

## 「ダム堆砂の有効活用に関する事例研究」

ダム工学会 維持管理研究部会

### (1) はじめに

昨年の台風19号をはじめとして、近年全国各地で水害や土砂災害が頻発している。気候変動に伴う温暖化により洪水リスクや土砂災害リスクは今後も増加すると考えられる。このような状況の中、既存ダムの活用を考えると、ダム貯水池の持続的な運用がさらに重要となり、長寿命化のための堆砂対策を一層推進していく必要があると考えられる。

本研究は、「持続的な対応を目指して」ダムの堆砂の有効活用の推進を目的として、現況の分析、課題の抽出、方策の提言を行うものである。

### (2) 堆砂の有効活用の実態

#### 1) 堆砂計画と堆砂現象の概要

ダムは、通常100年分の堆砂を堆砂容量として見込んで計画されている。しかし、予想を上回る堆砂が進むダムや50年分程度の堆砂容量しか計画されていないダムもあり、こうしたダムでは堆砂対策が進められ、堆砂の有効活用も図られてきた。

流入土砂が貯水池のどこに堆砂するかは、土砂の質と量、および貯水池運用実態によって異なる(図-1参照)とともに、堆砂対策については、ダムの利用面からは、以下のように分類される。

◆発電や用水の取水：取水口付近に堆砂すると水利用に大きな影響を与える。このため、取水口に土砂が流入しないように、土砂吐きを設けたり、取水口回りを浚渫する対策が取られている。

◆治水：治水容量内(図-2参照)の堆砂が進むと、洪水調節に影響を及ぼす等の支障が発生する。計画の2割程度増の治水容量を確保するダムも多いが、堆砂が進むダムでは、掘削などの容量確保策が実施されている。

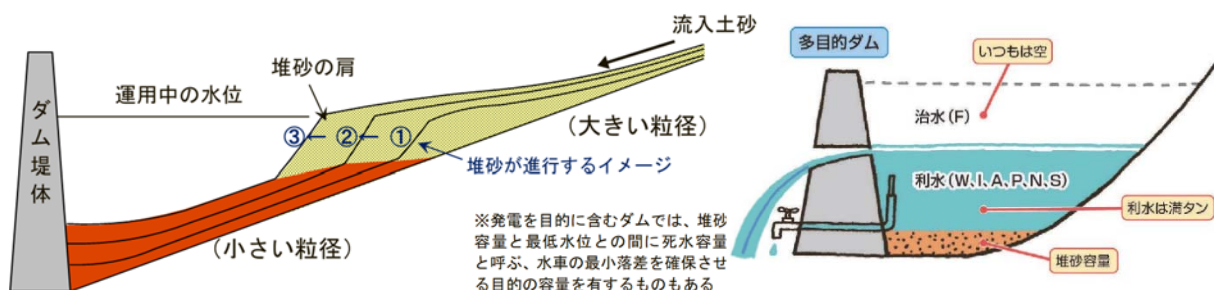


図-1 堆砂形状の概念図

図-2 治水容量説明図(ダムの科学<sup>1)</sup>に加筆)

#### 2) 平成9年～11年度の活用実態

平成9～11年度に国、地方自治体、電力会社などが管理する580ダムの調査<sup>2)</sup>では、25%に相当する147ダムで堆砂が採取され、このうち78%の114ダム(全体の19.7%)でその活用が図られていた(図-3～図-4参照)。

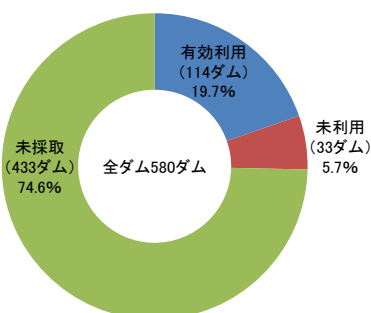


図-3 採取土砂の状況図(H9-H11)

