

## 調査研究 2-1

# 下流河川への必要土砂供給を考慮したダム堆砂対策 に関する研究

Study on reservoir sediment management considering the necessary sediment supply to downstream rivers

研究第一部主任研究員 清原正道  
前研究第一部主任研究員 高木康行  
研究第一部長 佐藤克英  
京都大学防災研究所 教授 角哲也

本稿では、従来、貯水池機能の持続性確保に焦点をあてて進められてきたダム堆砂対策に対して、下流河川環境の健全化の観点から供給すべき土砂の量および質を考慮した新しい対策のあり方について検討を行った。

**キーワード：**ダム堆砂対策、土砂排出の環境影響、下流河川環境の健全化

In this paper, new concept of reservoir sedimentation management to consider necessary sediment supply from the view point of downstream river improvement is discussed on the contrary to conventional one which is mainly focusing on sustainability of reservoir functions.

**Key words :** reservoir sedimentation management, environmental impact of sediment discharge, improvement of downstream river environment

## 1. はじめに

我が国では、高度経済成長期以降増大する水需要や、頻発する洪水被害を防止するため、築堤や河道拡幅等の治水整備を進めると共に、ダム建設により洪水調節と利水補給を行ってきた。建設後数十年を経たこれらのダムでは、貯水池の堆砂が著しく、計画堆砂量を超えて堆砂が進行しているダムが出てきている。また、現在は問題が無くとも、堆砂の進行速度が計画に対して速く、早期に対策を講じなければ適切な貯水池運用に支障をきたす可能性を有するダムも存在している。現在、これらの問題に対応するため、貯水池内堆積土砂の浚渫、土砂バイパストンネルやフラッシング・スルーシング等、様々な手法により貯水池内堆積土の除去および下流河川への還元（本稿では以降「排砂」と総称する）が実施・検討されているところである。

一方、ダム貯水池への堆砂以外にも、ダム下流河川における河道環境の変化、河口・海岸域における汀線後退等の問題が顕在化してきている。しかしながら、前述の対策はダム機能の維持を主眼として実施・検討されている場合が多く、ダム下流の環境が必要とする土砂の量と質に配慮した土砂管理計画はほとんど立案されていない状況にある。

近年、流砂系における土砂動態の改善に対する社会的な要請の高まりを受け、治水・利水・環境が調和した総合土砂管理計画の策定が求められている。このような中、ダム下流の河川環境を改善しつつ、貯水池機能を維持していくことの重要度は益々高まっている。しかし、排砂により生じるダム下流における正負の様々な影響について、定量評価を行い排砂量や排砂土の粒度分布を決定する手法は未だ確立されていない。

本稿では、その影響がしばしば数百km下流にまで及び、遙か下流の河口や海岸の生態系に影響を及ぼすこともあるダム<sup>1)</sup>において、環境と調和した管理を実現するため、下流河川環境の健全化の観点から供給すべき土砂の量および質を考慮した新しいダム堆砂対策のあり方について整理した。

## 2. 堆砂対策検討の流れ

### (1) 理想的<sup>1)</sup>な堆砂対策検討の流れ

野村らの提示した堆砂対策検討の流れ<sup>2)</sup>を参考に、既設ダムにおける理想的な堆砂対策検討の流れを整理

<sup>1)</sup>従来の内的要因（ダム自体が有する堆砂対策の必要性）に加え、外的要因（ダムの影響を受ける社会環境・自然環境からの必要性）の項目も踏まえた優先度評価方法など、幅広い視点からの新しい堆砂対策検討の流れを本稿では「理想的な堆砂対策検討の流れ」と表現することとする。

したものを図-1に示す。先ず堆砂対策が必要なダムを抽出し、その中で優先度を評価し、対策実施ダムの選定を行う。続いて、そのダムのライフサイクル（ダム本体の供用期間又は堆砂対策の実施期間）を設定し、期間内の流入土砂量を予測する。その上で、ダムの必要機能を確保する観点からダム側からの必要排砂量及び、ダム下流の望ましい河川像の観点からダム下流側からの必要供給土砂量をそれぞれ設定し、その両面から排砂シナリオの設定、最適な堆砂対策の選定を行うこととなる。

