

### 堆砂対策と流砂の連続性を達成するための土砂供給施設の運用に関する考察

(独) 土木研究所 正会員 ○櫻井 寿之  
(独) 土木研究所 正会員 箱石 憲昭

1. はじめに： 堆砂対策は従来からのダム貯水池における課題である。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)の開発が進められており、筆者らも二つの手法の開発を行っている<sup>1),2)</sup>。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。

そこで、本稿では、上述のような新しい土砂供給手法を用いた施設の実用化に向けて、施設を計画・設計・運用していくためのひとつの考え方を示し、施設規模の把握を試みた結果を報告する。

なお、検討においては、河川を通過する土砂のうち巨礫やシルト・粘土を除いた砂礫を対象とした。今後、今回対象としていない土砂についても別途検討したい。今回の検討には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. 土砂供給の概念： 図-1 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、洪水の立ち上がりや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-2)。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-2 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割合については、ダムによるばらつきが大きい<sup>3)</sup>。

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-3)。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-1 の下図と図-3 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)

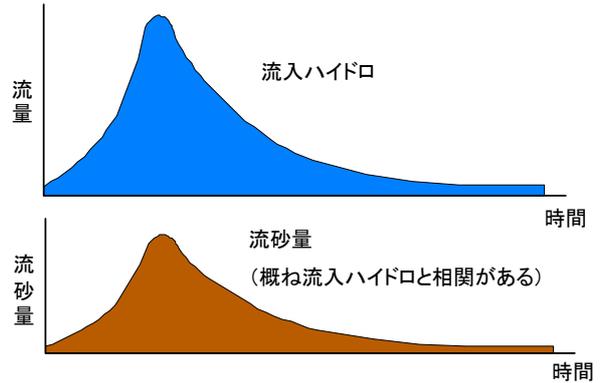


図-1 ダムがない場合の出水時のダム地点の砂礫の土砂流出

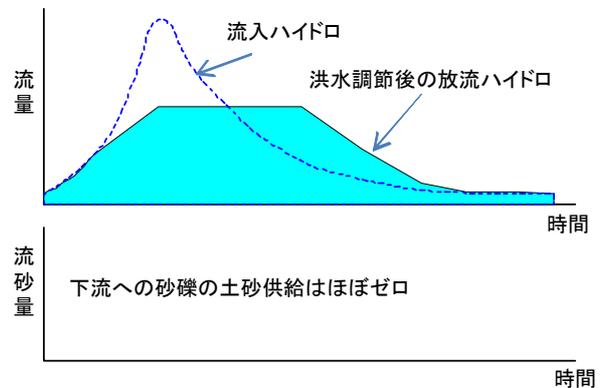


図-2 ダムがある場合の出水時のダム地点の砂礫の土砂流出

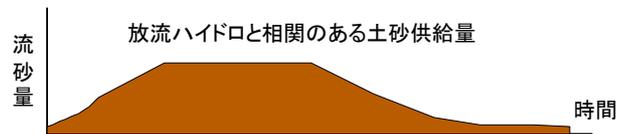


図-3 ダムからの土砂供給の目安のイメージ

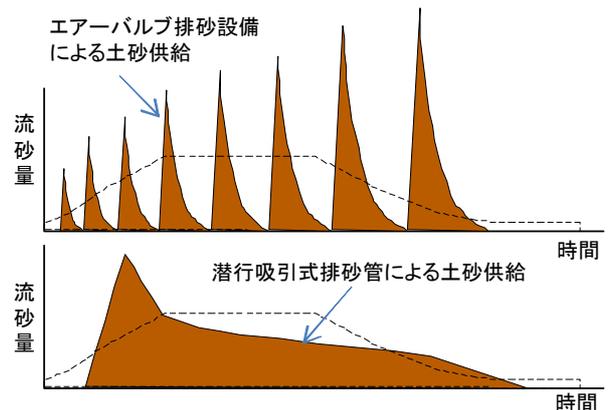


図-4 新しい土砂供給施設による土砂供給のイメージ

に比例するため、図-3 の積算量の方が小さくなり、その割合は、洪水調節量が大きくなるほど大きくなる。長期的な土砂の収支としては、流況の平滑化の割合が大きいダムほど、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、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の問題や、漁業

