

# ダムの長寿命化、機能回復に向けた堆砂対策技術 ～ダムを「永く使う」ための技術の開発・導入に向けて～

佐々木一英

## 1. はじめに

これまでダムは、治水・利水の課題に対処するために河川の特성에応じて整備してきている。しかしながら、治水・利水の安全度が低い地域がいまだ多く存在し、さらに気候変動の影響が顕在化しつつある中、ダムによる流水の調節の必要性が高い流域は多いと考えられるが、新規ダムの建設は容易ではない。一方、我が国の厳しい財政状況や生産年齢人口の減少などの状況下では、トータルコストを縮減しつつ、既存ストックの有効活用を図りながら、生産性を向上させていくことが重要となってきている。このような認識のもと、ダムの堤体は適切に施工、維持管理されれば、半永久的に健全であることが期待できることや、ダムは、運用の変更や施設の改良によって、外力の増大に的確に対応する可能性を有していることから、既設ダムを長期にわたり有効にかつ持続的に活用していく必要性が増してきていると言える。

堆砂に着目すると、計画上は、原則100年後まで、ダムの目的に必要な貯水容量を確保するために堆砂容量が確保されている。しかしながら、実際には、既に計画堆砂量を上回る堆砂が進行しているダムがあること、さらには、そもそも河川に設置されたダムは大規模な河川横断工作物であることから、土砂が堆積することは避けられないものであり、ゆくゆくは貯水池の機能に影響を及ぼすことも想定される。

このような中、国土交通省では既設ダムを有効活用し「ダム再生」を推進する方策を示した「ダム再生ビジョン」が平成29年6月に公表され、「ダム再生の発展・加速に向けた方策」の「ダムの長寿命化」などに堆砂対策の必要性が掲げられた<sup>1)</sup>。既設ダムを半永久的に活用する方策として、既往の堆砂対策技術等を大きく発展させていく必要性が増してきており、本稿では今後の堆砂対策技術の展望を示す。

## 2. 現在の堆砂対策の考え方と堆砂状況

ダムは大規模な河川横断工作物であり、ダムに土砂が堆積することは避けられないことから、堆砂容量として、原則、100年間で堆積すると見込まれる容量を確保している。さらに、ダムの有する洪水調節機能に支障が生じないように、貯水池内に堆積した又は流入する土砂については、可能な範囲で土砂の排除等を行うこととしている。しかしながら、現在のダム貯水池における堆砂状況について、平成29年7月時点で国土交通省が所管する558ダムの多くは堆砂容量については長期的には概ね計画どおりに堆砂が進行しているが、記録的な大雨により大量の土砂が流入し堆砂量が増えるなど、既に44ダムでは計画堆砂量を超過する状況となっており、堆砂対策の実施若しくは検討を進めている。また、今後とも各地で記録的な大雨は発生するものと考えられ、問題が顕在化するダムが増加すると予想される。

現在、堆砂対策は、貯水池容量や取水・放流機能の保持、貯水池上流端部の堆砂に起因する浸水対策等を目的に、堆積土砂の掘削・浚渫、貯砂ダムの設置、排砂バイパス、排砂ゲートの設置等を組み合わせて実施されている<sup>2)</sup>。排砂ゲートが設置されていないダムにおいては、堆砂対策によるイニシャルコストまたはランニングコストが大きくなることから、より効果的・効率的な対策技術の開発が望まれる。

## 3. 既往の主な堆砂対策技術と新技術

表-1に既往の主な堆砂対策技術等の特徴を示すとともに、以下で各技術について詳述する<sup>3)</sup>。

### 3.1 貯砂ダムの設置及び掘削・浚渫

貯砂ダムは貯水池の上流端付近に設置し、土砂の流入を抑制する施設であり、掘削・浚渫は堆積する土砂を除去する取組である。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

