

下流河川への土砂還元の現状と課題

CURRENT STATUS AND FUTURE CHALLENGES OF SEDIMENT REPLENISHMENT TO DOWNSTREAM RIVER

角 哲也¹・藤田 正治²
Tetsuya SUMI, Masaharu FUJITA

¹正会員 博（工） 京都大学教授 防災研究所水資源環境研究センター（〒611-0011 宇治市五ヶ庄）

²正会員 工博 京都大学教授 防災研究所流域災害研究センター（〒612-8235 京都市伏見区横大路下三栖）

Comprehensive sediment management in reservoirs is required to preserve the capabilities of water resources facilities and to conserve the environment in rivers and coastal areas downstream of the reservoir. As one means of achieving goals, ‘sediment replenishment’ has been carried out in more than 20 dams to excavate some of the sediment deposited in reservoirs, transport it to downstream of the dam, discharge it into downstream rivers with flood water.

Environmental Hydraulics group in the committee on hydrosience and hydraulic engineering, JSCE has organized the symposium on the sediment replenishment, and this paper summarize current status and future challenges of the method based on the discussion at the symposium.

Key Words : *Sediment replenishment, reservoir sedimentation, consensus building*

1. はじめに

ダム貯水池への流入土砂の軽減対策の中では、貯水池末端部で粗粒土砂を中心に捕捉する貯砂ダムの設置が一般的に行われている。近年、いくつかのダムでは、貯砂ダムで捕捉した土砂を、ダム下流へ運搬・仮置き（置き土）し、洪水時等に自然流出・流下させる試みが行われている。このような取り組みは「土砂還元」とも呼ばれ、流砂系総合土砂管理の観点から、ダムで遮断された流砂の連続性を簡易な形で回復させる有力な手法の一つとして全国の20箇所以上のダムで実施されている¹⁾。

しかしながら、現在、土砂還元は個別ダムで試行的に行われている例が多く、その目的を明確にするとともに、目的にあわせた目標設定、置き土方法、モニタリングおよび評価手法を確立させることなどが課題となっている。一方で、土砂還元の必要性は高いものの、流砂環境が大きく変化することから、地元関係者の理解が得られず、実施に至っていない事例も多く見られる。

そこで、水工学委員会環境水理部会では、2008年12月2日に「置き土シンポジウム」を開催し、現在実施されている土砂還元の効果・影響調査結果を整理するとともに、関連した学術研究を紹介し、今後の土砂還元が良好な河川環境の構築に資するように、様々な角度から現状

の課題と解決の方向性について討論を行った。

本報は、このシンポジウムの議論を総括し、総合的土砂管理を具体的に実現する一手法として、各地で質の高い置き土を進めるための推進方策について提案を行うものである。なお、本報では「土砂還元」は土砂を河川に人為的に供給する行為そのものをさし、「置き土」はその具体的な工法を意味するものとして定義する。

2. 土砂還元の基本プロセスと実施上の課題

土砂還元の基本的なプロセスは下記のとおりである。

- ①ダムに貯まった土砂を取り除く（貯砂ダムなどから）
- ②取り除いた土砂を、ダムの下流に運ぶ
- ③運んできた土砂を川の中に置き土し、川の流れにより下流に流す（図-1）

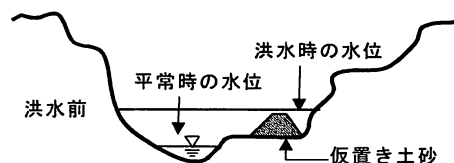


図-1 置き土の基本形状

表-1 土砂還元実施上の課題

(計画)
■ 目的の明確化
－ ダム機能維持（堆砂対策）
－ 下流改善（環境・河床低下・海岸侵食対策）
■ 対象土砂の量と質（細粒分の割合）
－ 排砂目標量と環境必要量は整合するか？
－ 治水上のリスクは？
・ 設定河床高の考え方（平均と変動）
■ 貯水池からの掘削・運搬・置き土方法
－ 効果的な置き土方法とは？
・ 洪水時の掃流開始流量の設定
・ 1洪水ハイドロ内で確実に掃流されるか？
（侵食形態・侵食速度）
(実施)
■ 濁水発生の防止方法の確立
－ 置き土の裾部の処理
－ 採取土砂の簡易分級処理
■ モニタリング手法の確立
－ 土砂侵食→掃流→河道地形変化のモニタリング
－ 環境変化（効果）の予測と評価
・ クレンジング効果、粗粒化解消、瀬淵・浅場の形成など
－ 環境変化（影響）の予測と評価
・ 濁水発生、河床の目詰まりなど
■ 経済性
－ 管理費の予算制約の中で持続的に実施できるか？
・ ビジネスモデル（規制緩和）、骨材リサイクルとの両立

