

貯水池からの土砂供給について

（独）土木研究所 ○櫻井寿之・箱石憲昭

1. はじめに

堆砂対策はダム貯水池における古くからの課題である。また、近年では、ダム下流河川の河床環境の変化や海岸侵食などの問題から流砂の連続性を回復させることが求められている。これまでに、掘削（貯砂ダム）、浚渫、排砂設備、土砂バイパス、下流への置土等の対策が実施されてきており、一定の効果を発揮してきている。しかしながら、多くの貯水池に適用するためには、コスト的な課題や適用条件、土砂供給の量やタイミングなどの課題があると考えられる。

そこで、各方面で新しい土砂供給手法（排砂手法）の開発^{1), 2), 3)}が進められているが、これらの手法は現在のところ、実際の貯水池での実用化には至っていない。これには技術開発が成熟されていないことも一因ではあるが、貯水池上下流の関係者の土砂供給に関するコンセンサスの形成が難しいことも原因と考えられる。

そこで、本稿では、上述のような新しい土砂供給手法の利用も念頭に置いて、貯水池からの土砂供給のあり方について案を示す。大胆な仮定を用いているところもあり、ご意見、ご批判をいただけるとありがたい。

2. 貯水池の堆砂と土砂供給の現状

日本のダム貯水池では、通常 100 年間に貯まると推定される堆砂容量が確保されている。貯水容量 100 万 m^3 以上のダム貯水池における年間平均堆砂量は、データが少し古いが、約 2,000 万 m^3 （1996 年時点）であり、一ダム当たりの平均は約 3 万 m^3 である。しかし、例えば集水域に崩壊地の多い宇奈月ダムでは 140 万 m^3 /年の流入土砂量があり、地域や個々のダムの堆砂量のばらつきは大きい。堆砂の質については、数十の貯水池でボーリング調査が実施されており、その結果、礫・砂・シルト・粘土の構成比率が得られている。平均的にはシルト・粘土の割合が 50% 強であるが、その比率も貯水池毎にばらつきを有する。

現在、実施されている堆砂対策は、その目的から、流入土砂量の軽減と排出に分けられる。前者には治山・砂防事業、貯水池周辺法面の安定化、土砂バイパス等が挙げられ、後者には掘削・浚渫、土砂フラッシング、土砂スルーシング、濁水放流等が挙げられる。最も一般的な対策は掘削・浚渫であり、平均年間 390 万 m^3 （1988 年～1997 年）が採取されており、約 60% は有効利用（コンクリート骨材・盛土材）されている。