表-1 主な堆砂対策技術等の特徴

対策手法		貯砂ダム	排砂バイパス	排砂ゲート	掘削・浚渫	吸引排砂
対策形態		土砂の流入を抑制	貯水池に堆積させずに通過	貯水池に堆積した土砂を排除		
日本での現場適用		済	済	済		未(検証中)
経済性	イニシャルコスト	小～中	大	中	小	小～中
	ランニングコスト	中	小～中	小～中	大	小～中
特性	対策量(実績)	1～5万m <sup>3</sup> /年	30万～40万m <sup>3</sup> /年	29万m <sup>3</sup> /年	1～30万m <sup>3</sup> /年	24万m <sup>3</sup> /年(年換算) <sup>※</sup>
	対象粒径	砂、礫中心	シルト粘土～礫	シルト粘土～礫	シルト粘土～礫	シルト粘土～礫 <sup>※</sup>
	輸送距離	なし	貯水池区間 (トンネル勾配等が制約)	貯水池区間	自在	約200m <sup>※</sup>
	有利な現場条件	対策土砂量が少ない	対策土砂量が多い 流入水量が多い	対策土砂量が多い 流入水量が多い	対策土砂量が少ない	堤体等付近に土砂が存在 比較的流入水量が多い

<sup>※</sup> 海外における実績 参考文献(4,5)

り、水中の堆砂を浚渫しているダムも多い。近年は、河川環境の保全・改善を図ることを目指し、掘削土砂をダム下流河川に置土し、出水時に流出させて土砂供給する事例が増えており、長安口ダムでは最大で年間30万m<sup>3</sup>程度の置土を実施している。

### 3.2 排砂バイパス

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の下流にバイパスさせる施設である。洪水を貯留する目的があるダムでは、全量バイパスさせることはできず、バイパス可能量は貯水池運用計画の制約を受ける。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ため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年からウォッシュロードを対象として試験運用されている。さらに、2016年に松川ダム(長野県)、小渋ダム(国土交通省)でも堆砂量の増大へ対応するため、トンネルが完成し、試験運用されている。

### 3.3 排砂ゲート

ダムの堤体の低標高部に排砂設備を設置し、排砂設備のゲートを開けて貯水位を低下させ、貯水池内を河川に近い状態(流速を土砂が動く程度以上に高めた状態)にして貯水池全体の堆砂を動かし、ダム下流に土砂を放流するものである。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、貯水位が高い状態では土砂を放流できない特性が

ある。また、常時水を貯留するダムでは、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、利水容量の回復といった貯水池運用の制約を受けるため適用できるダムは限られる。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(国土交通省)で、耳川水系の山須原ダム、西郷ダム、大内原ダム(いずれも九州電力)で連携して排砂(通砂)が行われている。

### 3.4 吸引排砂(新技術)

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、無動力で堆砂を吸引し下流へ放流する新技術である。掘削・浚渫は、コスト、労力、時間が多くかかる。また、排砂バイパスや排砂ゲートは、貯水池運用の制約を受けるとや、特に、排砂バイパスは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。吸引排砂は、これらの点を解消できる技術として期待されているとともに、排砂ゲートが設置されていないダムにおいても貯水池内に堆砂した土砂を排除することができる。現在、官民間問わず、開発がすすめられており、海外のグアテマラでは、平水時に水位差約15m、管長約200mにより、最大粒径が240mm、粘性を多く含む12万m<sup>3</sup>の土砂を半年間でダム下流へ排出した実績が報告されている(4),5),6),7)。一方、我が国ではわずかなダムで対策技術の候補として検討の俎上に挙がるものの、実用段階に達していない。

土木研究所でも堆砂の表面に吸引管(潜行吸引式排砂管)を置き、図-1に示すイメージで洪水時の排砂を基本として技術開発をしている<sup>7)</sup>。洪水中に運用できれば、貯水池の堆砂対策と併せて、ダム下流への環境負荷も低減できるメリットを有する技術となる。現地実験も重ね、巨石、塵芥や