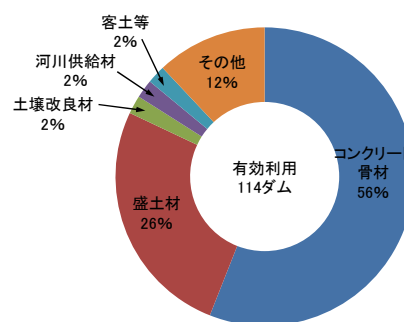


図-4 採取土砂の利用状況(H9-H11)

### 3) 最近の活用の実態

本研究において、国土交通省や水資源機構が管理するダム HP 等からデータを収集し、発電管理者やかんがいダムについても、公開資料やヒアリングなどで、情報を収集した。表-1 に管理主体別に堆砂の活用の概要と事例課題を記載する。

表-1 管理主体における堆砂の活用の概要と課題

管理主体	概要	事例	課題
発電	<ul style="list-style-type: none"> <li>一部のダムでは浚渫採取してコンクリート骨材・埋戻し材等の建設材料や農業（土壌改良材、客土）への活用が行われている。</li> <li>流入土砂量に対して活用量が小さい。堆砂対策として、浚渫して死水域に湖内移送や、下流への排砂を実施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>活用事例：高瀬ダム、泰阜ダム・佐久間ダム、滝ダム、浜原ダムなど</li> <li>排砂事例：出し平ダム（宇奈月ダムと連携）山須原ダム・西郷ダム、旭ダム等</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>流入土砂量が全量処理できているところは殆ど無い。浚渫運搬や設備投資・維持管理に係るコストが膨大でありコスト低減が大きな課題である。</li> </ul>
かんがい	<ul style="list-style-type: none"> <li>堆砂対策が注目されているものの、定期的な対策を実施し活用しているダムは一部に限られている</li> <li>水位変動が大きいため、デルタが形成されずダム堤体側に堆砂する傾向がある。浚渫で対策するため費用が嵩む。</li> <li>少数ながら、貯砂ダムから定期的に掘削しているダムもある。</li> <li>活用は、盛土や骨材、農地利用の実績がある。細粒分は肥沃で農地への客土に適する場合も多いと考えられる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>永源寺ダムでは、堆砂の活用を HP で公募しているが、応募は僅かであった。しかし最近では国交省の盛土材料や水産関係の活用などで掘削量のほぼ全量が活用されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>土地改良区などの管理が多く、堆砂対策予算がないダムが多い。</li> <li>農地への利用は、含有物に関して厳しい条件が課されるなど、制約や課題も多く、限られた実績にとどまる。</li> </ul>
国交省・水機構（治水）	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域によって差があるものの1ダム当りの堆砂量は平均約 10 万 m<sup>3</sup>/年である（図-6 参照）。</li> <li>堆砂が進むダムでは、堆砂対策を行っている。堆砂速度が速いダムほど、採取した土砂を活用する傾向がある。</li> <li>骨材利用は少なく、土砂還元を実施しているダムが多い（図-5 参照）。</li> <li>堆砂が進んでいなくとも数千～2 万 m<sup>3</sup>/年程度採取しているダムもある。</li> <li>総合土砂管理の視点で検討しているダムもある。</li> </ul>	湯田、白川、鳴子、七ヶ宿、五十里、川俣、九頭竜、岩屋、室生、池田、長島、猿谷、阿木川、味噌川、一庫、布目、大山、釜房、相俣、宇奈月、蓮、下笠、浦山、草木、滝沢、比奈知、二瀬、美和、小渋、横山、柳瀬、下久保、漁川、川治、矢作、長安口、早明浦など多数（名称にダムを略）	<ul style="list-style-type: none"> <li>試験を実施して徐々に対策量や活用量を増加させているダムが多い（関係者の協力、時間が必要）</li> <li>限られた予算で継続的に実施するため、コスト縮減を図ることが必要。</li> <li>有効活用の確実性を高め長期計画に反映が必要。</li> </ul>

