

適切なダム貯水池の土砂管理に向けて

河川部 河川管理課 やまさき ひろ
山崎 廣

ダムの堆砂容量は有限であることから、既設ダムの機能を長期的に活用していくためには、適切に貯水池の土砂管理を行い、流域の治水・利水等に関して、安全かつ安定的に流水を管理する必要がある。

そこで、平成30年3月に「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）」が公表されたが、その策定にあたって、ダム管理者自らが行う貯水池の土砂管理のための調査及び堆砂対策の実施判断、並びに四国の管轄ダムでの適用性等の検討を四国地方整備局が主体となって実施した。

キーワード ダム再生ビジョン、ダム貯水池、堆積土砂、堆砂対策実施判断、アセットマネジメント

1. はじめに

四国地方整備局では、これまで、各流域の治水・利水の課題に対処するため流域の特性に応じて、河道の整備と組み合わせながらダムを整備してきた。

ダムは、洪水調節、流水の正常な機能の維持及び利水補給等、多様な目的を持つ重要な社会資本であり、これらの目的が達成されるよう流水の管理を行うとともに、その前提となるダムの安全性及び機能を長期にわたり有効に、かつ持続的に活用する必要がある。

現在、四国において国土交通省が所管する河川管理施設のダムは、築造後、既に50年以上を経過したダムが約3割あり、30年後には、50年経過するダムが約7割に増加する。

ダムの堤体や機械・電気設備については、適切な施工やPDCAサイクルによる適切な維持管理、加えて、ダムの長寿命化計画に基づき適切に補修・更新を実施することにより、半永久的に健全であることが期待できる。

一方で、ダムの堆砂容量は有限であり、堆砂容量を超えて堆砂が進行することによる洪水調節や利水補給といったダムが有する機能への支障が懸念されている。

こうした状況を踏まえ、今後の貯水池の土砂管理をより効果的・効率的に推進する観点から、貯水池の土砂管理のための調査や堆砂対策の実施判断等についてとりまとめられた「ダム貯水池土砂管理の手引き（案）」（以下「手引き（案）」という。）に基づき、今後、ダム管理者自らが各々の貯水池の特徴を捉え、適切な時期に堆砂対策を開始することとしている。

2. ダム再生ビジョンと手引き（案）の観点

国土交通省では、平成29年6月に、既存ダムを有効活用するダム再生の取り組みを一層推進するための方策として、「ダム再生ビジョン」（図-1）を策定した。

その施策の一つとして「ダムの長寿命化」があり、既設ダムの機能を長期的に有効活用していくためには、効果的・効率的な堆砂対策を推進することが重要とされている。そのため、手引き（案）では以下の観点が示されている。

- ① ダム管理者自らが各種調査等により貯水池の堆砂状況の特徴を面的及び縦断的に把握
- ② 堆砂進行度の評価及び実施判断の検討
- ③ 新たな工法の積極的な導入等に向けた検討

また、現状のダムの堆砂容量は、ダムの計画堆砂期間内に100%となるよう設定されている一方で、今後は、堆砂対策にアセットマネジメントの考え方を採用し、限られた予算の中で早期に対策を講じることで計画堆砂期間以降も長期にわたり既設ダムを有効に活用できることが期待されている。

ダム再生の発展・加速に向けた方策	
(1)ダムの長寿命化	(5)気候変動への適応
(2)維持管理における効率化・高度化	(6)水力発電の積極的導入
(3)施設能力の最大発揮のための柔軟で信頼性のある運用	(7)河川環境の保全と再生
(4)高機能化のための施設改良	(8)ダムを活用した地域振興
	(9)ダム再生技術の海外展開
	(10)ダム再生を推進するための技術の開発・導入

図-1 ダム再生ビジョンの概要

3. 手引き（案）の構成

本手引き（案）は、将来にわたり貯水池の機能が確実に発揮できるよう、ダム管理者自らが堆砂状況を踏まえて適切な貯水池土砂管理を実現することを目的としており、「貯水池土砂管理のための調査・観測」、「堆砂対策の実施判断」、「記録の整理・蓄積」について、基本的考え方を示している（図-2）。

