

貯水池の長寿命化のための堆砂対策技術の開発

箱石憲昭* 櫻井寿之**

1. はじめに

河川に設置されたダムは、流入してくる水とともに土砂をも貯留する。現在、我が国のダムにおいては、洪水調節や利水のために必要な貯水容量とは別に、100年分の堆砂量を見込んで堆砂容量を確保している。これは、計画通りに堆砂が進行した場合、100年後までダムの目的に必要な貯水容量が確保されることを意味する。とはいえ、ずっと土砂を貯め続ければ、ゆくゆくは貯水池の機能に影響を及ぼすことは明白である。

治水・利水の安全度が低い地域がまだ多く存在し、さらに気候変動による安全度の低下が懸念されるなど、ダムによる流水の調節の必要性は高いと考えられるが、新規ダムの建設は困難な社会情勢となっており、貯水池の長寿命化と有効利用がますます求められる状況にある。

本稿では、貯水池の堆砂の現状とこれまで行われている堆砂対策について触れつつ、土木研究所で開発を進めている、貯水池の長寿命化とともにダム下流河川環境の保全・改善にも貢献する堆砂対策技術について紹介する。

2. 貯水池の堆砂状況

平成17年度に実施された974ダムの貯水池堆砂状況調査を国土交通省がまとめた結果¹⁾によれば、総貯水容量（有効貯水容量+堆砂容量）に対する実績堆砂量は、全体の平均で8%となっており、国土交通省所管（直轄・水機構・都道府県管理）の411ダムでは平均で約6%、発電専用の328ダムでは平均で12%となっている。また地域によって堆砂の状況は大きく異なっており、中部地方の発電専用ダムの平均32%が最も大きく、沖縄の国土交通省所管ダムでは平均1%と最も小さい。国土交通省直轄及び水資源機構が管理する102ダムを見ると、ダム毎にバラツキはあるものの、平均的に見ると概ね計画で見込んだ範囲で堆砂が進行

している。実績堆砂量が計画堆砂量を超えているダムは6ダムあり、そのすべてにおいて堆砂除去工事を実施中である。

3. これまでの貯水池堆砂対策

3.1 貯砂ダムの設置及び掘削・しゅんせつ

貯砂ダムを貯水池の上流端付近に設置し、そこに堆積する土砂を掘削・除去するもので、計画を超える堆砂の進行が見られるダムで最初に検討・実施される対策である。貯砂ダムにおける掘削のほか、貯水位が低下したときに現れてくる堆砂を掘削したり、水中の堆砂をしゅんせつしているダムも多い。掘削した土砂は、コンクリート骨材や盛土材として有効利用される例が多い。近年は、河川環境の保全・改善を図ることを目指して、掘削した土砂をダム下流の河川に置土し、出水時に流出させて下流河川に土砂供給する事例が増えてきている。平成10年頃は数ダムで実施されていたのみであるが、平成20年時点では約30のダムで実施されている。置土の規模は数百 m^3 から数千 m^3 と比較的小規模なものが多いが、中には10万 m^3 を超える置土を実施している事例も出てきている。

3.2 土砂バイパス

貯水池の上流に分派施設を設置し、洪水時の土砂を含む流れの一部を、トンネルによってダム



写真-1 美和ダムと土砂バイパス吐口

の下流にバイパスさせる施設である。洪水を貯留することが必要となるダムでは、洪水時に流入する土砂の全量をバイパスすることはできず、バイパス可能量は洪水調節、利水容量の回復、発電といった貯水池運用の制約を受ける。

我が国では、1900年に建設された日本最古の重力式コンクリートダムである布引ダム(神戸市水道局)において、完成後に一気に堆砂が進んだことから8年後にバイパストンネルが設置されている。旭ダム(関西電力)では、堆砂量の増大と洪水後の濁水長期化に対応するため、1998年から土砂バイパスが運用され、美和ダム(国土交通省)では、再開発事業の一環として2005年から運用されている(写真-1)。

3.3 排砂設備

ダムの堤体の低標高部に排砂設備を設置し、貯水池の堆砂をダム下流に放流するものである。

写真-2の宇奈月ダム(国土交通省)の事例のように、貯水池全体の堆砂を動かして排砂設備から放流するためには、貯水位を完全に低下させて河川に近い状態にして、流速を土砂が動く程度以上に高めなければならない。貯水位を低下させずに排砂設備のゲートを開いても、呑口から少し離れると流速が極端に低下するため、呑口周辺の土砂しか放流されない。このため、洪水を貯留し貯水位を上昇させている状態で土砂を放流することはできない。また、常時貯留するダムでは、排砂操作終了後の貯水位回復のために十分な流入量が必要となり、適用できるダムは限られることとなる。

我が国では、黒部川水系の出し平ダム(関西電力)と宇奈月ダムで連携排砂が行われている。黒



写真-2 宇奈月ダムにおける排砂状況²⁾(上流から)