※ 電力ダムは H31 年ヒアリング、かんがいダムは H28 年資料やダム管理所提供情報などに基づく

※ 国土交通省・水資源機構はフォローアップ資料（H23 年～30 年）119 ダム など

調査した 119 ダムのうち、有効活用が確認されたものは 1/4 の 33 ダム（27.7%）である。

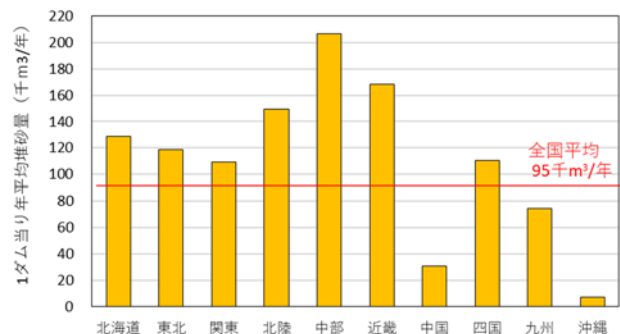
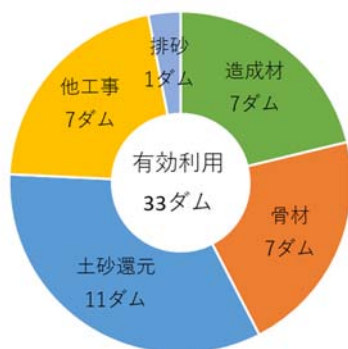


図-5 採取土砂等の利用状況

図-6 1ダム当り年平均堆砂実績 (H23 年～30 年 直轄・水機構 119 ダム)

### (3) 活用事例の特徴

#### 1) 概要

表-2 に堆砂の活用方法の概要や課題を整理する。

表-2 堆砂の活用事例と各方法の個別の課題

活用方法	概要	個別の課題	事例
①骨材	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆砂の物性値（比重・吸水率・粒径）が骨材に適する場合で需要地が近い場合に活用される。</li> <li>・水中部は浚渫船、陸上部ではバックホウにより施工され、運搬は主にダンプトラックにより行われている。</li> <li>・貯砂ダムやストックヤードから骨材業者が直接採取・運搬するケースが多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・運搬距離が長いと割高となる。運搬距離は 20 km 未満が多い。</li> <li>・ダム周辺の骨材需要が少ない。</li> <li>・廃棄土砂の捨土先がない。</li> <li>・異物(木片・ビニール等)の処理。</li> </ul>	多数 (佐久間ダム等)
②盛土材 (埋立地)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・盛土の需要がある場合や骨材に使用できない場合、盛土材、圃場整備事業、陸砂利採取跡地の埋土や下水道の埋戻し材等に活用される。</li> <li>・ストックヤードから利用者が直接運搬するケースが多い。</li> <li>・一部のダムでは、近傍盛土予定地まで運搬、捨土している例もある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・活用のため、地域の公共事業との連携などの取組みが必要。</li> <li>・堆砂の使用時期が異なることが多いため、仮置場が必要になる。</li> <li>・掘削した土砂の性状の把握が重要。</li> </ul>	多数 (布目ダム・湯田ダム等)
③土壌改良材	<ul style="list-style-type: none"> <li>・堆砂は、一般に肥沃で農耕用として良質な場合が多い。</li> <li>・堆肥などを加えた生育実験で良好な結果を得ているダムもある。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・含有物に関して厳しい条件が課されるなど、制約や課題も多く、限られた実績にとどまる。</li> </ul>	柳瀬ダム
④土砂還元	<ul style="list-style-type: none"> <li>・河床洗掘や海岸浸食の復元目的で、堆砂を河川内に置土し、洪水時に下流に流下させるもの。</li> <li>・置土位置、置土方法など試行しながら行うことが多い。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・濁水、河床上昇、下流ダム等の堆砂、水生生物等の河川環境への影響に留意することが必要。</li> </ul>	多数(長安ロダム・矢作ダム等)
⑤その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>・家畜飼料への活用：鉄・カルシウムやマグネシウムを含有する細粒分を滅菌処理し、飼育素材にブレンドして活用。</li> <li>・陶土への活用：細粒土を瓦や煉瓦等の陶磁器材料として活用の試行。(下久保・一庫・早明浦ダムの瓦・煉瓦への活用)</li> <li>・セメント原料への活用：堆砂の粘土分の活用</li> <li>・建設発生土マッチングシステムが H27 年から試行中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・試行段階にとどまっているものが多い。</li> <li>・試行中のマッチングシステムは公共工事、民間工事の発注者とも認知度がまだ低い。</li> </ul>	