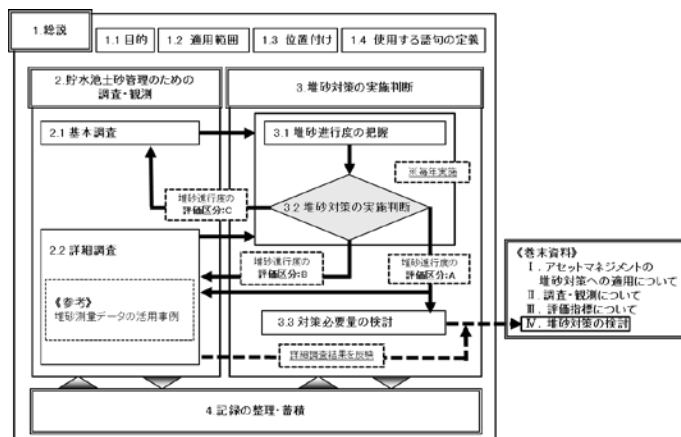


図-2 手引き（案）の構成

4. 貯水池土砂管理のための調査・観測

(1) 「基本調査」及び「詳細調査」の概要

貯水池土砂管理のための調査・観測は、「基本調査」と「詳細調査」からなり、ダムの特性を踏まえ、堆砂状況に応じて実施する（図-3）。

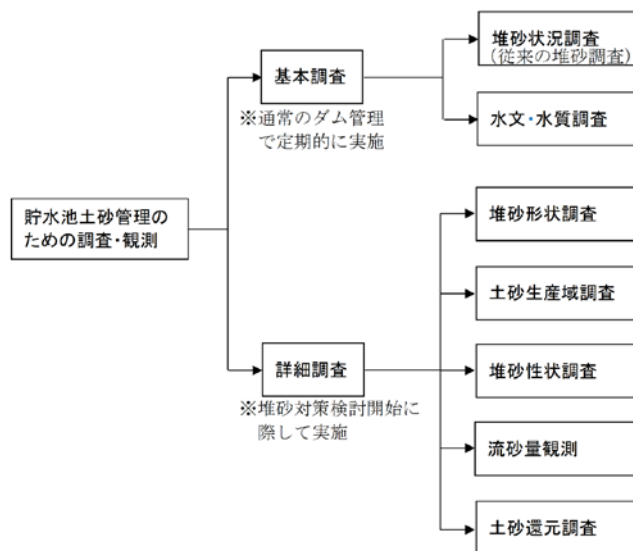


図-3 貯水池土砂管理のための調査・観測の概要

「基本調査」は、堆砂によってダムが有する機能に及ぼす影響を把握するために継続的・定期的の実施している基本的な調査であり、「堆砂状況調査」と「水文・水質調査」からなる。「詳細調査」は、基本調査に基づき堆砂対策等の実施が必要と判断された場合、堆砂対策の検討開始に向けてより詳しく貯水池の堆砂状況を把握するための調査である。基本調査に加えて、堆砂進行度の評価及び堆砂対策の実施判断をするために行う調査であり、「堆砂形状調査」、「土砂生産域調査」、「堆砂性状調査」、「流砂量観測」、「土砂還元調査」からなる。

(2) 堆砂測量データの活用事例

図-4では、得られた測量データ（標高・縦断距離）を無次元化することで、堆砂形状の基本分類や堆砂肩の位置、堆砂が顕著な箇所、運用水位と堆砂の関係性及び洪水吐高と堆砂高との関係性を容易に把握することができる。