貯水池下流への土砂供給については、排砂設備を利用した土砂フラッシングが 2 例（出し平ダム、宇奈月ダム）、

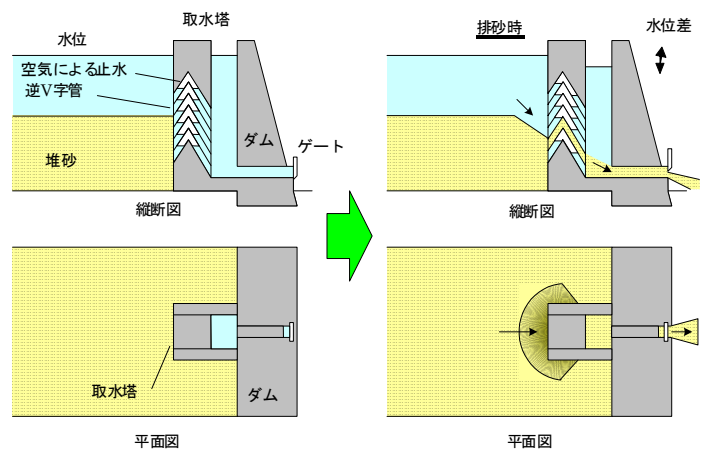


図-1 エアーバルブ排砂設備のイメージ

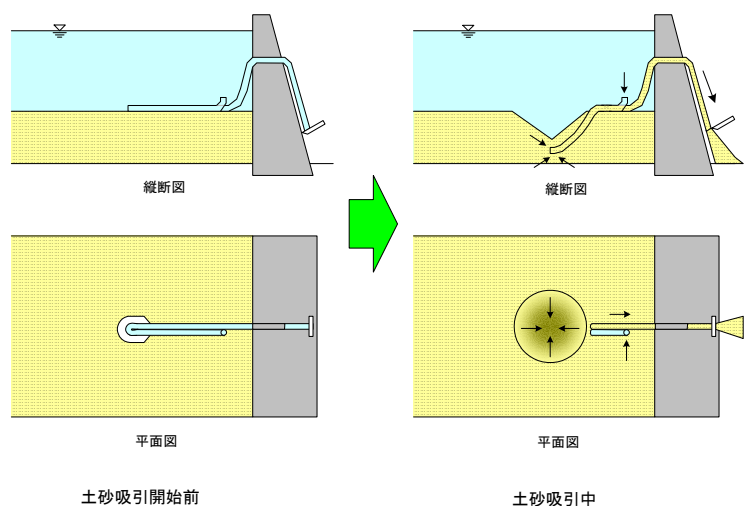


図-2 潜行吸引式排砂管のイメージ

土砂バイパスが 2 例（旭ダム、美和ダム、その他松川ダム、小渋ダムで建設中）ある。また、掘削・浚渫した土砂を貯水池下流河川に設置し（置土と称する）、出水やフラッシュ放流で流送させる試みの実施例が 30 弱ある。しかし、置土による土砂供給量は平均年堆砂量と比較すると 1～10% 程度と少ない事例が多い。

3. 新しい土砂供給手法の開発状況

現状で、最も広く用いられている土砂供給手法は置土であるが、土砂を設置する適地が無い、土砂の運搬コストが必要、下流の関係者との調整が困難等の課題がある。

そこで、新しい手法の開発が各方面で進められている。コストを小さくするために、ダム上下流の水位差のエネルギーを用いて土砂を吸引する手法が多く、吸引管を堆砂中に固定する手法や、浚渫に類似した方法で吸引管を

移動させる手法等がある。筆者らも「エアーバルブ排砂設備⁴⁾ (図-1 参照)」、「潜行吸引式排砂管⁵⁾ (図-2 参照)」の二つの手法の開発を試みている。

4. 土砂供給方法の案

上述の手法が実用化された場合には、下流の河川環境への影響を小さくするために、自然状態でも土砂輸送量が多くなる出水時に土砂供給することが必要と考えられる。そこで、その具体的な運用方法についての案を示す。なお、本稿では粘土・シルトといった微細粒子土砂について考察しておらず、今後の課題と認識している。

図-3 にダムがない場合のダム地点における砂礫の土砂流出のイメージを示す。ここで、洪水調節が必要となるような大規模出水時を想定している。実際には、流砂量と流量の相関は流域の状況で変化したり、洪水の立ち上がりと低減期で異なったりする場合もあるが、概ね流入ハイドロと相関があるものと仮定した。土砂供給施設を有しないダム（多目的ダムを想定）がある場合には、砂礫はほぼ 100%貯水池に捕捉される（図-4）。また、ダム地点の流量ハイドロが洪水調節によって変化する。図-4 では例として「定率-定量」の洪水調節操作をイメージしているが、ハイドロの変化は洪水調節方法によって異なる。また、実際のピーク流量の減少の度合いについては、ダムによるばらつきが大きい⁶⁾。

ここで、土砂供給のひとつの目安として、ダムがない場合の流量と流砂量の関係をダムがある場合の放流量にあてはめて、ダムからの土砂供給量を決定する方法を提案する（図-5）。この方法によって、ダム直下流では、ダムがない状態の流量と流砂量の関係が保たれ、下流の河床環境が、ダムがない場合に近づくと考えられる。

堆砂問題を解決し貯水池を持続的に利用するためには土砂の流入量と放流量を長期的にバランスさせる必要がある。1 回の出水でみた場合には、図-3 の下図と図-5 の流砂量の積算量が等しければバランスがとれることになるが、一般的に流砂量は流量のべき乗（係数は 1 以上）に比例するため、図-5 の積算量の方が小さくなり、その差は、洪水調節量が大きくなるほど増加する。長期的な土砂の収支としては、流況の平滑化の度合いが大きいダムほど、流入土砂量が放流土砂量を上回る出水の頻度が多くなり、排出されずに貯水池に捕捉される土砂が増加する。