#### 2) 活用事例

##### ①骨材(佐久間ダムの例)

平成元年度から平成 16 年度まで流入土砂量 1,844 万 m<sup>3</sup> に対し、湖外搬出：552 万 m<sup>3</sup>、死水域への湖内移送：574 万 m<sup>3</sup>、死水域への流砂促進：1,262 万 m<sup>3</sup>、堆砂対策計 2,388 万 m<sup>3</sup>、であった。湖外搬出したうち、地元砂利組合が年間 40 万 m<sup>3</sup> 程度を採取箇所の粒径に応じて骨材やゴルフ場の目砂・埋設管の埋戻し材等に活用している。



写真-1 佐久間ダムの堆砂除去

##### ②-1 埋戻し材(布目ダムの例)

布目ダムは本体建設時に貯砂ダムやストックヤードを設置し、平成 3 年から約 7,000m<sup>3</sup>/年を浚渫していたものの、活用は約 1 割程度にとどまっていた。活用を進めるため、ダム管理者が堆積土砂の物性値を把握し、地元市町村、県等の関係機関と情報交換を行った。こうした取り組みの結果、高速道路ジャンクションの盛土需要情報が把握でき、ストックヤードからの搬出、運搬などは高速道路事業者側で実施する活用が図れた。この時、高速道路事業者と実施判断に要した協議期間は、約 2 ヶ月であった。

##### ②-2 埋戻し材(矢作ダムの例)

掘削土砂を隣接する市の公園等の基盤整備に受入れ可能土量 70 万 m<sup>3</sup> に対して平成 28 年までに 42 万 m<sup>3</sup> を搬入している。

##### ②-3 埋戻し材(湯田ダムの例)

貯砂ダムに堆積した細粒分の多い土砂と貯水池末端の土砂のブレンド試験を実施し、締固め易いブレンド比を求め、貯水池周辺の造成予定地までダム管理者が運搬・整地(捨土)した。捨土は締まりやすく、地元市町村から造成材として好評であった。



写真-2 湯田ダム湖畔の捨土(手前の白い部分)

### ③ 土壌改良材(柳瀬ダムの例)

平成 13~14 年度に農地の客土に対し、土壌改良材としての有効活用を図っていた。地元 JA と連携し、ストックヤードまでダム管理者が運搬し、そこから利用者側が搬出した。

### ④-1 土砂還元(長安口ダムの例)

平成 18 年~29 年度で 100~300 千 m<sup>3</sup>/年の堆砂を除去し、置土による土砂還元を行っている(写真-3 参照)。土砂還元の河川環境改善効果については、河床高はダムから 10km 付近まで平均 1.4m 上昇した。また、実施前は河床も露岩が多く粗粒化していたが、実施後は瀬と淵を有し、流れや河床構成材料が多様化する河川に変貌した。河川はアユの産卵場にもなっている。現在ダンプ運搬しているが、交通・騒音等から堆砂対策量が限定されており、ベルコン輸送による運搬が検討されている。



写真-3 長安口ダム置土状況

### ④-2 土砂還元(矢作ダムの例)

平成 29 年 9 月に河川への土砂供給をベルコンを使用して洪水低減時にダム下流河川に投入(給砂)する試験を実施した(写真-4 参照)。粒径 0.1~0.2mm の土砂を洪水低減時に供給しても、河川の形状や水域の礫床環境の改変が生じなかった。また、濁りは洪水ピーク時より低く、供給停止後は速やかに低減した。付着藻類のクレンジング効果、底生動物や魚類の個体数増加といった生物環境の改善を把握した。