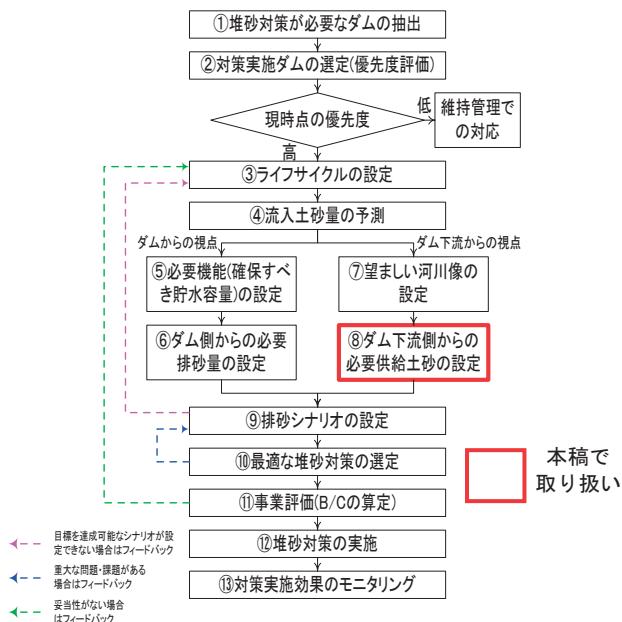


図-1 理想的な堆砂対策検討の流れ

## (2) 下流河川からの必要供給土砂の設定

この内、本稿で取り扱うものは図-1の枠書（⑧ダム下流側からの必要供給土砂の設定）の部分である。

本項目では、排砂により今後の河川・海岸が目指す方向性としてダム下流における望ましい河川・海岸像を設定し、これを踏まえ下流からの必要供給土砂量を設定するための「目標」と「制約」を設定し、この両者を満足する排砂量及び質を決定する考え方について提示する。検討の流れを図-2に示す。

### a) 望ましい河川・海岸像の設定

排砂により今後の河川・海岸が目指す方向性（望ましい河川・海岸像）について、検討を行う。排砂により、その河川が元々持っていた物理・生物環境を回復させることを目指す場合、いつの河道状況を目指す排砂計画とするかが重要である。目標の設定に関しては、その当時の河道状況が確認できる資料が少ない場合や、ダム建設後長期間を経過している場合など、建設後の状況に対応し安定した環境が形成されている場合があることなどを勘案する必要がある。

例) 安定的な河床高を維持し、アユが生息するような河川、ダム下流における現状の生態系を維持した上で、さらに中流域の樹林化を抑制する、海岸部での漁獲高をダム建設前の水準に戻す等

### b) 排砂により発現すべき効果の設定

ダム下流において、望ましい河川・海岸像を達成するため、発現すべき効果（ポジティブインパクト）を影響項目毎に設定する。

例) ダム下流の洗掘傾向区間の河床高を上昇させる、粗粒化を改善させる、海岸への供給土砂量を増やす等

### c) 制約レベルの設定<sup>3)</sup>

排砂によるネガティブインパクトの許容範囲（制約レベル）を影響項目毎に設定する。

例) 河床上昇量は河道掘削で対応可能な範囲に留める、取水施設への影響は避ける、濁度は洪水時にダム地点へ流入する濁度を超えない程度とする等

### d) 影響項目毎の必要最小変化量の設定

b) で設定した発現すべき効果を満足するために必要な変化量（変化後の状態）を影響項目毎に設定する。

例) ある区間の河床高を1.0m上昇させる、海岸部への到達土砂量を現状より2割増加させる等

### e) 影響項目毎の許容最大変化量の設定

c) で設定した条件を満足する変化量（変化後の状態）の上限値を影響項目毎に設定する。

例) 計画河床高より河床を上昇させない、取水堰上流へは堆積させない、濁度の上昇は排砂前と比較して10%以内を上限とする等

### f) ダム下流側からの必要供給土砂の設定

制約条件を侵すことなく、望ましい河川・海岸像を（目標）を達成することが可能となる供給土砂の量と質、即ち排砂条件を設定する。適切な必要土砂の設定が出来ない場合、①目標あるいは制約を維持し、補助的対策を追加することで必要量を見直す、②目標あるいは制約を見直す、③望ましい河川・海岸像自体を見直す、の何れかのフィードバックが必要である。

なお、実際に下流河川からの必要供給土砂量を設定する上では、排砂により今後の河川・海岸が目指す方向性（望ましい河川・海岸像）により、目標や制約のレベルが異なる。そのため、「望ましい河川・海岸像の設定」は非常に重要なが、個別の河川で十分に議論して設定する必要があり、ここでは便宜的に「望ましい河川・海岸像の設定」以降の検討イメージを整理することとする。

