

治水面での持続的効用発揮に着目したダム貯水池 堆砂対策の経済評価手法

松下智祥・佐藤弘行・武川晋也・金銅将史

1. はじめに

わが国のダム貯水池は、通常ダム建設時において100年間に予測される堆砂量に相当する計画堆砂容量を貯水容量内に確保するよう計画されている。国土交通省及び（独）水資源機構が管理する多目的ダムでの2013年度末時点のデータ¹⁾では、各ダム貯水池の堆砂の進行は概ね想定した速度以内となっているが、一部では既に計画以上の速度で堆砂が進行している例も報告されている。近年指摘される長期的な降雨特性の変化による影響の有無を含めその要因を分析し、計画的な対策を進めていく必要があると考えられる。

このような中、国土交通省が既設ダムの有効活用を一層推進する方策をとりまとめた『ダム再生ビジョン』²⁾では、ダムを半永久的に活用していくための長寿命化方策の1つに堆砂対策の推進が掲げられ、対策の実施判断の考え方等は『ダム貯水池土砂管理の手引き（案）』³⁾（以下「手引き（案）」という。）に示されている。

しかし、具体的対策工法の決定に際しては、各種工法の適用性ととも経済性の評価も重要であることが指摘されているものの、ライフサイクルコスト比較による評価にとどまっておらず、効用面も考慮した経済性評価の具体的手法までは示されていない。そこで筆者らは、手引き（案）に示されるような各種堆砂対策工法の中から、個々のダム貯水池の特性に応じた最適な手法を選定するための経済性評価の方法について検討してきた。

本稿では、中長期的なダム貯水池堆砂対策費用とともに、対策実施による貯水容量の温存によって得られる洪水被害の軽減を効用と見なして推計することで、各種堆砂対策の優位性を費用だけでなく効用も考慮して評価する新たな手法を提案する。



図-1 ダム貯水池堆砂対策の事例³⁾

2. 検討対象とした対策手法

本検討では、中長期的な対策費用とともに、対策実施による効用の推計を行う堆砂対策工法として、手引き（案）等に示される工法やそれらの組み合わせを含む国内事例等を参考に、以下6つの工法を選定した。

- 貯水池内（陸上部）での掘削
（貯砂ダム設置との組み合わせを含む）
- 貯水池内（水中部）での浚渫
- 貯水位低下操作による掃流力で土砂を流下させるスルーシング（通砂）・フラッシング（排砂）
- 土砂バイパス（排砂バイパス）
- 水頭差を利用する吸引排砂工法
- 密度流排出（カーテンウォール付き洪水吐き）

3. 中長期的な対策費用の推計

堆砂対策に要する中長期的な費用の適切な推計方法を検討するため、国内で実績がある対策事例や対策を検討中の事例に関する情報を収集し、その内訳を比較整理した。その結果、同種の対策工法でも費用の計上項目や計上方法が異なる例があることがわかった。そのため、各種の費用が系統的に漏れなく計上できるよう、対策工法の特性に応じた標準的な費用計上項目を列挙したチェックリストを作成した（表-1）。同リストでは、費用項目を「初期費用」と「維持管理費用」に大別し、各々計上すべき費用項目を示している。初期費用には堆砂対策施設の設置費用として、施設の工事

A Method for Economical Evaluation of Dam Reservoir Sedimentation Control Measures Focusing on Long-term Benefit from Maintaining Flood Control Function

費（造成費・構築費等）や用地費、設備の導入費等が含まれ、土砂バイパスのような大規模な施設整備を伴う恒久対策ではこの初期費用が大きくなる特徴がある。また維持管理費用には設備の運転費や点検・修繕等の費用、更新費用等が含まれ、機械力を用いて貯水池内での掘削や浚渫を継続的に行うケースでは、これらの維持管理費用が主体となってくる。