次に、土砂還元の現状での位置づけは以下のように整理される。

- 1) 大規模な施設を伴わない堆砂対策と考えられる（流砂復元の入門編・土砂管理の第一歩）
- 2) 掘削・浚渫→輸送→処分のうち、処分コストを低減することができる（貯砂ダムの管理に最適）
- 3) 適切に土砂粒径を管理することで、環境に対するプラス効果を期待することが可能である
- 4) 砂分を主体に供給することが最も容易（濁水発生、治水障害が小さい）かつ効果的である
- 5) 平時時には土砂が流れないように工夫（濁水防止）する必要がある

これらを踏まえた土砂還元実施上の課題を計画面と実施面について整理すると表-1となる。

3. 土砂還元実施ダムの現状（アンケート調査）

シンポジウムに先立ち、全国アンケート（対象：国土交通省所管多目的ダム）を表-2のように実施した。

表-2 土砂還元に関するアンケート調査

- 対象：国交省直轄・水機構・都道府県補助ダム、H10以前完成（総貯水容量100万m³以上）
- 回答数293ダム（対象約375ダム）
- 貯砂ダム（副ダム）の有無と諸元（堤高、幅、貯砂（貯水）容量）
- ダム堆砂量、H10-19
- 掘削状況（貯砂ダム、貯水池）、H10-19
- 掘削（浚渫）土砂の処分方法
 - － 捨土（産廃処分）、仮置き、リサイクル、河川土砂供給（置き土）
- 河川土砂供給（置き土）について
 - － 実施中（平均、目標）、検討中（当面、目標）
- 目的（堆砂対策／河川環境改善／両方）
 - － 河川環境（河床低下対策／魚類生息環境／その他）
- 実施上の障害
 - － コスト、下流住民、漁協（濁水、河床目詰まり、淤埋没）、利水者など、その他自由記述

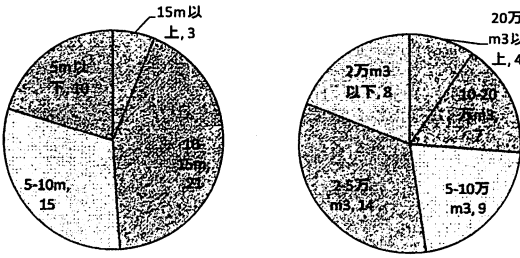


図-2 貯砂ダムの堤高（左）と容量（右）

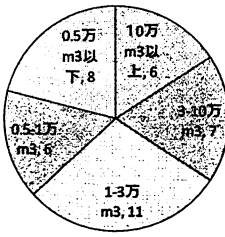
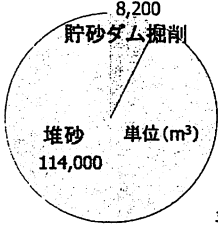


図-3 堆砂掘削量

表-3 年平均置き土量（m³）

三保	19000
二瀬	8200
長安口	8000
二風谷	5700
下久保	5400
三春	2000
一庫	2000
川俣	1300
阿木川	1200
蓮	1000
手取川	1000
弥栄	1000
布目	420
室生	200
比奈知	100



河川還元
8,200

平均年間掘削量(8,200m³)
平均年間堆砂量(122,200m³) 8,200/122,200=6.7%

図-4 二瀬ダムにおける年間の土砂収支

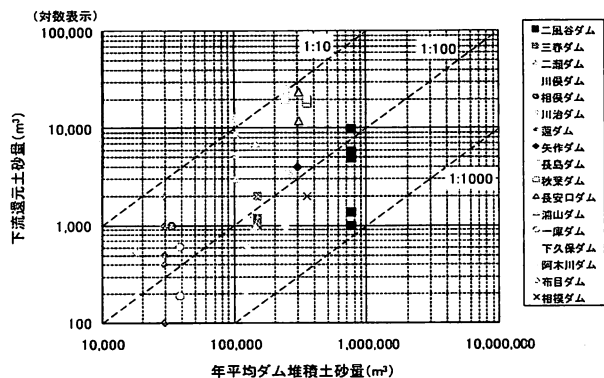


図-5 年平均ダム堆砂量と土砂還元量（平成12-18年度）

(1) 貯砂ダムの設置と掘削状況

約300ダムの17%にあたる49ダムに貯砂ダムが設置されており、その規模は図-2に示すとおり、堤高10m、容量5万m³程度が標準である。堆砂掘削は全体の約1/5の60ダムにおいて実施されており、特に貯砂ダムを設置しているダムは積極的に掘削を実施（貯砂ダム有（38/49=78%）、貯砂ダム無（22/244=9%））している。