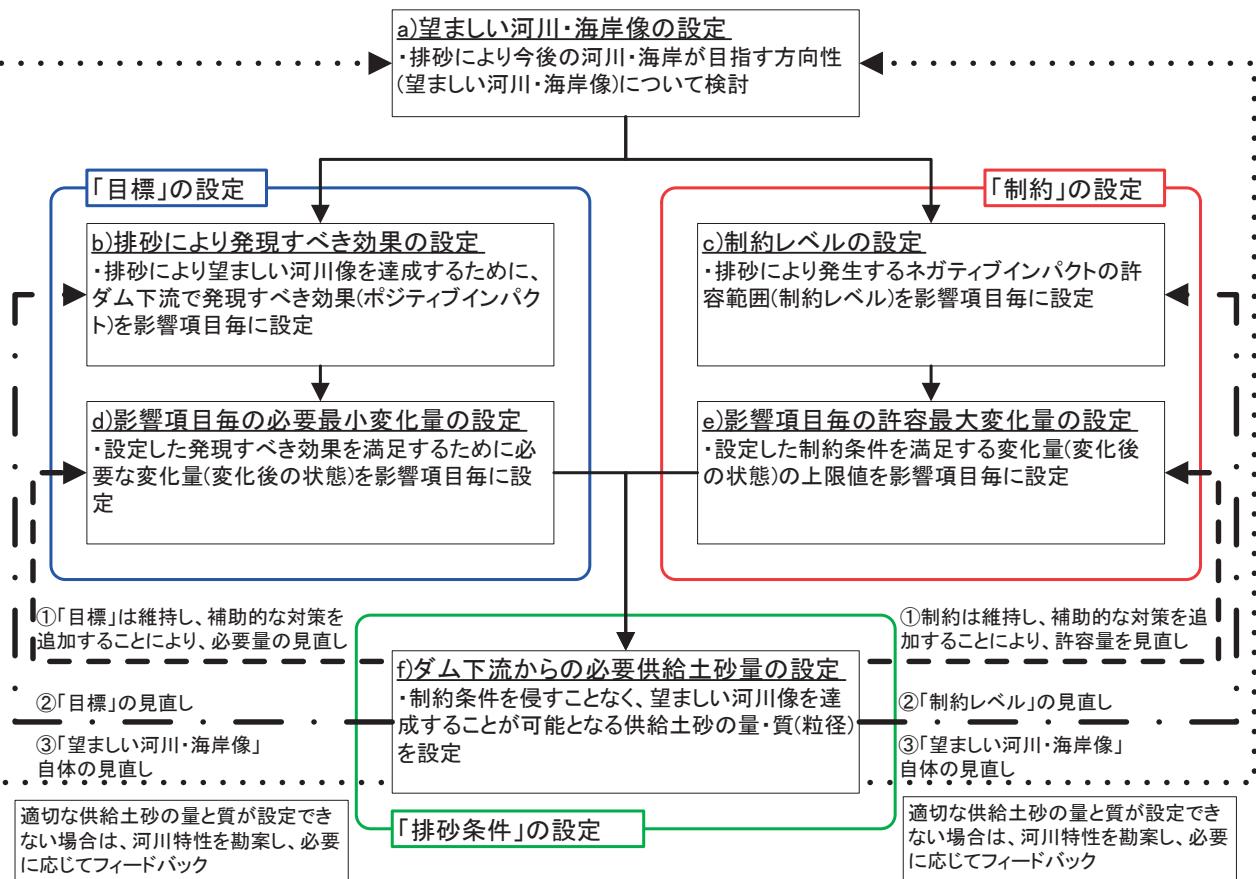


図-2 下流河川からの必要供給土砂の設定フロー (案)

### 3. 下流河川からの必要供給土砂の設定

#### (1) 検討概要

前章で整理した図-2に基づき検討を行うためには、排砂によりダム下流において影響を受ける事項を把握し、当該項目について目標・制約を設定する必要がある。先ず、排砂により想定される物理変化から、ダム下流での発生現象を分類し、これによる「影響」項目について整理した。影響を評価するため、対応する影響評価指標を用いて、いくつかの項目について、ある排砂ケースを元に仮想的な「目標」、「制約」をどの程度満たすかのケーススタディを試みた。結果、この方法では、目標・制約に対する個別項目毎の充足度の評価、及び対策が必要となる区間とその対策内容について把握することが出来たが、全ての項目について総合的に見た場合、当該排砂ケースが最適案であるか否かを判断することが出来なかった。そのため、排砂量・流況を要因としてダム下流河川の健全度が変化すると仮定し、影響項目毎の健全度が最大となる排砂ケースを最適案として抽出する方法を提示した。

#### (2) 影響項目

ダムからの排砂により、ダム下流では河道・海岸への供給土砂の増加、排砂中の土砂濃度の上昇、河床材料の変化といった物理環境の変化が発生すると想定される。G.Merleによるダムの影響がおよぶ区域・期間の整理結果<sup>4)</sup>を参考に、排砂実施事例等、近年得られた知見を追加し、排砂によりダム下流で発生が想定される影響項目について整理した結果を表-1に示す。なお、ダム設置に伴う下流河川での物理環境の変化は「供給土砂量の減少」と「流況変化（洪水流量の減少）」に起因していると考えられるため、河床の固定化改善は供給土砂量の増加のみでは効果が期待できず、フラッシュ放流等の組み合わせ措置が必要であると考えられる（図中の黄色ハッチ部）。

