 堤体付近の堆砂

7月下旬と台風後の10月下旬に簡易ソナー（Deeper Pro, Deeper, リトアニア）による水深計測と貯水位の水面高から、堤体付近の堆砂面の標高を求めた。7月と比べ台風後10月は1–2mくらい高くなっていた場所が多かった（大部分が緑：572m付近から橙色：

573m付近に変化）[Fig. 9]。なお、洪水吐の高さは574.8mで、2018年12月に行われた測量調査では、堤体付近の堆砂面の標高は571.8mであった。

小渋ダムの堤体付近の堆砂面の標高については、水文水質データベースのデータも参考になる。小渋ダムでは毎月1回水質調査が行われており、ホームページ上で閲覧できる。データの中に現地観測項目があり、その中に水位と全水深があり、水位から全水深を引くことで、調査地点の堆砂面の標高が求められる。なお、小渋ダムでの水質調査基準点は、ダム堤体よりも100mほど上流にある。なお、2018年12月の堆砂面は572.87mで、同時期の堤体付近の堆砂面よりも1m高い値であった。

このデータについて2010年からの変化を見てみると、外れ値のような値がたまにあるものの、増加傾

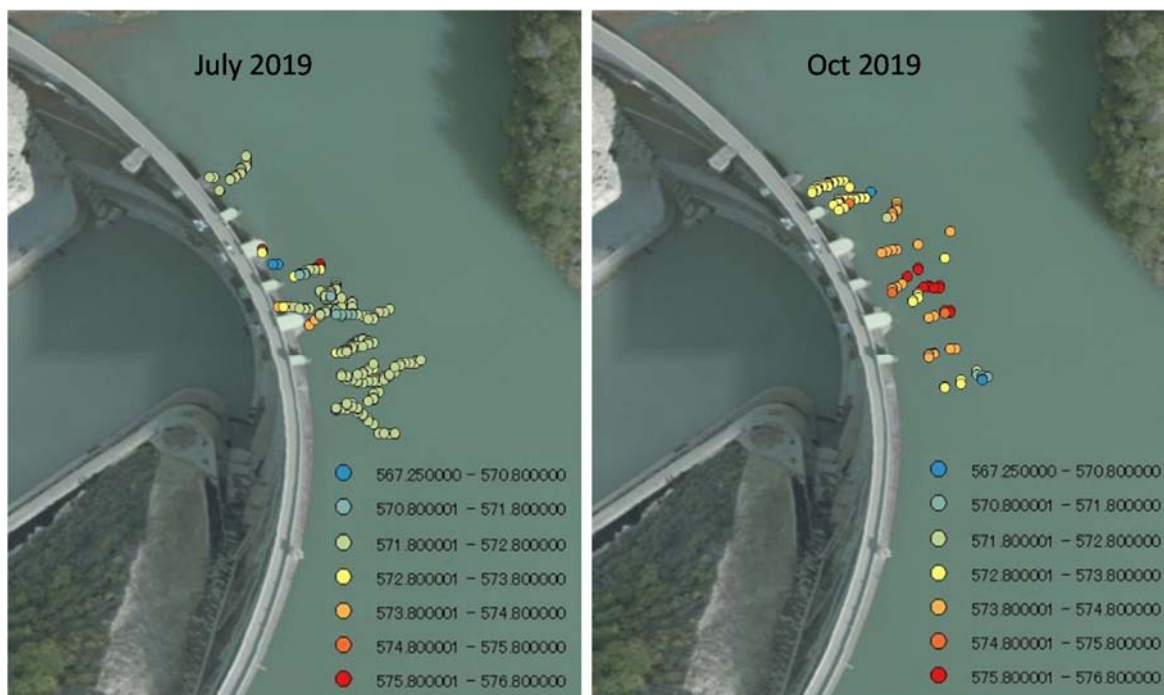


Fig. 9 Changes in bottom elevation measured by a simple sonar.

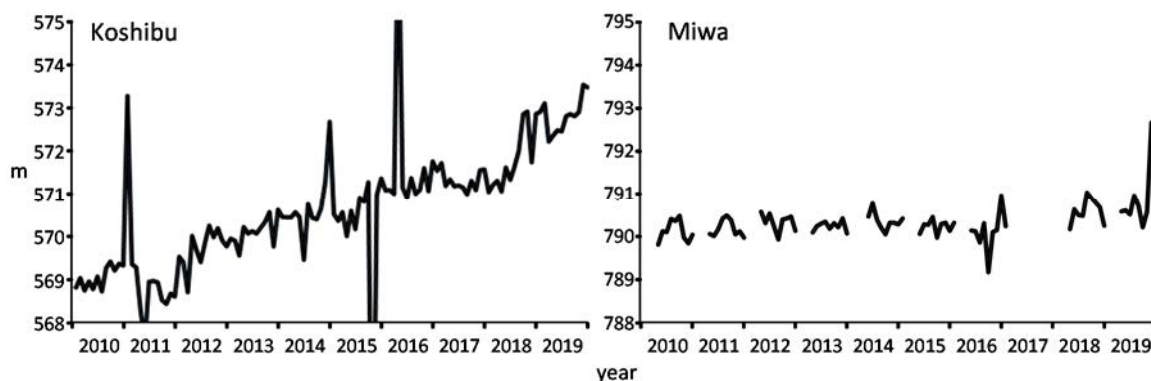


Fig. 10 Changes in bottom elevation at the water quality monitoring location of Koshibu and Miwa.