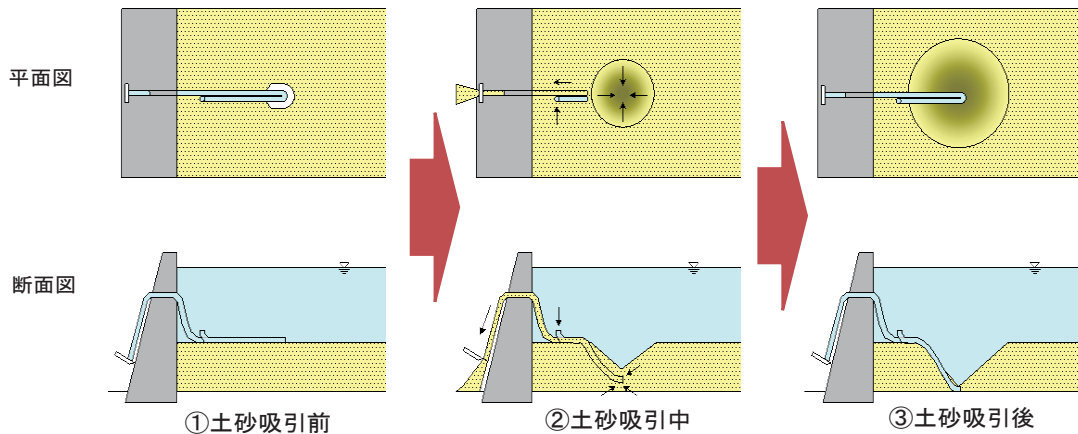


図-1 潜行吸引式排砂管の操作イメージ

粘土等をほぼ含まない概ね0.1mmから150mmまでの土砂は小規模落差でも排砂可能となっている。現在、堆砂中の巨石、塵芥や粘土等を含む土砂には、他の技術を併用した現場適用性の高い技術としていく予定であり、実用段階の技術検証等を検討している。

#### 4. 長期的な堆砂対策の構築に向けて

今後の堆砂対策は、「ダム再生ビジョン」に沿った考え方に基づいて、トータルコストを抑制しつつ、既に実施している堆砂対策と併せて、吸引排砂技術に代表される新技術を積極的に導入し、ダム毎の流域特性や課題に応じて、より効果的・効率的で、長期的な仕組みとしていくことが求められる。堆砂対策を積極的に検討しているダムでは、従来技術に加えて新技術も上手に組み合わせ、より合理的な堆砂対策の実現に向けて検討を進めているケースもある。今後、このような取組が多くのダムで展開されていくことが望まれる。一方で、ダム毎に上流の地形、地質等は異なり、堆砂の量や質（粒径）等は様々となる。このため、ダム毎に効率的・効果的となる最適技術を模索、選択していく必要があり、従来技術の単純な適用だけではなく、新技術の積極的な開発・導入が求められてくると考えている。土木研究所には、全国の技術情報が集約される体制が整っており、併せて吸引排砂技術に代表される新技術や堆砂対策の運用等に係る研究開発を実施している。このことから、ダムを「永く使う」ことを目指した長期的な堆砂対策の構築に向けて、ダム管理者におかれは、土木研究所と連携し、積極的に新技術の研

究開発に参加していただくとともに、現場へ導入していただきたいと考えている。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局：ダム再生ビジョン、平成29年6月
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局ホームページ
- 3) 箱石憲昭、櫻井寿之：貯水池の長寿命化のための堆砂対策技術の開発、土木技術資料、第55巻、第1号、pp.28～31、2013
- 4) Tom JACOBSEN、Alberto JIMENEZ：マニホールド吸引工法による粘性土の浚渫グアテマラのエルクナダ貯水池、ダム工学、Vol.24、No.2、pp.129～132、2014
- 5) Alberto JIMENEZ, Raul FIGUEROA, Tom JACOBSEN: Dredging of cohesive sediments with SediCon Dredge in El Canada hydropower plant in Guatemala, 25<sup>th</sup> INTERNATIONAL CONGRESS ON LARGE DAMS, Norway, Q99, 2015
- 6) 前田修一、多田康一郎、庄路友紀子：ダム堆砂土の吸引・下流供給技術としての鉛直二重管吸引工法の開発、電力土木、No.371、pp.54～58、2014
- 7) 宮川仁、宮脇千晴、石神孝之：自然エネルギーを活用したダムからの土砂供給技術の開発～潜行吸引式排砂管の現場適用に向けた検討～、土木技術資料、第58巻、第10号、pp.22～25、2016

佐々木一英



土木研究所水工研究グループ長  
Kazuhide SASAKI