また、図-5のように3次元モデル化を図り堆砂の差分図とすることで堆砂傾向のある箇所等を視覚的に把握できる。

各種調査については、限られた予算のなかで、調査の必要とともに、得られた情報を何に、どのように活用するかを予め設定しておくことが肝要である。

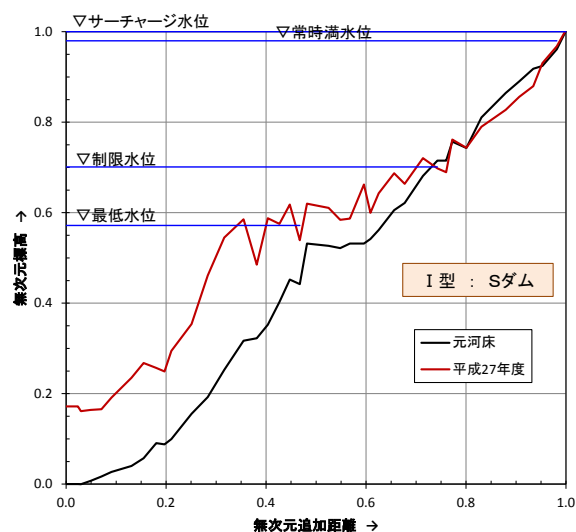


図-4 堆砂形状と運用水位等の関係

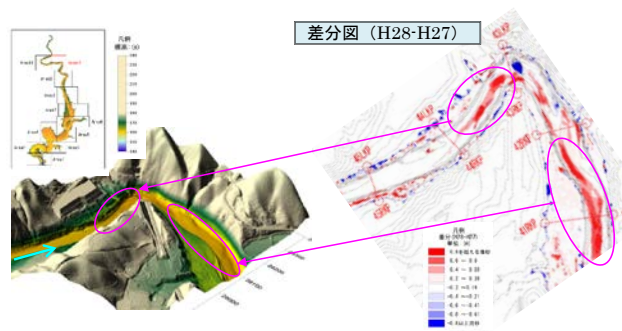


図-5 堆砂傾向の差分図

5. 堆砂対策の実施判断

堆砂対策の実施判断は、「①堆砂容量に対する堆砂率」、「②洪水調節容量の余裕に対する堆砂率」、「③有効貯水容量に対する堆砂率」を評価指標（表-1）として、これらの管理水準をもって行うことを基本としている。なお、管理水準はあくまで目安であり、管理水準に至る前でも必要に応じ、対策を検討する。次に、各評価指標における最小残余年数を算定し、堆砂進行度を踏まえた評価区分（表-2）を判定する。

表-1 評価指標と管理水準（目安）

把握すべき影響	評価指標	管理水準（目安）	評価に使用する堆砂量
貯水池機能への影響	① 堆砂容量に対する堆砂率	70%	全堆砂量
洪水調節機能への影響	② 洪水調節容量の余裕に対する堆砂率	15%	洪水調節容量内堆砂量
貯水池機能への影響	③ 有効貯水容量に対する堆砂率	5%	有効貯水容量内堆砂量