なお、本検討では、各項目別の発生費用の推計を適切に行えるよう、6つの対策工法毎にその中長期的費用の一般的な推計手順のフロー（図-2）もあわせて作成した。

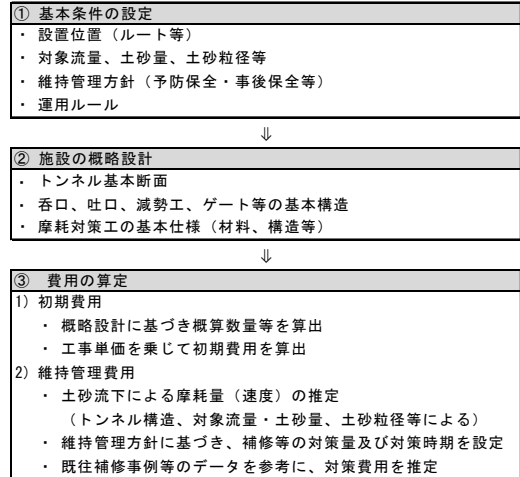


図-2 費用算定フロー（土砂バイパスの場合の例）

表-1 費用項目チェックリストの例

(a) 機械力を用いる工法の場合

区分	項目	初期費用			維持管理費用		
		導入費	設置費	造成費、構築費、仮設備費等	運転費	維持補修費	設備更新費
掘削	掘削機械	■	■	■	■	■	■
	積込場	■	■	■	■	■	■
浚渫	係船設備	■	■	■	■	■	■
	浚渫船	■	■	■	■	■	■
	土運搬船	■	■	■	■	■	■
	揚砂場	■	■	■	■	■	■
ストックヤード（中継用）	積込・運搬機械	■	■	■	■	■	■
	仮置場	■	■	■	■	■	■
ストックヤード（下流用）	積込・運搬機械	■	■	■	■	■	■
	仮置場	■	■	■	■	■	■
運搬設備	ベルトコンベヤ	■	■	■	■	■	■
	トンネル・橋梁	■	■	■	■	■	■
	ダンプトラック	■	■	■	■	■	■
残土処理	処理場	■	■	■	■	■	■
	運搬機械	■	■	■	■	■	■
下流還元	置土場	■	■	■	■	■	■
	運搬機械	■	■	■	■	■	■
その他	影響緩和策	■	■	■	■	■	■

注) □ は計上が必要となる可能性がある項目
 ■ は通常は対象とならない項目

(b) 水理的な作用や構造物を用いる場合

区分	項目	初期費用			維持管理費用		
		導入費	設置費	造成費、構築費、仮設備費等	運転費	維持補修費	設備更新費
貯砂ダム	貯砂ダム本体	■	■	■	■	■	■
土砂バイパス トンネル	分派堰	■	■	■	■	■	■
	呑口部設備（ゲート等）	■	■	■	■	■	■
	トンネル	■	■	■	■	■	■
	減勢工	■	■	■	■	■	■
堤体排砂設備	流水止め工	■	■	■	■	■	■
	排砂ゲート	■	■	■	■	■	■
その他	影響緩和策	■	■	■	■	■	■

注) □ は計上が必要となる可能性がある項目
 ■ は通常は対象とならない項目

4. 対策実施による中長期的な効用の推計

4.1 基本的な考え方

これまでの国内ダムの事例では、各ダム貯水池の特性に応じた堆砂対策手法の選定に関する検討は、各種工法の適用性や物理的効果の比較が中心となっており、経済性の面からの効用推計は一般的なものとなっていない。しかし、ダム事業全体の事業評価⁴⁾では、事業実施による氾濫被害の防止効果を下流河川の氾濫シミュレーション等に基づき推計することで治水水面での事業便益が算定されている。そのため、堆砂対策を実施した場合と実施しなかった場合の間で生じる各年の貯水池容量の確保量の差を予測すれば、その差による各年の下流氾濫被害の軽減分を累計することで、当該対策の治水水面での効用が推計可能と考えられる。そこで、堆砂対策の実施による中長期的な効用の推計は図-3に示すような方法で行うことが考えられる。

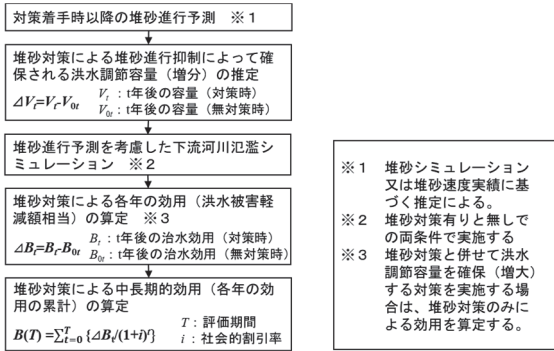
4.2 進行が洪水調節容量に及ぼす影響の予測

図-3中にも示すとおり、堆砂対策の中長期的な効用の推計には、経年的な洪水調節容量の変化を予測するための堆砂進行の予測が不可欠である。その方法として、流水型ダムの計画で用いられるような次元河床変動計算による堆砂シミュレーションや、実績堆砂量データに基づき堆砂速度を仮定して予測する方法が考えられる。