表-1 排砂によりダム下流で発生が想定される影響項目

排砂により想定される物理変化	影響評価項目(ダム下流での発生現象)	影響	効果 <sup>*1</sup>	影響が報告されている事例	影響評価指標 <sup>*2(例)</sup>	供給土砂の質(粒径)との関係	影響が現れるまでの期間
河道への土砂供給量の増加	⇒ 河床低下の防止	⇒ 橋脚基礎・護岸基礎等の根入れ保護	+	三春ダム、三保ダム	・平均河床高	・粒径が大きいほど堆積しやすい	・数ヶ月～数年
		⇒ 地下水低下の防止	+			・粒径が大きいほど排砂による影響範囲は狭くなる	・数年～数十年
		⇒ 塩水遡上の防止	+			・ダム建設前の元河床より細かい粒径の土砂は、堆積せず通過する可能性がある	
	(ただし、流況の影響が大きく、土砂供給のみではなく、フラッシュ放流等を組み合わせないと大きな効果期待できない)	⇒ 攪乱頻度の増加	+	下久保ダム	・比高差 ・川幅水深比 ・水深粒径比		
		⇒ 砂州形態の変化	+				
		⇒ 樹林化の改善 <sup>*4</sup>	±				
		⇒ 生態系・景観への影響	±	下久保ダム(+)			
	⇒ 河積の減少	⇒ 治水安全度の低下	-		・平均河床高		
		⇒ 掘削・浚渫量の増加	-		・流下能力		
	⇒ 取水施設(堰堤、取水口等)の埋没	⇒ 取水機能の低下、維持管理費の増加	-				
	⇒ 排水口の閉塞	⇒ 内水被害の増加	-				
海岸への土砂供給量の増加	⇒ 海岸部への土砂堆積	⇒ 海岸侵食の抑制	+		・通過土砂量	・海岸部付近まで土砂を到達させるためには、河道部を通過する程度の細かい粒径の土砂が必要	・数ヶ月～数年
		⇒ 海岸堤防基礎等の保護	+				・数年～数十年
		⇒ 波浪進入の危険性の減少	+				
		⇒ 生態系・景観への影響	±				
土砂濃度の上昇	⇒ 流砂量の増加	⇒ 付着藻類の剥離の促進	+	真名川ダム、下久保ダム、蓮ダム、土師ダム	・通過土砂量 ・剥離率	・粒径が大きいほど付着藻類の剥離・更新、クレンジング効果は高くなる	・数時間～数日間
		⇒ 岩表面等のクレンジング効果	+				
		⇒ 魚体の損傷	-		・通過土砂量	・粒径が大きいほど魚体が損傷する	・数時間～数日間
	⇒ 濁度・SS濃度の上昇	⇒ 栄養塩類の供給	+		・SS濃度	・粒径が細かいほど、SS濃度が上昇しやすい(特に洪水初期など)	
		⇒ 生態系への影響	-	黒部川	・SS濃度 ・ストレスインデックス		
		⇒ 水利用への影響・水路維持	-				
河床材料の変化	⇒ 砂・礫の増加(河床材料の細粒化)	⇒ 生態系・景観への影響	±	蓮ダム(+), 浦山ダム(+), 阿木川ダム(+)	・代表粒径 ・粒度分布	・粒径が大きいほど堆積しやすい ・粒径が大きいほど排砂による影響範囲は狭くなる ・ダム建設前の元河床より細かい粒径の土砂は、堆積せず通過する可能性がある	・数ヶ月～数年 ・数年～数十年

\*1) 効果については、ポジティブインパクトを「+」、ネガティブインパクトを「-」と表記している。なお、生態系については、目指すべき“望ましい河川像”によりその変化に対する評価が異なるため「±」としている。

\*2) 影響の評価については、河床変動計算結果に基づく土砂動態マップや縦断的な土砂収支図(必要に応じて時系列も考慮することが望ましい)等により実施することを基本とする。

\*3) 河床の固定化については、ダム建設に伴う「流況の変化(大流量の減少)」が主要因として発生すると考えられることから、排砂による土砂供給量の増加のみではその改善効果は小さく、フラッシュ放流などと組み合わせることにより、効果が期待できる。

\*4) ダムからの排砂が樹林化に与える影響については、現在の知見ではその評価が困難である。

### (3) 検討フローに基づいたケーススタディ

ここでは、A川を対象として前節の影響項目について、「下流河川からの必要供給土砂の設定フロー」に基づき土砂量設定のためのケーススタディを実施した。検討にあたっての前提条件は下記のとおりである。

- 取り扱う影響項目はA川の資料がある「河床高」、「流砂量」、「河床材料」の3種類とした。
- 便宜上、整理した影響項目毎に「目標とするポジティブインパクト」、「制約となるネガティブインパクト」を仮想的に設定した。
- 一次元河床変動計算に基づく排砂による物理環境変化の予測結果と仮想的な目標・制約の関係から、排砂影響を整理・評価した。
- 想定する排砂ケースは、水圧吸引工法により23万m<sup>3</sup>/年の土砂量をダム下流に排砂することとした。

#### a) 河床高の評価

##### ①目標・制約の設定

排砂による護岸や橋脚等河川管理施設の洗掘による被災を防止するための目標と治水・利水上の制約を表-2に示す。

表-2 河床高に関する目標と制約

影響項目	内容	目標・制約
河床低下の防止	発現すべき効果	将来洗掘が生じると予想される箇所(65k~66k)の洗掘防止
	目標の状態	現況河床高より河床低下させない
河積の減少	制約レベル	現況治水安全度を確保する
	許容の状態	治水ネック箇所への堆積防止
取水施設の埋没	制約レベル	利水施設への影響を限定的にする
	許容の状態	発電ダム湛水域の河床上昇を1.0m以内にする