(2) 掘削土砂の処分方法

掘削土砂の処理方法（以下、複数回答あり）としては、捨土・仮置き37ダム、リサイクル（骨材、盛土材、客土など）29ダム、置き土実施中・検討中34ダムであることが明らかとなった。置き土目的としては、堆砂対策4ダム、下流河川環境改善6ダム、両方16ダムとなっている。

このうち、実施している年平均の置き土量は表-3に示すとおりであり、数1,000m³を超える土砂量を実施しているダムもある。ダム堆砂対策の観点から考えれば、そもそもダムに年間堆積する土砂に対する最終的な土砂収支が重要である。その一例として二瀬ダムの例を図-4に示す。二瀬ダムは貯砂ダムを有しており、貯砂ダム内に堆積する粗粒土砂を中心に平均年間堆砂量の約7%を掘削して下流河川に還元している。この7%は他ダムに比べて大きな割合であり、一般には図-5に示すように数%程度の事例が多いのが現状であり、これを増やすために後述のような障害を取り除くことが課題となっている。

(3) 実施上の障害と解決の鍵

置き土実施上の障害としては、掘削運搬コスト1ダム、下流関係者（住民（治水）4ダム、漁協4ダム、発電・農業取水者1ダムなど）との調整などがあげられる。特に土砂の流下に伴う濁水の発生が漁業関係者から指摘される場合が多く、図-6に示すように実際に置き土されている土砂の粒径は細粒分を含まないものを中心となっており、ダム全体の堆積土砂の代表値とはいえない。

実施上の障害の解決の鍵として、土砂の採取・輸送・置き土方法の改善、および、各管理者の枠組みを超えた水系一貫での取り組みや、漁協や下流住民を含めたメンバーによる合意形成の促進が提案されている。ここでは、

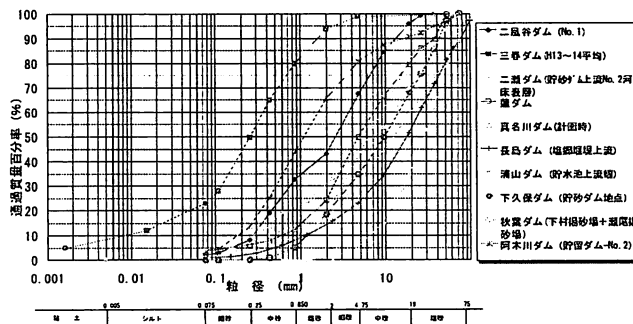


図-6 還元土砂の粒度分布²⁾

どのように土砂供給を行えば河川環境の改善に役に立つのかを理解してもらうことや、他ダム等の好事例の紹介による関係者間の理解促進が重要である。

(4) 要望事項

アンケートに自由記述として記載された要望事項を分類すると以下のとおりである。

1) 予算

- ・県のダムでは予算補助制度の拡充が不可欠（現行は治水容量内の災害堆砂分のみ）。

2) モニタリング

- ・モニタリングが高コストであり、効果的・効率的なモニタリング方法の確立が必要
- ・粘性土（海への土成分（栄養）の供給）の供給時の河川環境への影響と効果の分析手法の確立が必要

3) 事例拡充と啓蒙活動

- ・土砂供給による効果が顕著に現れた事例の増加
- ・地域によって土砂供給に対する認識が異なる。土砂供給は実施すべきという共通認識が広がることを期待

4) 計画論

- ・一カ所に置土できる適量を、河川勾配、断面、フラッシュ流量等より予測したい（置土後、出水がなく時間が経過すると植物が生えて掃流されにくくなる）
- ・土砂供給が必要な河川の状況とはどんな状態のものか定量的に示して欲しい。また、供給土砂としての材質等の適否が判断できる指標があれば参考になる。
- ・効果が顕著に現れた河川の事例の知見を技術基準化して、適用可能河川の選定や実施方法が簡素化され、実施に対する人件費やコストが削減されるとよい。