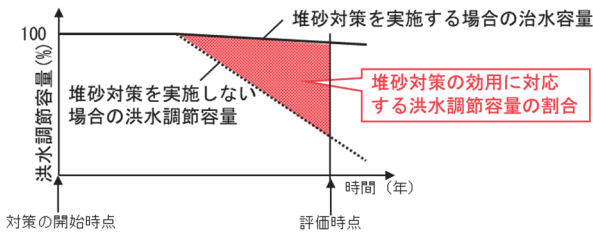
4.3 その他の留意点

実際の堆砂対策は、ダム再開発事業の中で、貯水池容量の再編（発電容量の買い取り等）と併せて行われるケースも少なくない。このようなケースでは、堆砂対策のみによる効用を容量再編によ

る効用と分離して推計する工夫が必要となる。



(a) 効用の算定フロー図



(b) 概念図

図-3 治水面での効用の推計フロー図と概念図

5. ケーススタディ

3. 及び4. で述べた手法を用いた場合に推計される中長期的な堆砂対策費用と効用の発生傾向を把握するため、国内での対策事例を参考に設定したモデルダム(表-2)を対象に、複数の対策ケースを想定したケーススタディを行った。本ケーススタディでは、対策開始後100年間の堆砂量が計画堆砂容量内に収まる規模となることを各対策ケースの共通条件とし、対策の実施頻度や実施時期が異なるケースを設定して、経年的な発生費用と効用を推計し、結果を比較した。

表-2 設定したモデルダムの概要

項目		内容・諸元	
ダムの目的		洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、発電	
ダムの諸元	流域面積 (km ²)	288	
	貯水容量 (千m ³)	総貯水容量	58,000
		有効貯水容量	37,100
		洪水調節容量	35,300
		利水容量	3,200
	計画堆砂容量 (千m ³)	20,000	
設定した現堆砂容量 (千m ³)	15,500		
堆砂対策の目的	流入土砂対策及び貯水地内堆積土砂の排除		
堆砂予測計算手法	一次元河床変動計算		

推計結果のうち、表-3に示す2つの対策ケースについて、洪水調節容量と累計堆砂量の経年変化を無対策の場合とともに図-4に示す。また、同様の2つの対策ケースでの対策費用と効用の推計結果をそれぞれ図-5及び図-6に示す。

表-3 2つの対策ケース

対策案	対策工法
①	土砂パイパストンネル(恒久対策施設) + 貯水池内掘削/浚渫 + ダンプトラック運搬
②	貯砂ダム設置 + 貯水池掘削/浚渫 + ダンプトラック運搬

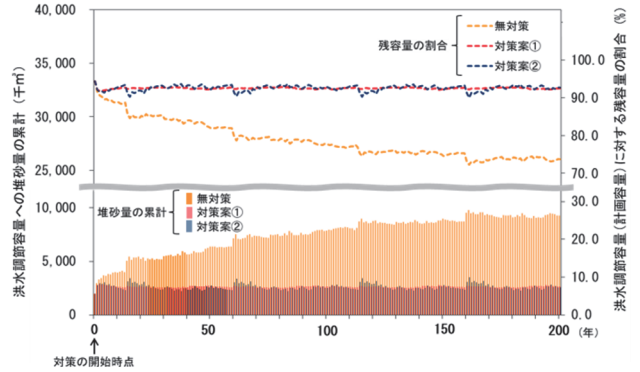
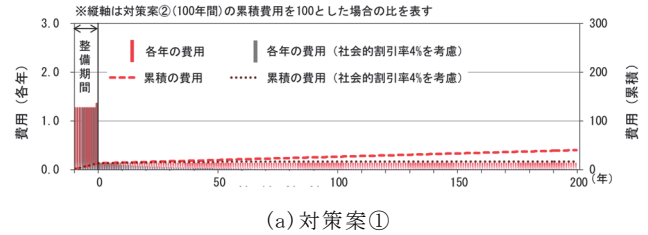
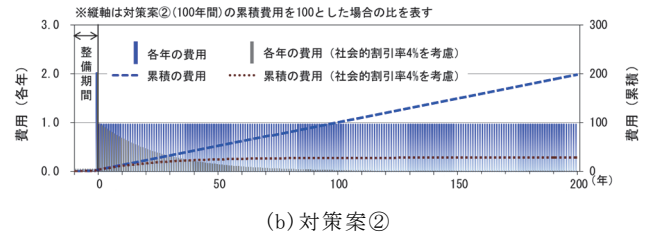