※青ハッチ：目標、赤ハッチ：制約

##### ②排砂による河床高の評価

上記目標・制約の下で、河床変動計算により算出される河床高を整理すると図-3の通りであり、排砂実施により対象区間全域で河床低下が生じないことが想定され、目標は達成できることが分かった。一方、この排砂条件では、一部区間で治水安全度を満足しない区

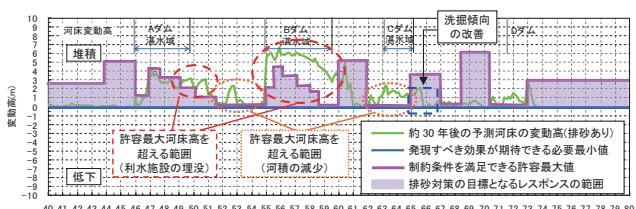


図-3 河床高の評価

間が生じること、及び発電ダム湛水域間で許容最大河床高を越える区間が生じることが明らかとなった。

このため、このケースでは下記の対応が必要であると判断される。

- 発電ダム堰堤の改造、機械的排除、維持掘削などの対策を実施する（補助的な対策を実施する）
- 利水施設の許容値を引き上げる（制約レベルを変更する）
- 排砂条件（土砂の量・質等）を変更する 等

#### b) 流砂量（砂フラックス<sup>2</sup>）の評価

##### ①目標・制約の設定

排砂による付着藻類の剥離・更新を促進するための目標と魚類生息の観点からの制約を表-3に示す。

表-3 付着藻類の剥離・更新に関する目標と制約

影響項目	内容	目標・制約
河床付着藻類の剥離更新の促進	発現すべき効果	藻類の剥離・更新の促進
魚体の損傷	目標の状態	現況に比して剥離率を2倍以上にする 排砂なしに比して礫成分の平均年流砂量を2倍以上にする
	制約レベル	通砂量増大による魚体の損傷を生じさせない
	許容の状態	排砂なしに比して礫成分の平均年流砂量を10倍以下にする（影響はSI:ストレスインデックスにより算出 <sup>5)(6)</sup> ）

※青ハッチ：目標、赤ハッチ：制約

##### ②排砂による流砂量の評価

上記目標・制約の下で河床変動計算により得られる、SIの算出根拠となる流砂量について整理すると図-4の通りであり、Bダム上流区間については排砂により礫の平均年流砂量が2倍以上となり、排砂なしと比べて付着藻類の剥離・更新が促進できることが期待できる。一方、Cダム上流区間では排砂により流砂量が10倍以上となり、当該区間を遊泳する魚体の損傷に対する許容レベルを上回ることが分かった。

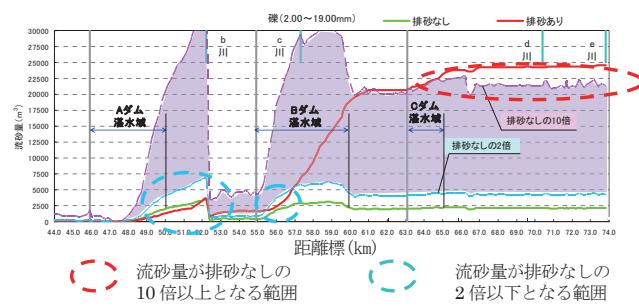


図-4 流砂量の評価

<sup>2</sup> ある面を通過するある物理量（砂など）について、面に垂直な成分の単位面積・単位時間あたりの通過量

このため、このケースでは以降の対応が必要であると判断される。

- 補助的な対策（魚の待避所の設置、下流への土砂供給減となりうる河床の維持掘削等）の実施
- 制約レベルを下げる
- 排砂条件（排砂量を減らす、排出土砂の粒度構成を変更する）を変更する 等

#### c) 河床材料の評価

##### ①目標・制約の設定

粗粒化している河床材料を排砂により細粒化するための目標と生態系の変化に対する制約を表-4に示す。

表-4 河床材料に関する目標と制約

影響項目	内容	目標・制約
粗粒化の改善	発現すべき効果	河床材料の粗粒化進行を改善する
	目標の状態	排砂なしに比べ $d_{50}$ を細粒化する
生態系の変化	制約レベル	現状の生態系を大きく変化させない
	許容の状態	湛水域を除き $d_{50} \geq 2.0\text{mm}$ とする

※青ハッチ：目標、赤ハッチ：制約 ※ $d_{50}$ ：50%通過粒径

##### ②排砂による河床材料の評価

上記目標・制約の下で河床変動計算により算出される粒径を整理すると図-5の通りであり、排砂により全域において、河床材料は細粒化の方向に動くことが予想される。Aダム・Bダムの湛水域を除いては、 $d_{50} \geq 2.0\text{mm}$ であり、生態系が大きく変化することはないと想定される。