向にあるのが分かる[Fig. 10]. また、各年の2-4月に一度降下し、その後特に秋に上昇する傾向にあり、年内の堆積履歴を表していると考えられる。一度降下するのは、重みで堆積土砂が圧縮していることなどが考えられる。今回の台風を挟んで約0.6mの上昇がみられた。2019年12月時点の標高は753.49mで、堤体付近の堆砂面は、これよりも1m低いと仮定すると、752.5mあたりとなり、洪水吐の高さ(574.8m)まで2.3mほどしかないことを示している。

同様に美和ダムでも水質調査基準点における堆砂面標高の変化を見てみると、小渋ダムに比べて年変化は顕著ではなく、2010年から790m前後で推移していた(データがないのは、無調査月や欠測年)[Fig. 10]. しかし、2019年台風19号で堆砂面が一気に2m以上も上昇していた。なお、美和ダム堤体における発電所水口の標高は790.0m、洪水吐の標高は799.5mである。堤体付近の堆砂面は2018年度の時点で既に790mを超えていることが分かっている。水質調査地点は堤体から250m付近にあるが、この間に標高の違いはほとんどない。堆砂面から洪水吐まであと8mほどしかない状況と思われる。

## 6. SBT運用の課題

SBTの不具合により、台風19号時におけるSBTによる排砂効率は小渋では2.8%、美和でも約7%(2019年度の堆砂量と台風時のSBT排砂量から類推)であった。流入土砂量の多い大きな出水時にこそ、高い排砂効率を発揮してほしいところだが、今回は本来のSBTの能力を活かすことができなかった。

問題の1つは、特に非洪水期においては貯水位の操作ルールにより、出水が起きてもSBTを含め放流が行えない状況があるということである。今回小渋ダムでは出水前に少雨が続いたため、貯水位が例年よ

りも低い状態であった。10月に入りダム操作上の非洪水期となり、常時満水位に向けて水位を回復させる必要があったと思われる。これまでも、冬や春に50-100m<sup>3</sup>/sの流入量となる出水は少なくないが、SBT放流が行われることはほとんどなく、出水の度に分派堰に堆砂が進み、貯水池へも土砂が流入している。

問題の2つ目は、洪水非洪水期に関わらず、例えば10年に一度やそれ以上の大きな出水では、SBT放流に治水上の制限がかかる、あるいはSBT放流能力が追い付かないといった限界が生じる可能性があるということである。今回美和ダムでは、急激な貯水位の上昇により、SBTを開始してからまもなく、SBTの越流堰を通して貯水池からSBTへ逆流する可能性が出てきたため、SBTを終了せざるを得なくなった。これは、SBTの位置や構造によるもので、美和ダムの特殊な事例かもしれない。しかし、大きな出水でダム下流の河川から放流制限の要請が出れば、ダム洪水吐とともにSBTの放流ができなくなることは十分に考えられる。また、SBTの計画流量(小渋:370m<sup>3</sup>/s、美和:300m<sup>3</sup>/s)に対して、これまでの実際の放流量は最大200m<sup>3</sup>/sくらいにとどまっている。したがって、流入量が200m<sup>3</sup>/sを超えればその分だけ、SBTが運用されても、貯水池への土砂流入は多くなる。貯水池堆砂の大部分は大きな出水時にもたらされる土砂である。大きな出水時にこそ如何にSBTによって効率よく排砂できるかを考えていく必要がある。

3つ目は、分派堰における堆砂、流木の集積、構造物は、想定していなかった水や土砂の流れをもたらす可能性があるということである。小渋ダムでは、以前から貯砂堰と分派堰が満砂に近く、土砂が分派堰を通過して貯水池へ流入しやすい状況になっている。分派堰における堆砂は、SBTの排砂効率を下げ大きな要因である。また、貯砂堰で捕捉するはずであった粗い礫や石もSBTに容易に流入するようにな



Fig. 11 Diversion weir and SBT inlet of Pfaffensprung Dam in Switzerland.