表-2 評価区分

残余年数	評価区分
20 年未満	A
20 年以上～30 年未満	B
30 年以上	C

これらの評価区分に応じ、各種の対策検討を開始時期の概念を以下に示す（図-6）。

評価区分Cは、管理水準に至るまでの残余年数が30年以上であり、これまでどおり、基本調査において、堆砂状況の把握を行いつつ、維持掘削等の必要性を判断する。

その後、堆砂が進行し、評価区分Bでは、残余年数が20年以上30年未満となった時点で基本調査に加えて詳細調査を実施しつつ堆砂の進行を遅らせる対策の実施を検討する。

さらに堆砂が進行し、評価区分Aでは、残余年数が20年未満となった場合は、速やかな堆砂対策の検討或いは対策の実施に着手する。

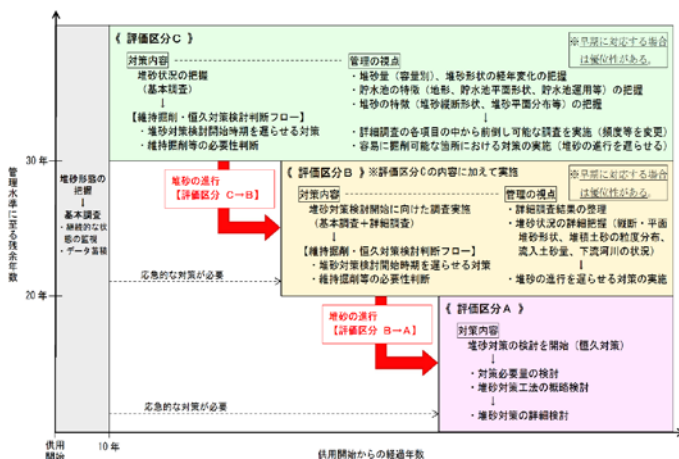


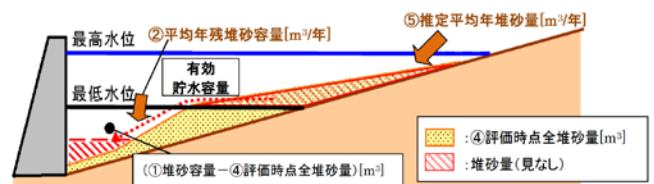
図-6 管理水準に至る残余年数とその検討・対策

6. 対策必要量の検討

対策必要量は、堆砂進行度が評価区分Aとなった場合に、堆砂対策検討を実施する際の対策必要量の概略を把握するために実施するものであり、当該ダムの実績年堆砂量データの統計処理により算出される「推定平均年堆砂量」現時点での残堆砂容量を供用残余期間で割った「平均年残堆砂容量」を減じることにより算定することを基本とする（図-7）。

また、堆砂が生じる部位によっては、堆砂量が堆砂容量内にあったとしても、今後も堆砂が進行するとダムが有する機能に支障が生じる可能性がある。よって、堆砂特性を把握した上で、今後の推定平均年堆砂量、平均年残堆砂容量、年対策必要量、維持掘削可能量等を検討し、維持掘削を含めた対策を講じていくことが必要である。

なお、本手引きでは管理ダムの貯水池における堆砂計画の計画期間が概ね100年であるという現状に基づき、供用後100年後の堆砂率が100%となるよう対策必要量を算定することを基本としている。



※貯水池内の全体砂量（④）のうち、有効貯水容量堆砂量を堆砂容量（①）内の堆砂量と見なして、当該ダムの供用残余期間で堆砂を許容できる容量（①-④）を求める。

- ①堆砂容量[m³]
- ②平均年残堆砂容量：（①堆砂容量－④評価時点全堆砂量）／供用残余期間[m³/年]
- ③年対策必要量：⑤推定平均年堆砂量－②平均年残堆砂容量[m³/年]

図-7 年対策必要量算出の概念図

7. 堆砂対策にアセットマネジメントの採用

今後、更なる長期にわたるダム機能の効果的・効率的な活用のため、アセットマネジメントを採用していく必要がある（図-8）。

堆砂対策により排除すべき土砂量は、時間経過に伴い増大するおそれがあり、これらを限られた期間で処理しようとする、技術的難度、コスト、堆砂排除に伴う運用停止期間及び大量の土砂の排出・輸送・処分するための環境負荷が増大することが想定される。そのため、一度に排除する土砂量のある程度に抑えて堆砂対策の実現性を維持し、適切な土砂管理を行うために、早期の堆砂対策着手が望ましい。

この考え方に基づき試算した結果、あるダムでは、早期に手引き（案）に基づく効果的な対策を講じることで、堆砂の進行度が低下させることができ、計画堆砂年以降も約60年、計画堆砂量以下に抑えることがわかった。

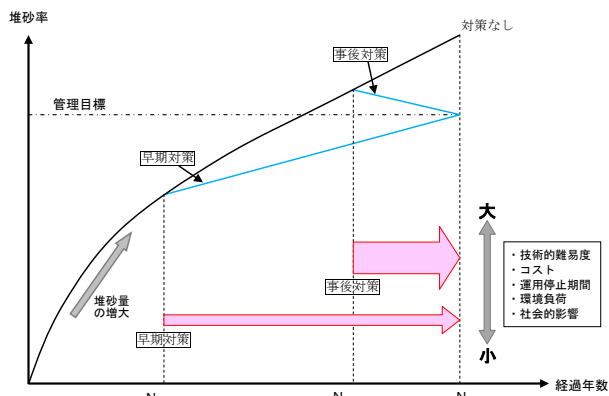


図-8 アセットマネジメントの概念図

8. 四国における堆砂の現状と取り組み状況

(1)四国における堆砂の現状

四国の管理ダムでは、計画堆砂量を超過している柳瀬ダム及び全堆砂量の約半分が堆砂している石手川ダムにおいて、洪水調節容量内又は貯砂ダム内に堆砂している土砂の撤去を優先的かつ継続的に実施しているところである。また、計画堆砂量を大幅に超過している長安ロダムについては、平成 29 年度に整備計画を変更し、長期的堆砂対策として、ベルトコンベアを位置付け、今後堆砂対策を継続していく取り組みを実施中である。