部川においては、前年に堆積した土砂を放流する場合を「排砂」、出水時に流入する土砂をそのまま通過させる場合を「通砂」と呼んでいる。黒部川は、流域からの発生土砂量が非常に多いが、上流域の年間降水量は全国平均の2倍以上あって豊かな水量に恵まれており、排砂・通砂後の貯水位回復が容易であることから、貯水位低下を伴う排砂設備による堆砂対策が可能となっている。

4. 土木研究所が開発している堆砂対策技術

4.1 基本的な考え方

既に実用化されている土砂バイパスや排砂設備は、洪水調節や利水容量の回復といった貯水池運用の制約を受けるとともに、一般に大規模な施設となり、建設及び維持管理に多額の費用を要する。そこで、土木研究所では、貯水位を低下させず、ダムの上下流の水位差のエネルギーを活用して、無動力で洪水中に堆砂を吸引・放流する技術を開発している。その際、堆砂を掘削して設置するタイプでは据付工事に手間がかかると考え、堆砂の表面に排砂管を置くことを基本とした。

河川においては、出水時に流量に見合った量の土砂が流下している。ダム下流の河川環境の保全を考えると、出水時にダムからの放流量に見合った量と粒度分布の土砂を下流に供給することが望ましいと考えられ、これに対応できる施設を目指すこととした。

4.2 吸引排砂技術の開発

先に述べたような基本的考え方のもと、堆砂を吸引する部分について、水理模型実験による様々な試行錯誤により開発を進めてきた。これまでに、U字形に折り返したフレキシブル管の一方を取水口とする「潜行吸引式排砂管」(写真-3)を



写真-3 潜行吸引式排砂管模型

提案している。

4.3 潜行吸引式排砂管

取水口から流入した水が管内を流れていく際、管内の圧力は周辺より低くなり、管に開けられた穴から水と土砂を吸引する。土砂を吸引する折り返し部には底面に穴を開けるとともに水密シートを設置し、先に述べた圧力差によって堆砂面に張り付け、確実に土砂を吸引する。また、フレキシブル管とすることで土砂吸引に伴う堆砂形状の変化に追随するようにしている。

潜行吸引式排砂管の操作イメージを図-1 に示す。堆砂の表面に排砂管を設置しゲートを開ける



写真-4 潜行吸引式排砂管の現地実験状況
(上段：吸引部、中段：排砂管設置状況、
下段：下流排砂状況)

と、土砂が吸引され堆砂形状はすり鉢状となっていく。土砂を吸引する折り返し部に向かってすり鉢状に崩落してくる土砂により、折り返し部は堆砂の中に潜っていき底面に達する。それ以降は折り返し部側面と上流管底面にも設置された穴から土砂を吸引し続け、最終的には堆砂から露出した状態で土砂吸引終了となる。折り返したフレキシブル管の先端を取水口としているのは、折り返し部が堆砂に潜っている状態でも取水口が埋没しないよう配慮したものである。

この形状について、排砂管径 60mm、100mm、200mm の模型を用いて、土砂吸引特性の調査を行っており、これまでに、粘着性のない砂礫について吸引・排砂が十分可能であることが確認されている^{3),4),5)}。

また、京都大学穂高砂防観測所の施設において、径 200mm の排砂管を用いた現地実験を行っている。実験状況を写真-4 に示す。一番上の写真が吸引部である。鉄製として重りを付加することにより、シートを省略している。

現時点で想定している理想的な運用方法を図-2 に示す。まず、非洪水期に貯水池上流の堆砂をしゅんせつし、ダム堤体近くに運搬する。洪水期前に、運搬した堆砂の上に潜行吸引式排砂管を設置し、出水時にダムからの放流量に応じた量の土砂を吸引・放流する。非洪水期になったら、排砂管を撤去しメンテナンスを行う。排砂管を複数系統設置できれば、貯水池の上流ほど粒径の粗い土砂が堆積することを活用し、粒径別に分けて運搬し、それぞれの排砂管で吸引・放流する。これにより、放流する土砂の粒径分布をある程度コントロールできるようになり、より自然の洪水に近い形態での土砂供給が可能となる。

4.4 潜行吸引式排砂管の課題

堆砂の吸引にあたっては、堆砂の中に含まれる流木や塵芥の扱いが大きな課題である。潜行吸引式排砂管においてもその対策を検討中であるが、十分効果的な対応策は見いだせていない。また、粘着性のある粘土・シルトを含む土砂への対応、砂礫層の間に固結した粘土・シルト層が挟まれている場合の対応も今後の検討課題となっている。実用化に向けて、室内実験による対応策の検討とともに現地での実証実験が必要と考えている。図-2 に示すような運用を行えば、一旦しゅんせつ