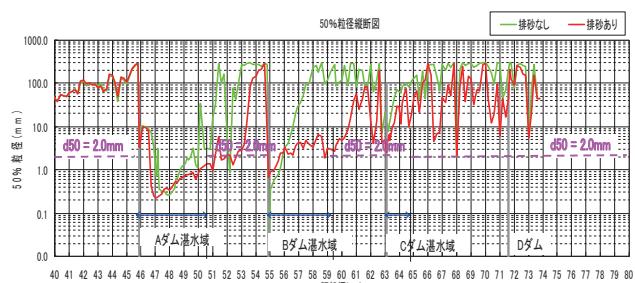


図-5 河床材料の評価

このケースでは河床材料の変化に関する目標・制約を両方満足することが可能であることが分かった。

#### d) 必要供給土砂設定の課題

以上、3種類の影響項目について、「下流河川からの必要供給土砂の設定フロー」に基づきケーススタディを実施し、対象とする排砂ケースについて、目標と制約の各々の条件に対する充足状況の確認と必要な対策について整理した。一方、この方法では当該排砂ケースの目標・制約に対する充足度を評価することが

出来ても、排砂に期待する最も妥当な必要供給土砂量であるか判断が付かない。このため、目標と制約の充足状況を踏まえ、最適な必要供給土砂量を導き出す手法が必要であることが分かった。

#### (4) 下流河川の健全度の評価

##### a) 影響項目毎の健全度

排砂によるダム下流に対する影響は、目標と制約の両者を満足するケースが複数存在する場合があり、このような場合に何れのケースが最適であるか、判断する指標が必要となる。また、土砂の連続性の遮断によりダムの下流河川の健全度が損なわれてきた場合、排砂量を増大させることで健全度の向上が期待されるが、土砂量が一定量を超えると、それ以上排砂量を増大させても健全度は向上せず、むしろ悪化する排砂过多の状態になると考えられる。

そこで、排砂により影響項目が目標に対してどの程度充足されたのかを示す指標として「健全度」を設定し、これが最大となるケースを最適ケースとすることが妥当であると考えた。図-6に排砂による下流河川の健全度応答のイメージを示す。

なお、影響項目の健全度は各項目間でトレードオフの関係にあると考えられ、ある排砂ケースに対し影響項目毎の健全度の全てを最大とすることは困難である。このため、影響項目毎の健全度を個別に評価し、その後、項目の重要度を踏まえ、総合的に評価することが必要である。総合評価の考え方については後述する。

健全度の考え方は、ダム建設に伴う下流への影響は「供給土砂量の減少」と「流況変化（洪水流量の減少）」が複合的に影響しあって生じていると考えられる<sup>7)</sup>。このため、下流河川における健全度は、下式のように影響評価項目毎に土砂量と流況の関数として表現することが出来る。

$$\text{下流河川の健全度 } (X_i) = f_i(\text{土砂量}, \text{流況})$$

上式は、対象とする評価項目により関係式が異なるため、検討対象の項目毎に評価することが必要である。以降に、ダムからの排砂を実施した場合の下流河川における評価項目毎の健全度の応答イメージの例を示す。