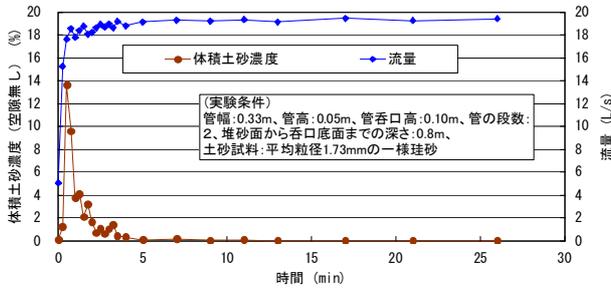


図-5 エアーバルブ排砂設備の実験結果

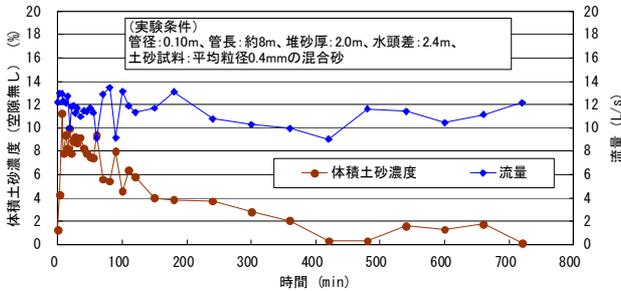


図-6 潜行吸引式排砂管の実験結果

表-1 施設諸元の試算結果

共通事項		潜行吸引式排砂管	
項目	値	項目	値
空隙率	0.4	施設数	2施設
砂礫の水中安息角	30°	管径	0.6m
エアーバルブ排砂設備		放流量(1施設)	0.85m <sup>3</sup> /s
管幅	6.6m	放流量(合計)	1.70m <sup>3</sup> /s
管高	1.0m	管内流速	3m/s
管呑口高	2.0m	平均放流土砂体積濃	3%
管の段数	10段	排砂時間	16.4時間
放流量	30m <sup>3</sup> /s	排砂量(空隙無し)	6,000m <sup>3</sup>
排砂量(空隙無し)	30m <sup>3</sup> /s	排砂量(空隙有り)	10,000m <sup>3</sup>
排砂量(空隙有り)	12,600m <sup>3</sup>	排砂すり鉢形状の深さ	11.7m
排砂すり鉢形状の深さ	20.0m	排砂すり鉢形状の直径	40.5m × 2ヶ所
排砂すり鉢形状の直径	69.3m	管長	100m
		損失係数	0.25
		必要な水頭差	12.5m

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保管、有効利用、土捨て場等への処理が別途必要になる。

下流河川の条件が許されれば、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を検討できるかもしれない。これには将来予測や影響評価が必要であり、これらの手法の精度向上が重要になると考えられる。

**3. 土砂供給施設の土砂供給特性：** 筆者らが開発を行っている二つの土砂供給手法について、現状では室内実験から得られた情報ではあるが、土砂供給特性の概略を以下に示す。

①エアーバルブ排砂設備<sup>1)</sup>

概要： 逆V字形状のサイフォン管を水深方向に連続して配置し、排砂に伴う堆砂面の低下に追従した呑口から土砂を吸引する。排砂後の形状はダム堤体に設置した場合は半すり鉢形状となる。

土砂供給特性： 実験結果の一例を図-5に示す。高濃度の土砂が短時間に放流される。土砂濃度のピーク値と土砂放流に要する時間は、流量と排砂を実施する管の堆砂面からの深さに関係する。

②潜行吸引式排砂管<sup>2)</sup>

概要： 柔軟性を有する管をU字形状として上流端を取水口とし、湾曲部にシートと土砂の吸引口を設置したもの。吸引管は最初に堆積土砂の表面に設置され、土砂を吸引し徐々に土砂中に潜行する。

土砂供給特性： 実験結果の一例を図-6に示す。エアーバルブと比較すると濃度の変化は小さく、ある程度安定した濃度で土砂を放流する。

**4. 土砂供給施設の運用方法の提案と試算：** 図-3に示した土砂供給を上述した二つの手法で行うことを考えると、両手法とも流砂量ハイドロを時々刻々高い精度で制御することは困難であるが、最終的な排砂量を目標の土砂供給とある程度近似させたタイミングで放流することは可能と考えられる。また、出水の途中ではオペレーターに出水全期間において最終的に排砂すべき量はわからない。そこで、以下のような運用方法を提案する。

①エアーバルブ排砂設備の場合

ある時刻までの放流量ハイドログラフからその時刻での排砂目標量を設定し、その時刻以前に排砂した量とその時点で通水している管の一つ下の管に切り替えたと仮定した場合の排砂量を加えた量とその時刻の排砂目標量を比較して、排砂目標量が上回っている場合にはサイフォン管の切り替えを行い、下回っている場合には待機する。

②潜行吸引式排砂管の場合

ある時刻までの放流量ハイドログラフからその時刻での排砂目標量を設定し、その時刻以前に排砂した量との差が許容値（流入土砂量を考慮してダム毎に設定、例えば100m<sup>3</sup>等）を超えていなければ排砂継続（又は開始・再開）、超えていれば排砂停止。

排砂目標量は、既往の堆砂データ等の検討により、流入量と流入土砂量の関係式を作成し、当該時刻までの放流ハイドロに適用して算出する。なお、過去の出水データから、出水の低減ハイドロが精度よく推定できる場合には、その時刻での予測低減ハイドロについても排砂目標量に加えてもよいと考える。

施設規模の試算として、小規模貯水池を想定して大規模出水時に1万m<sup>3</sup>程度の砂礫を供給することを考える。実験結果を参考に試算した施設諸元の結果を表-1に示す。ここで、エアーバルブについては、管高を1mとして既往モデル実験の諸元を用いた。潜行吸引式排砂管については、実現性から管径を0.6mとして、2施設での排砂とした。両者ともある程度実現可能性のある規模になっているが、土砂濃度や損失係数などは今後、更に精査したい。

参考文献

1) 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.  
 2) 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.  
 3) 国土技術政策総合研究所資料，第521号，p. 3-3~3-8, 2009.