このように堆砂対策を講じているダムのほか、堆砂率では表れていない貯水池内の土砂堆積を本手引き（案）に基づき評価を実施した。

(2)野村ダムにおける堆砂の現状

野村ダムでは、ダム築造後、36 年が経過（平成 29 年度末時点）し、これまでの貯水池内測量結果の経年比較から、実績としては約 1,000 千 m³ の堆砂と推定している。また、野村ダムには、年間平均で約 194 千 m³ の土砂が流入しているものの、計画堆砂量から見ると堆砂率は約 30%と概ね計画どおりであり、現時点では堆砂対策は実施していない。

(3)手引き（案）による野村ダムの評価（試行）

(2)において、手引き（案）に基づき野村ダムを評価した結果（表-4）、評価指標①の堆砂容量に対する堆砂率は約30%であり、平均年堆砂量を約30千m³/年とすれば、管理水準（目安）の70%に達するまでに残余年数は約48年となる。

評価指標②の洪水調節容量の余裕に対する堆砂率は約20%であり、平均年堆砂量を約3千m³/年とすれば、管理水準（目安）の15%を既に超過している状況である。

評価指標③の有効貯水容量に対する堆砂率は約4%であり、平均年堆砂量を約13千m³/年とすれば管理水準（目安）の5%に達するまでに残余年数は約14年となる。

以上から、計画堆砂量から見れば、概ね計画どおりの堆砂の進行度ではあるものの、特に洪水調節容量内の堆

砂に着目した場合、潜在的に当該ダムの機能に影響を及ぼすおそれが懸念される結果となった。

(4)野村ダムの対応と課題

このように潜在的な堆砂の現状を踏まえて、手引き（案）に基づき詳細調査を実施し、詳細に堆砂の状況を把握するとともに、ダムの容量特性を踏まえた堆砂対策の検討を行う予定である。

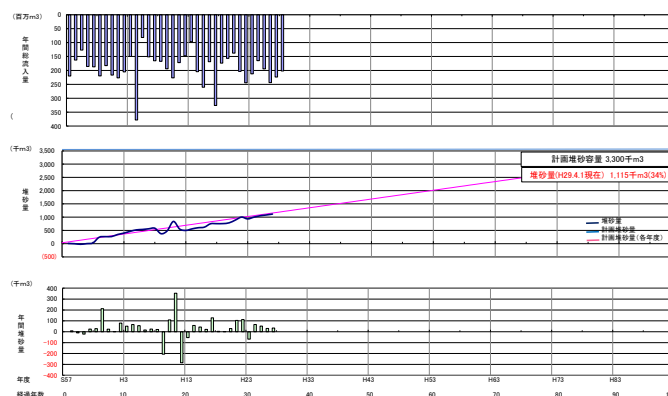


図-9 野村ダムにおける堆砂量の推移

表-4 手引き（案）に基づく評価結果（野村ダム）

ダム名	供用年 (年)	管理水準に至るまでの残余年数(年)				判定結果
		評価指標①	評価指標②	評価指標③	最小 残余年数	
		堆砂容量に対する 堆砂率 【 70% 】	洪水調節容量の余裕 に対する堆砂率 【 15% 】	有効貯水容量に対 する堆砂率 【 5% 】		評価区分
野村ダム	35	48	-9	14	-9	A

9. 今後の取り組みについて

これまで、手引き（案）の構成や四国の管理ダムでの適用性などを検討してきた結果、本手引き（案）の実効性が確認でき、早期に対策を講じる有効性も確認されつつある。一方で、現状の堆砂形状では、撤去する土砂は概ね貯水位以下の水中部であることから技術面、コスト面で相当程度、対策の困難性があるダムもあり、当該ダムの堆砂が治水・利水に与える影響度を検討したうえで、これまでの堆砂対策の知見の蓄積による新たな工法を積極的に導入するなどの必要性についても明らかになってきた。

ダムの堆砂容量は有限であることから、将来にわたり既設ダムの機能を確実に発揮していくためには、堆砂の排除をより容易に実施する手法の検討等の調査・研究を引き続き進めていく必要がある。

四国のダム管理において、今後も引き続き、日常の巡視や点検、低水管理、高水管理など適切な維持管理に加えて、貯水池土砂管理についても積極的に取り組んでいきたいと考えている。