写真-4 矢作ダム給砂実験状況<sup>3)</sup>

### ⑤-1 その他(佐久間ダムの例)

ウォッシュロードの豊富な栄養分を生かすため、造粒化することで園芸用土(「湖底土」と命名)にも有効活用している(図-7 参照)

### ⑤-2 その他(建設発生土マッチングシステムの活用)

国土交通省は、建設発生土の更なる有効活用を図るため、民間を含めた受発注者に対して建設発生土マッチングシステムを運用している。平成 27 年 6 月より試行し、試行開始後、平成 31 年 3 月までにマッチングが実現したのは 29 件(取り扱い土量は約 27 万 m<sup>3</sup>)にとどまっている。



図-7 「湖底土」の概要<sup>4)</sup>

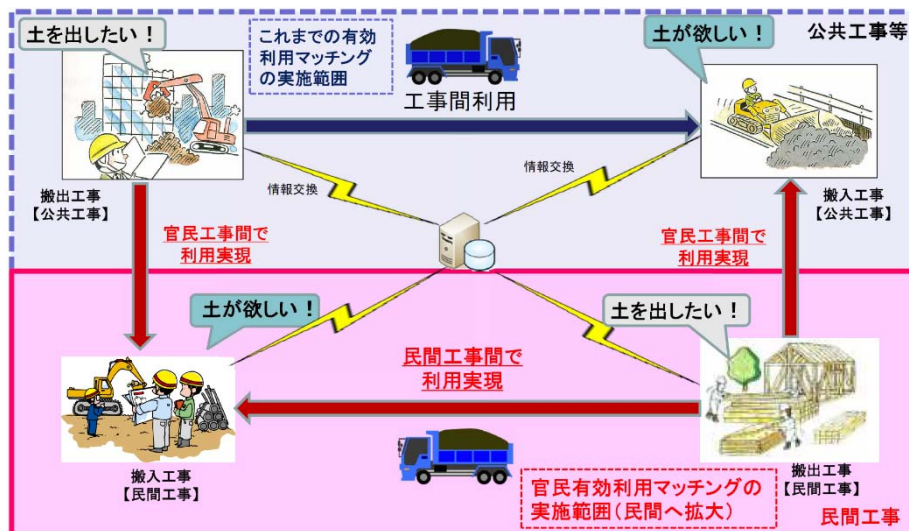


図-8 建設発生土試行マッチングのイメージ<sup>5)</sup>

## 《意見募集》

### (4) 堆砂の活用に向けた課題の抽出と解決のための意見募集

前節でダム堆砂の活用事例や個別の課題（表-2）を整理した。本節では活用をより推進するため、視点を技術、制度、それ以外に区分して課題を抽出した。

**課題解決のための意見を募集いたします。本報告と同じホームページ上にある【回答ファイル】**

**をダウンロードいただきご記入の上、[taisa\\_iken@jdec.or.jp](mailto:taisa_iken@jdec.or.jp) までメールで送信ください。**

#### ① 技術的課題

・長距離輸送に関する技術開発（周辺環境への負荷低減やコスト縮減）

<補足説明>

現在、堆砂を活用するために、一般的にダンプトラックを使って必要な場所へ輸送している。ダンプ輸送では、輸送距離が長くなると、通行量増加がもたらす騒音・振動・交通への影響を及ぼす沿道の範囲が広がるとともに、同じ輸送量でもより多くのダンプが必要となるため、コストアップにつながる。長距離輸送にあっても周辺環境への影響が小さく、コストがあまりかからない技術の開発が望まれる。

・様々な活用用途に応じるための活用技術の開発（単体では活用が困難な細粒土(シルト・粘土)の活用技術、礫分からシルト・粘土までの広い粒径に対応した分級技術など）

<補足説明>

礫分や粗粒土は骨材や盛土材といった建設材料や土砂還元材として活用される。一方、細粒土は礫分や粗粒土とのブレンドによるか、単体では陶土など活用方法が限定されているため活用があまり進んでいないと考えられる。堆砂の活用を促進するためには様々な活用技術、特に現時点で活用が困難な細粒土または幅広い粒度の堆砂に対応可能な活用技術とともにそれらの技術を活用するために粒度ごとに材料を経済的に分級する技術の開発が望まれる。