った。美和ダムは貯砂堰が満砂に近づきつつあり、分派堰池の上流にも礫が確認されるようになった。堆砂がこのまま進行すれば、小渋ダムのようになってしまう可能性がある。また、小渋ダムも美和ダムも、SBT呑口前の流木はねのところで、横向きの流れが発生していた。分派堰におけるこうした水の流れは、SBTの排砂効率を下げの一因になると考えられる。上流から来る水や土砂がまっすぐSBT呑口に流入する状態に戻す必要があると考えられる。分派堰における堆砂の問題は、SBTの放流が行えるかという前2つの問題とも密接に関係している。

ダムの機能を維持したままのSBTの運用には限界があるが、その中でも可能な限りSBTによる排砂効率を高めるための運用の考えが必要と思われる。特に大量の土砂が流入する大きな出水では、SBTをより積極的に使用する（できるだけSBTの開始を早め終了を遅らせる、SBT最大流量を上げるなど）、また治水・利水上の要求があってもSBTの最低限放流枠を確保する（例えば、流入 $200\text{m}^3/\text{s}$ を超える出水では、常に $50\text{--}100\text{m}^3/\text{s}$ は貯水の対象とせずにSBTを通した無効放流とみなすなど）策の検討が望まれる。また、排砂効率を高めるためには、分派堰池の中を絶えず土砂の空きがある状態にしておく必要がある。出水の度に土砂を掘削して除去するのは困難である。洪水非洪水期に関わらず、土砂が動く流量時（例えば $20\text{--}30\text{m}^3/\text{s}$ 以上）には一部の流量であっても常にSBT放流を行うなど、分派堰池に土砂が溜まり続けない策が必要である。状況はだいぶ異なるが、世界で最古のSBTの1つであるスイスのPfaffensprungダムでは、さほど大きな分派堰ではないものの、いつでもSBT放流が行える体制で[Fig. 11], 90%を超える排砂効率が報告されている (Albayrak et al., 2019)。

## 7. まとめ

2019年台風19号時における小渋と美和ダムにおけるSBTの運用、貯水池への土砂や流木の流入について報告した。小渋ダムでは非洪水期（常時満水期）で貯水位の回復が必要であったため、SBTの開始が遅れるとともに、SBT呑口の前面に堆積していた土砂により副ゲートが動かなくなり、SBTによる排砂がほとんど行えなかった。美和ダムでは出水初期からSBTが開始したが、貯水位の急激な上昇により洪水時満水位に近づいたため、構造上の問題でSBTを停止せざるを得なくなり、やはりSBTによる排砂がほとんど行われなかった。その結果、両ダムとも貯水池の堆砂が進行し、小渋ダムでは堤体における洪水

吐と堆砂面の標高差が残り $2.5\text{m}$ ほどになった可能性がある。ダムの機能を維持したままのSBTの運用には限界があると思われるが、排砂効率を高めるには、特に大きな出水時にはSBTの放流が優先され、SBTの放流枠を確保し、さらに、出水の大きさに関わらず、出水時には一定以上のSBT放流を絶えず行い分派堰内の空きを確保する策が望まれる。

## 謝 辞

調査をサポートしていただき、土砂、測量、水文データに関する資料を提供していただいた国土交通省中部地方整備局天竜川ダム統合管理事務所の方々ならびに、調査にご協力いただいた京都大学防災研究所水資源環境研究センター社会生態環境研究領域の学生の方々に感謝する。

## 参考文献

- 国土交通省天竜川ダム統合管理事務所 (2020) : 第7回小渋ダム土砂バイパストンネルモニタリング委員会説明資料, 国土交通省天竜川ダム統合管理事務所.
- 国土交通省中部地方整備局 (2019) : 美和ダム小渋ダム防災操作の効果【速報版(R1.10.15)】, 国土交通省中部地方整備局
- 高田翔也・角 哲也 (2018) : 既存ダム水理構造物の信頼性向上のためのリスク評価手法に関する研究, 土木学会論文集 B1(水工学) Vol.74, No.5, I\_1339-I\_1344.
- 高田翔也・角 哲也 (2019) : ダム常用洪水吐ゲートの機能低下に伴う洪水リスク評価に関する検討, 京都大学防災研究所年報, 第62号B, 671-678.
- Albayrak, I., Müller-Hagmann M. and Boes R.M. (2019): Efficiency evaluation of Swiss sediment bypass tunnels, Proceedings of the 3rd International Workshop on Sediment Bypass Tunnels, National Taiwan University.
- Auel, C., Kantoush, S.A. and Sumi, T. (2016): Positive effects of reservoir sedimentation management on reservoir life—examples from Japan, International Symposium on “Appropriate technology to ensure proper Development, Operation and Maintenance of Dams in Developing Countries”, Johannesburg, South Africa, 18 May 2016, SANCOLD, ISBN 978-0-620-71042-8.

(論文受理日 : 2020年8月31日)