

ダム堆砂対策の促進に向けて
(提言)

2020年3月

一般社団法人ダム工学会
「ダム堆砂」に関する検討会

「ダム堆砂」に関する検討会

検討会名簿

座 長	門松 武	ダム工学会	会長
	出水 重光	ダム工学会	調査研究委員会 委員長
	角 哲也	京都大学防災研究所	教授 (ダム工学会 理事)
	松尾 直規	ダム工学会	調査研究委員会 維持管理研究部会 部会長
	小林 裕	ダム工学会	調査研究委員会 維持管理研究部会 幹事
	石井 秀紀	ダム工学会	調査研究委員会 ダム貯水池課題研究部会 部会長
	高橋 定雄	一般財団法人水源地環境センター	水源地環境技術研究所長 (ダム工学会 評議委員)
	櫻井 寿之	一般財団法人ダム技術センター	首席研究員
オブザーバー	津森 貴行	国土交通省水管理・国土保全局	河川環境課 流水管理室 室長
	川崎 正彦	一般財団法人ダム技術センター	理事長 (ダム工学会 副会長)
事務局	池田 茂	一般財団法人ダム技術センター	企画部長 (ダム工学会 事務局)
	渡邊 浩平	一般財団法人ダム技術センター	企画部 (ダム工学会 事務局)
	高野 裕太	一般財団法人ダム技術センター	企画部 (ダム工学会 事務局)

(参考) 「ダム堆砂」に関する検討会 開催経緯

2019年10月8日(火) 第1回検討会

- ・検討会設立の趣旨
- ・ダム堆砂に関する現状

2020年1月22日(水) 第2回検討会

- ・ダム堆砂に関する検討状況
- ・とりまとめに向けた論点整理

2020年3月 会誌「ダム工学」へ掲載

- ・会誌「ダム工学 Vol.30 No.1 2020」(2020年3月)
へ検討状況などを報告

ダム堆砂対策の促進に向けて（提言）

2020年3月

ダム工学会「ダム堆砂」に関する検討会

ダムは数ある社会基盤施設の中でも最も長期間の供用が期待される施設の中の一つである。その理由として、ダム堤体として本来十分な耐久性を有していることに加えて、ダム建設に要する準備期間の長さ、水没に伴う地域社会への影響およびさまざまな自然環境への影響を考慮すれば、使い捨てにせず、適切な維持管理を行って長寿命化を図る必要がある。さらに、近年、世界各地において発生している異常豪雨や異常渇水が頻発化する中において、既存のダムの貯水容量の維持・拡大による治水・利水機能の確保は喫緊の課題である。

近年では、安定的なダム排砂が実現されている黒部川連携排砂や、宮崎の耳川水系ダム群の再開発によるダム通砂（洪水吐きを改造して、洪水時に土砂を通過させるように貯水位を一時的に低下）、四国の那賀川の長安口ダム下流における大規模な土砂還元（ダム上流で掘削した土砂を下流河道に投入）、旭ダム（新宮川）や美和・小渋ダム（天竜川）の排砂バイパスなど、ダムの堆砂対策を基軸とする総合土砂管理が本格化している。

このように重要な堆砂対策であるにもかかわらず、一方で、先進的な限られたダムを除いて、多くのダムで堆砂対策が進んでいない現実がある。その主たる原因は、1）管理者自らの危機意識の欠如、2）対策技術の欠如、3）堆砂対策の外部支持（地元要望）が弱い、4）土砂を流すと苦情がくる、など、堆砂対策を積極的に進めるための環境が整備されていないことがあげられる。

しかしながら、堆砂対策は今後のダム工学会が取り組むべき最も重要な課題のうちの一つであり、これらを背景に、ダム工学会では「ダム堆砂」に関する検討会（座長：門松武ダム工学会会長）を2019年10月新たに組織し、その論点整理と今後の方向性に関する議論を行った。その詳細は、会誌「ダム工学 Vol.30 No.1 2020」に記載されているのでこれを参照いただきたい。

ここでは、これらの中から、今後特に進めるべき方向性について以下の諸点にとりまとめた。全体を通じた方向性は、「迫られて、怒られながらやる土砂管理」から、「期待されて、喜ばれる、元気の出る土砂管理」へのパラダイムシフトである。