##### b) 排砂実施による下流河川の健全度応答イメージ

###### ①河床低下への応答

ダムからの排砂が効果的であり、排砂の実施により健全度の改善が期待できる。また、フラッシュ放流等により洪水流量を増加させることで、改善範囲の増大が期待できる。

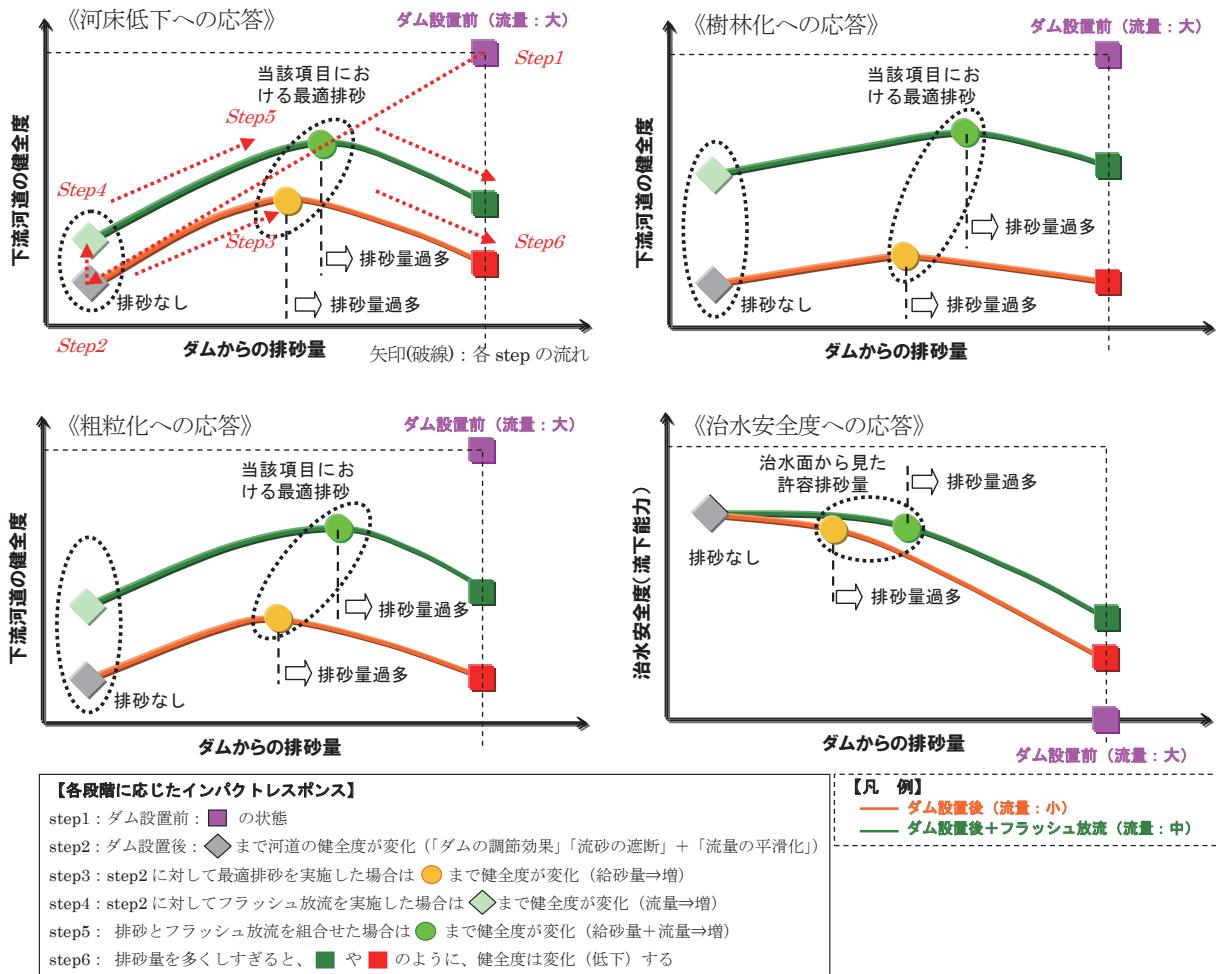


図-6 排砂による下流河川の健全度応答イメージ

## ②樹林化への応答

洪水流量の増大が効果的であり、フラッシュ放流等により洪水流量を増加させることで、改善効果の増大が期待できる。排砂のみではあまり大きな改善効果は期待できないが、排砂とフラッシュ放流を組み合わせることにより、改善範囲の増大が期待できる。

## ③粗粒化への応答

排砂による砂成分等の供給により粗粒化の改善が期待できる。排砂とフラッシュ放流とを組み合わせることにより改善効果が期待できる。

## ④治水安全度への応答

治水安全度(流下能力:ここでは河積を意味する)は、排砂なしの状態が最も高いが、一定の排砂量までは、大きく低下することはないと考えられる。フラッシュ放流等により洪水流量を増加させる対策と組み合わせることで、治水安全度を低下させることなく排砂量を増大させることが可能となる。

なお、実際には健全度を指標化(数値化)して定量的に評価を行うことが必要である。以降に健全度の指標化に関する検討例を示す。

## c) 健全度の指標化例

A川を事例として排砂による下流河川の健全度評価をした事例を示す。排砂による物理環境の予測は一次元河床変動計算により行っており、評価対象は粗粒化の改善度とした。

### ①目標粒径

改善目標はダム建設当初の河床材料( $d_{60}$ (60%通過粒径))とする。

### ②評価対象区間

アユの産卵場を含む30km～42kmの区間とする

### ③評価指標

健全度は、目標に対してどこまで改善されたかを示す、以降の手法により指標化して評価する

$Index = 1 - \frac{\text{目標からの乖離量}}{\text{初期河床(現況) 時点の目標からの乖離量}}$

ここで、目標からの乖離量 =  $\sum (|\log(\text{目標値}) - \log(\text{計算値})| \times \text{区間距離}) / \text{評価対象区間延長}$

#### ④評価結果

表-5に示す供給土砂量の条件で河床材料の変化を河川の縦断方向にプロットしたものを図-7に示す。土砂供給量の増加に伴い、評価対象区間とした30km～42kmを含む全川に渡って粗粒化の改善傾向が見られる。これを目標からの乖離量で健全度を評価した結果、表-5および図-7に示すように供給土砂量が15万m<sup>3</sup>/年の場合、他ケースと比較して著しく粗粒化を改善することが出来ることが分かった。

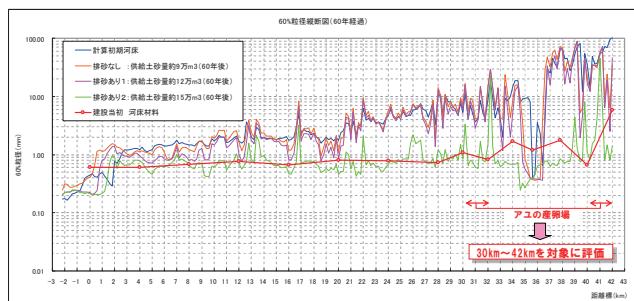


図-7  $d_{60}$  縦断図

表-5 供給土砂量と健全度の関係

ケース	供給土砂量	乖離率	指標
初期河床	-	1.02	0.00
排砂なし	約9万m <sup>3</sup>	0.99	0.03
排砂あり1	約12万m <sup>3</sup>	0.91	0.11
<b>排砂あり2</b>	<b>約15万m<sup>3</sup></b>	<b>0.36</b>	<b>0.64</b>
ダム設置前	約20万m <sup>3</sup>	0.00	1.00