#### ② 制度的課題

・ダム計画時から堆砂除去を積極的に行うための仕組みづくり。

<補足説明>

貯水容量を確保するために堆砂除去を行う場合、堆砂が進めば進むほど、年間除去量が多くなる。一方、ダム完成直後から堆砂の一部を除去するのが処理量の軽減につながるとともに、その一部（または全部）を河川に流下させると、ダム下流の土砂移動の健全化が図れると期待される。このため、対策は完成後早期に行うことが有利である。しかし、計画の範囲内の堆砂で収まりまだ数十年も余裕がある中で対策を行うことに対する費用などが課題である。

・ダム建設時点で、運搬路やストックヤードなど堆砂活用設備整備促進、費用負担ルール。

<補足説明>

費用負担は、堆砂除去等の対策を行うことによって関係者が受ける利益の度合いに応じて行うのが原則と考えられる<sup>6)</sup>。また、貯水池内の施設の設置は、湛水前のダム建設時に工事してしまうことが経済的となることが多い。しかし、ダムの土砂流入現象は変動も大きく、設備の整備促進や費用負担ルールをダム完成前から検討される例は少ない。完成前から費用負担ルールを定め施設整備促進を行うことが望まれる。

・マッチングシステムについては、i)認知度向上、ii)土質試験費や運搬費等の費用分担や、建設発生土の品質の責任に関するルールの明確化が必要。iii)需給バランス〔量と質、供給と需要の時期調整〕を考慮したシステム構築や調整を容易にする専用ストックヤードの整備推

進が望まれる。

<補足説明>

建設発生土マッチングシステムにより工事間の建設発生土の有効利用が徐々に進められているものの、有効利用されない建設発生土が依然として多くあるのが現状である。その理由として、搬出側と搬入側の工事間で工期や土質が合致しないこと特に民間企業にとってシステム参画方法やマッチングの調整・ルールに疑問点が多く参画に対して慎重になっていること等が調査により明らかになっている。

・流域全体での協力体制の構築（図-9 参照）。

<補足説明>

ダムの堆砂対策では、ダム上流域から貯水池に流入する土砂を抑制する対策、貯水池に流入した土砂を下流河川に流下させる対策、貯水池に堆積した土砂を除去・活用する対策などが挙げられるが、いずれの対策においても、ダム上流域での治山・砂防事業、下流河川での治水・利水事業、土砂活用先での各種事業など、流域全体で関連事業間の協力体制を構築し、効率的な堆砂対策を行うことが望まれる。

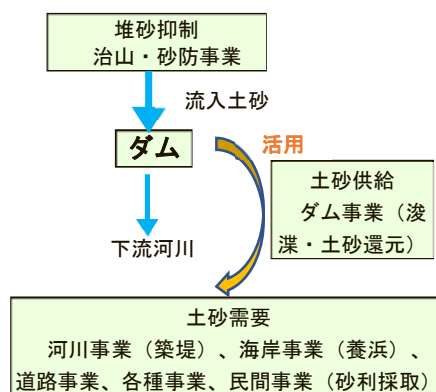


図-9 流域の関連事業イメージ図

・かんがい用における公共的見地からの事業化。

<補足説明>

かんがい用ダムのほとんどを管理している地方自治体や土地改良区は、継続的に堆砂管理を行う予算を持たない。また、水位変動が大きいかんがい用ダムでは、掘削による堆砂除去が困難な深部に堆砂しやすいため、堆砂除去は年限のある農林水産省による事業で行われることが多い。かんがい用ダムの受益者は農業事業者であるため、事業の必要性は基本的に農業への効果より評価される。これらのことより、堆砂管理を行うダムの数も増えにくく、また、永続的な管理は困難である。近年、かんがい用ダムにおいても地域全体の防災という公益機能を維持・推進するための事業制度が整備されつつあるが、ダムが流域や海岸に与える影響は他のダムと基本的には同じであるという前提の下に、公共的な必要性を高く評価した事業制度の整備がさらに拡大されれば、適切な堆砂管理が広がると期待される。