1. ダム管理としての堆砂対策の必要性の再定義

これまでの堆砂対策は、計画堆砂量以上のスピードで土砂が流入・堆積してしまった場合に、当初計画レベルに引き戻すために維持掘削や貯砂ダムを設置したりする、いわば、「マイナスをゼロに戻すための堆砂対策」であった。一方で、2018年7月の西日本豪雨や2019年の台風19号などのように、ダムへの流入量の増大に伴う洪水調節容量の不足が顕在化してきており、治水容量のみならず、今後の気候変動による雪や雨の降り方の変化を考慮すれば、現有の貯水容量だけでは治水・利水管理が十分ではない時代が到来している。

国土交通省が策定した「ダム再生ビジョン」や「異常豪雨の頻発化を踏まえたダムの洪水調節機能に関する検討会」の提言でも明記されたように、今後は、限りあるダムの貯水容量を効果的、かつ、持続的に活用していくために、単なる個別ダムの「維持管理」としての土砂管理から、流域全体の観点からダムの「機能強化（永く賢く使う）」としての堆砂対策に舵を切る必要がある。

2. 気候変動対策とダム堆砂対策

気候変動が 100 年スケールの課題であるとすれば、ダム堆砂にも影響を及ぼすものであり、ダム堆砂問題も同時に考える必要があると考えられる。2018年にウィーンにおいて開催された国際大ダム会議第26回大会では、大会課題「堆砂対策と持続的な開発 (Reservoir Sedimentation and Sustainable Development)」におけるテーマの一つに「気候変動と貯水池堆砂を考慮した貯水池の持続可能な発展の総合的な評価」が設定され、重要な報告と議論が行われた。

気候変動は、日本では異常豪雨に伴う水災害の増大として捉えられているが、世界的には降水量の減少によって異常渇水のリスクが増大すると捉えられており、特に北アフリカなどの半乾燥地では問題が深刻である。図-1はG.Morrisが提案した図式であるが、気候変動によって1)年間総流入量(MAR)が変化し、さらに、2)その変動(Cv)が増大することが考えられる。一方で、3)降雨強度の変化によって年間土砂流入量(MAS)が増加することが考えられる。気候変動による渇水のリスクの増大にダム堆砂の影響が加わって、将来的に貯水量が減少してしまうと、気候変動の影響による流量変動がますます調整できなくなってしまうことになる。

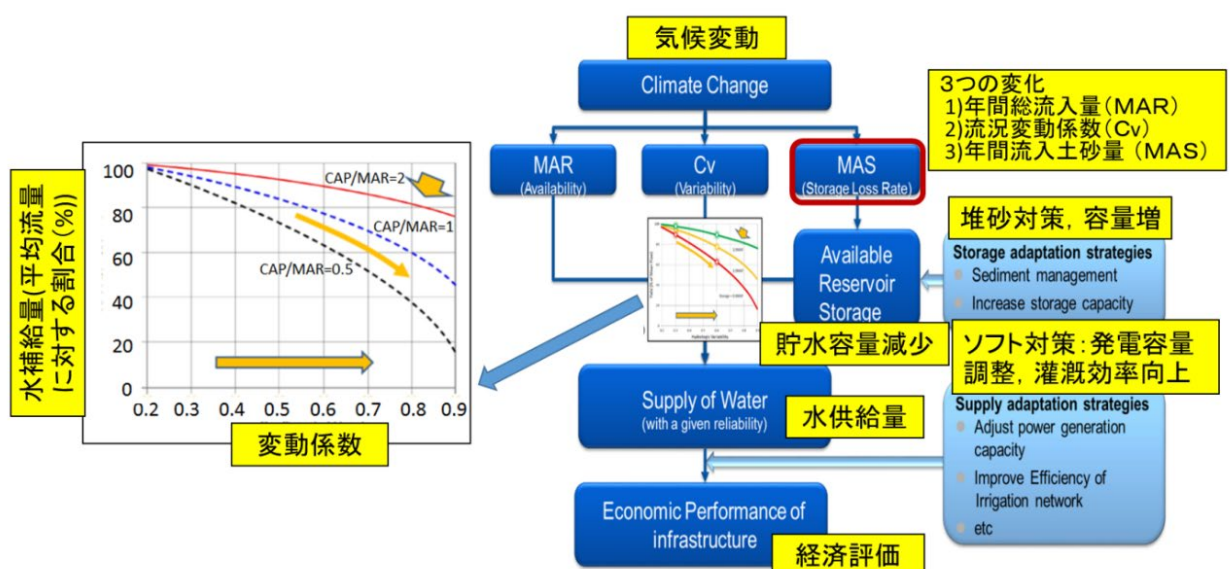


図-1 気候変動適応策としてのダム堆砂対策

(Climate Change Analysis for Supply of Water (Morris 2017)に加筆)