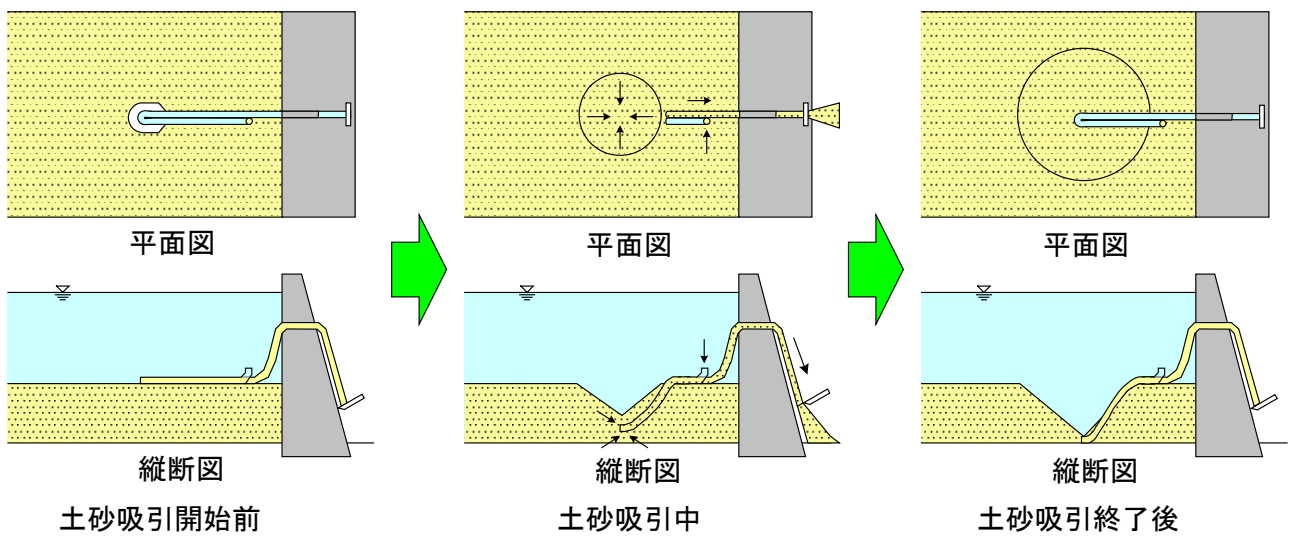


図-1 潜行吸引式排砂管の操作イメージ

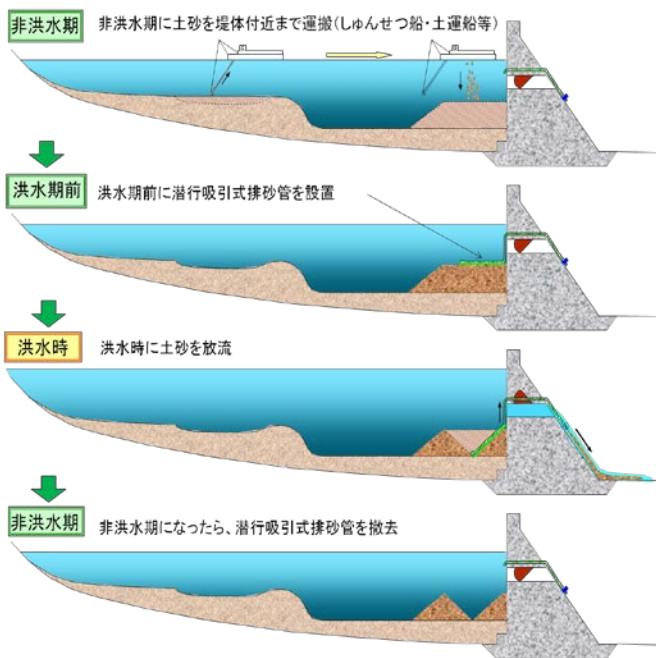


図-2 潜行吸引式排砂管の運用イメージ

して運搬することにより、多くの塵芥や流木は取り除かれることとなり、排砂管吸引部の閉塞のリスクは大きく減少すると考えられる。また、固結した粘土・シルト層はしゅんせつ時に粉碎され、砂礫と分離されることから、確実に吸引可能な砂礫のみを吸引対象とすることが可能となる。一方でしゅんせつ・運搬のコストがかさむこととなるため、より低コストなしゅんせつ・湖内輸送技術の開発も求められている。

5. おわりに

貯水池の堆砂問題は、現在顕在化していないダ

ムにおいても、必ず直面する課題であり、堆砂対策は貯水池の長寿命化に欠かせない要因である。潜行吸引式排砂管は、ダム下流環境の保全・改善に貢献できる低コストな堆砂対策技術であり、さらなる改良と現地実証試験を進め、実用化していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局ホームページ。
- 2) 国土交通省黒部河川事務所ホームページ
- 3) 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。
- 4) 櫻井寿之、箱石憲昭：大規模実験による潜行吸引式排砂管の開発、河川技術論文集、Vol.17、pp.311~316、2011
- 5) 櫻井寿之、箱石憲昭：管径200mmの潜行吸引式排砂管を用いた排砂実験、土木学会第67回年次学術講演会、Ⅱ、pp.67~68、2012。

箱石憲昭*



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所水工研究グループ 水理チーム
上席研究員
Noriaki HAKOISHI

櫻井寿之**



独立行政法人土木研究所
つくば中央研究所水工研究グループ 水理チーム
主任研究員
Toshiyuki SAKURAI