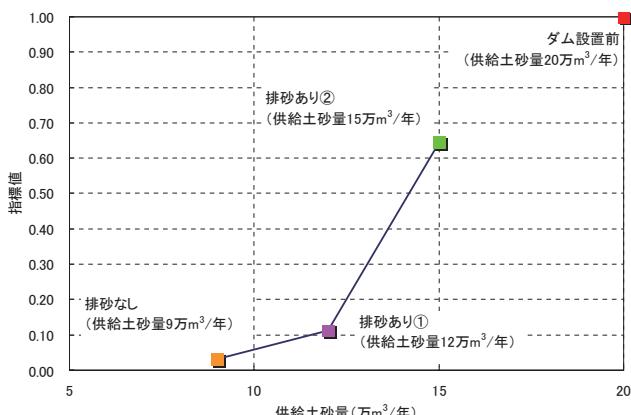


図-8 供給土砂量と健全度(指標値)の関係

なお、この試算では、目標設定をダム建設前の河床材料に設定しているため、指標値(健全度)は極値をとっていない。

#### d) 健全度の総合評価

ダムからの排砂が下流河川の健全度に与える影響は、前述のように評価項目(下流河川で発生している影響)毎に個別に評価することが必要であるが、評価項目毎にトレードオフの関係にあり、また対象とする河川の特徴により、各項目の優先度が異なると考えられる。このため、ダムからの排砂による下流河川の総合的な健全度は、下式のように表現できる。

$$\text{総合的な健全度} = a_1 X_1 + a_2 X_2 + \cdots + a_i X_i$$

ここで、i: 評価対象項目数、 $a_i$ : 項目毎の重み係数、 $X_i$ : 項目毎の健全度である。なお、項目毎の重み係数は河川毎に異なるため、各河川の特徴、周辺環境等を踏まえた上で設定することが必要である。重み付け係数の設定は、アンケートを活用したコンジョイント分析<sup>3</sup>などの方法により設定することが考えられる。

## 4.まとめ

本稿では、ダム下流河川が必要とする土砂の量と質を勘案したダムからの排砂量設定プロセスの基本的な考え方について整理した。

ダム下流における必要供給土砂量の設定にあたっては、先ず排砂による影響評価項目を抽出した上で目標と制約の両条件を設定し、排砂後の状況がこの範囲内にあることを確認することが必要であることを示した。範囲外の場合は排砂条件の変更や、目標・制約レベルの変更等のフィードバックが必要となる。

一方、上記の流れによる検討では、設定した排砂ケースが最適か否かの判断が付かないことが課題となる。そこで、最適ケースの抽出を行うために、複数の排砂ケースについて影響項目の健全度の指標化(数値化)、項目毎の重み付け係数の設定を経て総合的な健全度を評価することが必要であることを示した。総合的な健全度が最大となるケースが最も妥当な排砂ケースとなる。

現時点では、検討の前提となる望ましい河川像の設定や、影響評価項目の重み付けを踏まえた総合的な健全度の評価等について具体的な検討のあり方を示すことが出来ておらず、今後更に検討していく必要がある。

<sup>3</sup> 意思決定者(の集団)がある選択肢を選好する場合、それぞれの評価項目がどの程度それに影響を与えていたかを知るための分析手法

## 謝辞

本稿は、ダム水源地環境整備センターが調査研究のために設けた「ダム土砂マネジメント研究会（委員長 角哲也 京都大学防災研究所教授）」で議論された研究会資料を基に構成したものです。研究会において貴重なご助言、ご指導を頂いた委員の皆様方、また研究会資料作成にあたりデータの整理等にご尽力頂いた株式会社建設技術研究所の高田氏、永谷氏に紙面を借りて御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 貯水池土砂管理ハンドブック 流域対策・流砂技術・下流河川環境：技報堂, p.499, 2010
- 2) ダム水源地環境整備センター：平成19年度ダム水源地環境技術研究所 所報,p.30,2007
- 3) ダム水源地環境整備センター：ダムの堆砂対策技術ノート -ダム機能向上と環境改善に向けて-,2008
- 4) G.Merle : Some Environmental Aspects of Flushing,貯水池土砂管理国際シンポジウム ワークショッピング論文集, 富山,2000
- 5) Newcombe & Macdonald : Effects of Suspended Sediments on Aquatic Ecosystems, North American Journal of Fisheries Management,11,pp.72-82,1991
- 6) 村岡敬子、角哲也：高濃度の濁りがアユに与える影響について 第25回土木学会,1998
- 7) 国土技術政策総合研究所：日本におけるダムと下流河川の物理環境との関係についての整理・分析, 国総研資料 第445号, p.8, 2008