そこで G.Morris は、その適応策として、土砂管理を行って堆砂進行を遅らせたり、嵩上げなどを行って貯水容量を増やしたりするハード対策を提案しており、それでも難しい場合には、発電運用の工夫や灌漑用水網の効率向上などによって水供給量の最適化を行うソフト対策が必要であることを指摘しており、最終的には、こうしたハード、ソフトの適応策の効果を経済性を踏まえて総合的に評価する必要がある。

このような検討は、世界的に見てもまだ緒についたところであり、積極的なダム堆砂対策が、当初のダム計画の維持を行うことにとどまらず、気候変動の適応策として今後は重要な意味を持つことを示唆している。

3. ダム通砂のすすめ

出し平ダム（黒部川）の排砂が開始されてから既に 30 年を経過しようとしている。この間、宇奈月ダムが加わり連携排砂にバージョンアップし、さまざまな改良が加わり、ダムから供給された土砂が海岸線の一部回復につながるまでになっているにもかかわらず、一般社会のみならず、ダム関係者でもあっても、当初の排砂による水質汚濁のイメージから脱却できていないのが現状である。現在では当初の冬期ではなく、融雪によるベースフローと追加降雨により一定規模の増水が期待される梅雨期に、一時的に貯水位を低下させる「連携排砂」が実施されている。その後の洪水時には、さらに流入する土砂を貯水池に貯めこまない「連携通砂」が行われている。

国際大ダム会議（ICOLD）では、この二つの概念を、一時的に堆積した土砂を下流へ排出する排砂（Flushing）と、洪水時に流入する土砂をそのまま下流に通過させる通砂（Sluicing）として明確に区別し、今後の方向性として、より環境適合性が高いこの通砂の適用拡大を謳っている。

日本でも、山須原ダム・西郷ダム・大内原ダム（耳川）や、瀬戸石ダム（球磨川）などで明確にこの方針が打ち出され実装されてきている。今後も、天竜川の佐久間ダム下流の秋葉ダム・船明ダムなどでこうした操作が予定されている。これを実現させるための課題として、1) 水位低下レベルと通過可能な土砂粒径の関係、2) 洪水波形に対する水位低下のスケジュール（事前放流の有無）、3) 既存ゲートの改良の有無による通砂効果の比較、4) 水位低下を効果的に実施するために降雨・流出予測との連携、などが想定され、先進事例の情報共有により、より効果的な通砂操作方法の確立を目指したい。

4. 排砂バイパス技術の拡大

神戸市水道局の布引五本松ダムは、日本最古の重力式ダムとして有名であるが、1900年のダム完成 8 年後にバイパストネルが造られ、その後、堆砂対策としてのバイパス機能が長年にわたって有効に活用されてきた。これにより、約 25 年で貯水池が満砂していたところを、容量的には千年以上の長寿命化が実現したと推定されている。

国際大ダム会議では、通砂（Sluicing）と、密度流を利用した土砂排出（Density Current Venting）と、このバイパス技術（Sediment Bypass）の 3 者を、土砂を貯水

池から迂回させる代表的な技術（Sediment Routing）として位置付けている。

日本は、欧州のスイスとともにこの分野をリードしており、これまで、数回の「排砂バイパス国際会議」を共催するとともに、現在準備中の新しい報告（Bulletin）でも中心的な技術テーマとして取り上げている。これまでに、旭ダム、美和ダム、小渋ダム、松川ダムなどで実装され、今後も、矢作ダムなどで導入が予定されている。

今後は、こうした技術を促進するために、1）バイパス技術の適用条件の明確化、2）初期コスト（トンネルや分派構造の構築）および維持管理コスト（トンネル摩耗対策）の低減化、3）洪水調節や利水運用とバイパス運用の連携・最適化、4）バイパス運用を効果的に実施するために降雨・流出予測との連携、などが求められる。

5. カスケード方式ダムの取り扱い

黒部川や矢作川がその典型であるように、河川には複数の管理者の異なるダムが設置されており、上流のダムが「通砂」、「バイパス」などの土砂管理アクションを取る場合の下流ダムに対する影響の評価と、これらダム間の連携操作の検討・導入が求められる。これらは、いわば世界共通の課題であり、今後のダムの土砂管理の中心テーマといっても過言ではない。

基本的な考え方は、「上流ダムが加害者、下流ダムが被害者」という構図を作らず、「これまで上流ダムが引き受けてきた土砂を、河川のダム関係者全体で受け止める」意識を醸成することと、その中で、「部分最適」ではなく、流域全体が「全体最適」となる解を、関係者が連携して導くことが重要である。