図-4 洪水調節容量(計画容量に対する割合)の変化

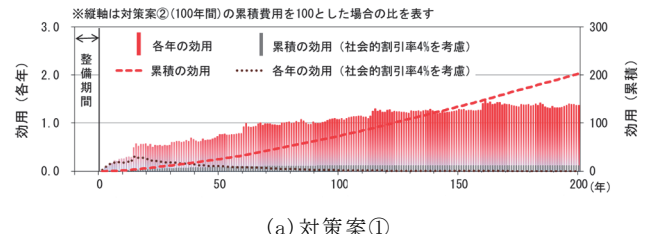


(a) 対策案①

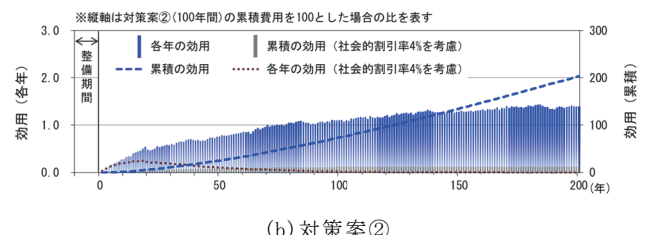


(b) 対策案②

図-5 堆砂対策による対策費用の推計結果



(a) 対策案①



(b) 対策案②

図-6 堆砂対策による治水面の効用の推計結果

図-5より、各ケースの対策実施により、無対策時に200年間で失う容量（洪水調節容量の約20%）が温存され、これにより発生する効用は、図-6より、堆砂対策の効用は評価期間を長く取るほど大きく見込めることがわかる。また、図-5からわかる対策の総費用に占める初期費用の大きさなど、費用発生特性の違いから、図-6の効用と比較した時に優位と評価しうる対策工法は、評価期間の取り方によって変わることがわかる。

このように、費用の発生傾向と効用の発現傾向を時間軸上で視覚的に把握しながら議論することで、経済性の面から各種対策案の優位性を比較・評価することが可能になると考えられる。

なお、本手法を実際の対策工法選定に適用する上で、いくつか留意点や課題も存在する。例えば、ダム洪水調節能力への影響を予測する上で、堆砂進行予測の精度が鍵になる。また、費用推計では、整備実績が少ない土砂バイパスなど恒久対策施設の維持管理費用について、そのデータの蓄積による予測精度の向上が必要である。その他、図-5や図-6からわかるように、特に長期的な評価では、将来の費用や効用に関わる社会的割引率の影響が大きくなる。このため、対策工法の選定に際しては、評価期間と関わる社会的割引率の影響についても感度分析的検討を加えるなどして、総合的に判断していく必要があると考えられる。

6. おわりに

ダムとその貯水池の恩恵を半永久的に享受していこうとすれば、必要時期や程度の違いはあっても、堆砂進行への対応は宿命的なものと言える。

そのような中、土砂バイパスのような恒久的施設の整備による対策は初期費用が大きく、経済性の面でも特に慎重な評価が求められる。一方で、長期的視点からその価値が過小評価されないようにする必要もある。

このような観点から、長期的に取り組む必要のあるダム貯水池の堆砂対策にふさわしい、新しい経済性評価の手法の確立と普及を図っていく必要がある。

謝 辞

本検討の実施にあたっては、国土交通省各地方整備局等より、各種の資料提供等の協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省水管理・国土保全局、ダムの施策紹介ダムの堆砂対策について
<http://www.mlit.go.jp/river/dam/index.html>
- 2) 国土交通省水管理・国土保全局、ダム再生ビジョン、2017.6
http://www.mlit.go.jp/report/press/mizukokudo05_hh_000029.html
- 3) 国土交通省水管理・国土保全局河川管理課、ダム貯水地土砂管理の手引き（案）、2018.3
- 4) 国土交通省河川局、治水経済調査マニュアル（案）、85p、2005.4

松下智祥



研究当時 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部大規模河川構造物研究室研究官、現 同企画部企画課 調査係長
Tomoaki MATSUSHITA

佐藤弘行



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部大規模河川構造物研究室 主任研究官
Hiroyuki SATOH

武川晋也



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部大規模河川構造物研究室 研究官
Shinya TAKEGAWA

金銅将史



国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部大規模河川構造物研究室長、博士(工学)
Dr. Masafumi KONDO