また、下流河川の流下能力等の治水上の問題や、漁業等の社会的な状況、生態系や環境上の制約などから、土砂の供給量が制限される場合も考えられる。

上述のような理由から生じる貯水池への堆積土砂については、貯水池の計画堆砂容量内での存置、有効利用、土捨て場等への処理が別途必要になる。

下流河川の様々な条件が許容されれば、大規模出水時の堆砂量を中小出水時に流入量以上の土砂を放流することで減少させることが可能と考えられる。これには将来

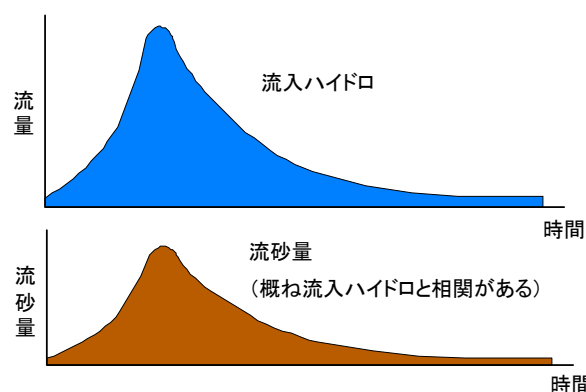


図-3 ダムがない場合のダム地点の砂礫の出水時土砂流出

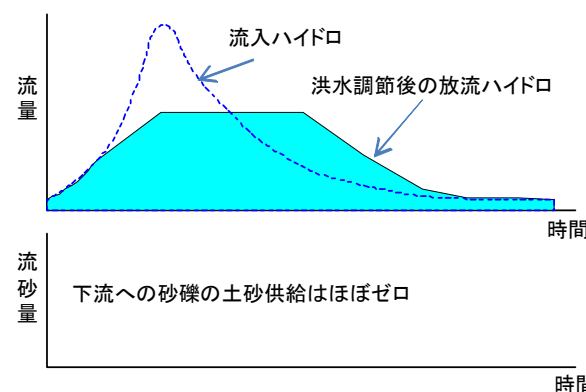


図-2 ダムがある場合のダム地点の砂礫の出水時土砂流出

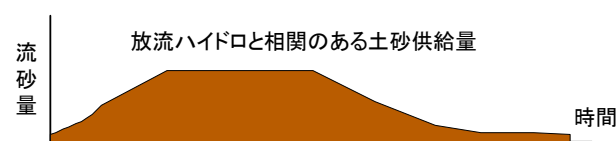


図-3 ダムからの土砂供給の目安のイメージ

予測に基づく影響評価が必要であり、予測手法の精度向上や合理的な評価方法の確立が重要になると考えられる。

参考文献

- 1) 橋下徹：ダムや堰などの貯水池に堆積した土砂を排出する Hydro 技術，大ダム，No. 183，pp. 85-88，2003.
- 2) 岡野真久，俣野文孝，関本恒治，片山祐之：マルチホールサクション排砂管の水理特性に関する実験的研究，水工学論文集，第 48 巻，pp. 1393-1398，2004.
- 3) 兵頭武志，佐藤敏次，佐々木昭，Tri Rohadi Dip. HE：ウォノギリダム貯水池堆砂における水位差を利用した排砂システムの実験的研究，大ダム，No. 203，pp. 48-50，2008.
- 4) 櫻井寿之，泉谷隆志，箱石憲昭：エアーバルブ排砂設備の排砂特性，ダム技術，No. 263，pp. 64-76，2008.
- 5) 櫻井寿之，箱石憲昭：貯水池排砂のための潜行式吸引排砂管の開発，河川技術論文集，Vol. 15，pp. 441-446，2009.
- 6) 国土技術政策総合研究所資料，第 521 号，p. 3-3～3-8，2009.