### ③ その他の課題

・ダム堆砂の活用の成功事例の情報発信

・ダム堆砂活用のメリットの発信（土砂還元は環境改善に役立っている、環境保全効果の啓蒙など）

<補足説明>

堆砂の活用について、近年では、事業間での流用（例えば、骨材利用、盛土利用等）によるコスト縮減、土砂還元による河川環境の改善、底生動物や魚類の生物環境の改善にも役立っている等の報告が多くなっている。こうした成功事例を積極的に情報発信することは、河川管理者や一般住民に与える印象も大きく、堆砂の有効活用が図りやすい環境（他事業者、河川管理者や漁協の了解が得られやすい）となることが期待される。

・最新の建設機械や ICT 技術を活用

<補足説明>

国土交通省は、既設ダムを有効活用するダム再生をより一層推進する方策を示す「ダム

再生ビジョン」を平成 29 年 6 月に策定し、ダム再生の発展・加速に向けた方策として維持管理における効率化・高度化が示されている<sup>7)</sup>。維持管理のうち、有効利用等のダム堆砂対策の実施に際しては、調査・試験・実施工・調整等に長時間を要し、より効率的な効果発揮のためにも各段階において最新の建設機械や ICT 技術を活用する等の技術開発・導入が望まれる。

・ストックヤードと受け入れ地の適地確保が困難な場合が多いが、解消策（成功例）の紹介  
〈補足説明〉

堆砂対策として、浚渫土等の仮置き場の確保、堆砂除去後の受け入れ地の確保は大きな課題である。事前の浚渫土の物理性状把握が受け入れ先の早期決定につながった事例など、様々な工夫例が紹介できるとさらに活用が進むことが期待される。

・活用とは異なるが、自然流下（排砂・通砂・バイパス等）技術の促進  
〈補足説明〉

堆砂対策方法の内、排砂・通砂・バイパス等の自然流下技術を促進することで、ダム湖内の堆砂率の低下及びダム下流への土砂供給が可能となり、流砂環境の改善や河川環境の改善が期待される。

・上流ダム或いは周辺ダムとの連携運用による掘削コストの低減策への取組推進（木津川水系ダム群の事例など）  
〈補足説明〉

除去工事は、水中掘削（浚渫）より陸上掘削がコスト面や濁水処理など環境負荷面も小さく有利である。しかし貯水位低下に伴う利水者への損失を避けるため、時期の制約を受け、十分に実施できないダムも多い。このため、流域内の複数ダムと連携して、利水機能を維持しながら陸上掘削による堆砂除去の推進も重要である。

〈参考文献〉

- 1) 一般社団法人 ダム工学会 近畿・中部ワーキンググループ：ダムの科学,p5、2012.11
- 2) 財団法人 ダム水源地環境整備センター：堆砂の有効活用の調査研究、2002.3
- 3) 国土交通省中部地方整備局、豊橋河川事務所、矢作ダム管理所：平成 29 年度矢作川水系総合土砂管理検討委員会資料、p59,2018.1
- 4) 池口幸宏:電源開発(株)における貯水池堆砂問題の取組み、水力発電用貯水池堆砂に係るセミナー、2006.2
- 5) 国土交通省 HP：<https://www.mlit.go.jp/common/001180533.pdf>「建設発生土の官民有効利用マッチングについて[資料 3]」,10
- 6) 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課,治水課：ダム再生ガイドライン,12,2018.3
- 7) 国土交通省水管理・国土保全局：ダム再生ビジョン,18,2017.
- 8) 角 哲也,他：堆砂対策に着目したダムにおけるアセットマネジメントの適用性検討, p123-127,大ダム 210,2010.1