影響を受ける下流ダムに発生する合理的なダム改造については、必要な整備を促進する実施主体や費用負担などに係る枠組みづくりが期待される。

6. 土砂還元と河床地形管理（砂州形成）の連携

一般に、土砂供給は増水時の河床礫表面の平滑化（クレンジング）に貢献するとともに、粗粒化の緩和に寄与することが期待されている。近年の調査では、アユ産卵環境の再生には、小砂利（30-50mm）と酸素を十分含んだ清澄な水の供給が重要であることが明らかにされてきている。そのためには、砂州が年数回の洪水で常にリフレッシュし、砂州内間隙を流れる伏流水（Hyporheic Flow）が健全に維持されることが重要である。これが汚濁物質（濁水や粒状有機物）のフィルタリングと浄化に働く。

ダム撤去が行われた荒瀬ダム（球磨川）では、河床までダムを切り下げた結果、ダム上流から粗粒土砂が流出してダム直下に新鮮な砂州が形成され、新たな湧水環境が創出されるとともに、下流の砂州では近年にないアユの産卵数が確認された。通砂を行っている耳川でも同様な好適な砂州の形成が行われており、今後は、このような土砂還元と河床地形管理（砂州形成）の連携を目指し、関係者への理解を進めていく必要がある。

7. 河川維持土砂量の考え方の導入

これまでダムの中砂管理が進んでいない理由として、「堆砂対策の外部支持（地元要望）が弱く」、「土砂を流すと苦情がくる」ことをあげた。場合によっては、下流の河川管理者が、「下流での河積維持のために、上流からの土砂流下を拒む」ことも散見される。そのために、堆砂でダムが危機的な状況になって初めて止むにやまれず土砂を下流に流す選択をしている場合が多く、ダムが堆砂で困ってもいないのに、河川環境の改善のために積極的に土砂を出しているケースは非常に少ない。

一方で、ダム下流における減水問題は歴史が長く、「河川維持流量」の形で、多くのダムで導入が進んできた。河川本来の自然プロセスを理解すれば、ダムで遮断される土砂も同様に下流に補給すべきと考えるべきである。

カリフォルニア大学バークレー校の Kondolf 教授は、「Hungry Water (1997)」として、砂利採取やダム建設によって土砂が不足した河川の課題と土砂投入による再生の重要性を指摘した。カリフォルニアでは、サケの産卵床再生を主目的に多くのダムで土砂還元が実施されている。欧州のスイスやフランスでは、近年、「Bed Load Budget（掃流砂の土砂収支）」の変化を評価し、この回復を目指す方針が打ち出された。

日本の総合土砂管理の推進には、ダム管理者と下流管理者（河川管理者や施設管理者（下流のダムや堰、取・排水施設、港湾・漁港など））の連携、さらに、沿川住民や漁業関係者の理解と支持を得ることが鍵となる。そのためには、河川にとっての土砂、特に河道内の地形を形成する掃流砂の役割と必要性を、特に河川環境面から改めて定義し、理解しやすい形で提供する必要がある。目指すべき方向性は、「河川維持土砂量」の概念の明確化と制度設計（ガイドラインなど）であり、これまでの「オプション（やってもやらなくてもいい）としての土砂供給」からの脱却である。

8. 堆砂対策（総合土砂管理）を推進するためのオープン型マネジメント

これまでも、排砂ゲートや排砂バイパストンネル、水位差土砂吸引排砂システム（Hydro-Suction Sediment Removal System）など、堆砂対策技術の進展には多くの関係者の努力がそそがれてきている。しかしながら、今後、新たな次元でのダム堆砂対策が求められる時代において、いま一段の進展をもたらすためには、これまで直接的にはかかわりのなかった新しい分野の最新の英知も総動員していく必要がある。例えば、堆砂掘削や土砂運搬に対する AI や自動運転技術、UAV（ドローン）や ROV（水中ロボット）、ALB（グリーンレーザ）、サイドスキャンソナーやミニマルチビームなどの測量技術などは、今後大きな発展が期待される分野であり、こうした産業界の最新技術を幅広く取り込む必要がある。一方で、5.で示したような土砂を通過させるためのダム改造技術の開発に向けたダム工学会のあらゆる技術分野の総動員、6.や7.で示したような下流の河川環境の維持・回復の観点からの流砂量の意義付けに向けた応用生態工学会との連携など、学際的な形でダムの持続的な管理を実現させていく必要がある。さらに、そのためには、これまで進めてきたダム管理者が所有する情報（データ）のさらなる開示が一体となって進められることが求められる。