4. 課題解決のための取組

(1) 実践的アプローチ

実施面では、置き土シンポジウムで報告された長安口ダム、二瀬ダム、矢作ダム、一庫ダム、布目ダム、真名川ダム、下久保ダム、三春ダムのそれぞれで工夫が見られる。ここではその一例として下久保ダムの事例を取り上げる。下久保ダムの下流河道は図-7に示すように、景勝地である三波石峡から神水ダムまでの区間①と、その下流の区間②に分けられる。当初より次の2つの課題解

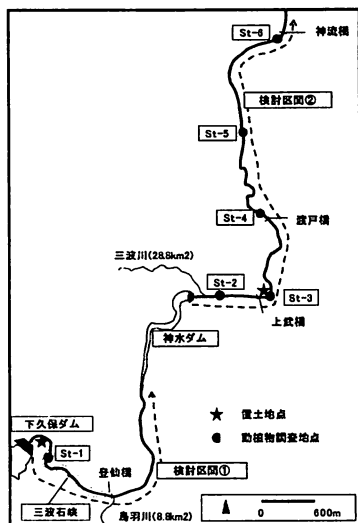


図-7 下久保ダムと置土砂地点およびモニタリング区間

決を目的に上砂還元が計画され、さらに区間①では三波石峡の景観改善が目的の一つとして位置づけられている。

1) ダム直下流の河川の粗粒化、砂州の消失、付着藻類、コケ等の繁茂、アユなどの生物の減少

2) 貯水池内の土砂の堆積が計画を上回る速度で進行

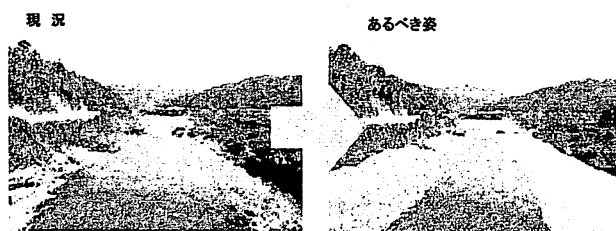
ここで問題となるのは、神水ダム（1967年、堤高20.5m、発電）であり、全ての土砂をダム直下に置き土すると2)の目的は満足するものの、1)の目的は神水ダムにおける土砂通過程度によるものの多くは期待できない。実際には、区間①について平成15年から年間2,000～4,000m³が、区間②について平成17年から年間5,000～10,000m³が置き土されており、前線・低気圧や台風による増水時に土砂が侵食されて土砂が供給されている。

下久保ダムにおけるモニタリング調査は表-4のように実施されている。これらの調査により、区間①、②に共通して、河道内のツルヨシなどの植生が掃流されるとともに砂州が形成されて自然裸地の増加が確認されている。特に区間①に関しては河道内の石のクレンジング効果が顕著であるとともに砂礫の堆積による瀬淵の形成も認められている。生物への影響はある程度の期間の評価が必要であるが、例えば水生昆虫の生活型は、実施前後で、流れの緩やかな場所に生息する匍匐型から砂地を生息環境とする掘潜型及び砂利等で巣を造る造網型の構成割合が増加し多様性が増加する傾向がみられている。

下久保ダムでは、学識者・河川管理者・沿川行政・漁業関係者・河川利用者等からなる懇談会による議論をベースにこれらの事業が進められており、組織的な取り組みとなっていることが評価される。なお、前述の区間①と区間②に対して、期待される効果と想定される副作用（神水ダムへの土砂堆積）のバランスを考慮した上で、適切な土砂配分を行うことが課題と考えられ、特に、神水ダムの土砂通過可能性を考慮した上で区間①への必要な置き土砂量と粒径を設定することが重要な課題である。

表-4 下久保ダムにおけるモニタリング調査

調査対象	調査内容	調査目的	調査方法
河川形状	横断形状	土砂の堆積状況の把握	横断測量
	瀬淵分布、砂州形成	瀬淵分布及び砂州の形成状況の把握	空中写真判読、踏査 定点写真撮影
掃流土砂	流下状況	掃流土砂の流下状況の把握	トレーサー調査
	クレンジング効果	三波石のクレンジング効果の把握	踏査、写真撮影
河床構成材料	河床構成材料分布	代表地点の河床構成材料の変化の把握	コドラート調査
河川植生	植生分布	河川植生に及ぼす影響の把握	空中写真判読、踏査
	植生断面		優占種による区分
水生昆虫類	水生昆虫類相	水生生物に及ぼす影響の把握	ライトトラップ法
魚類	魚類相		捕獲調査



ダム下流河道のあるべき姿フォトモンタージュ

写真-1 那賀川（長安ロダム）における土砂還元効果評価

下久保ダムと同様な協議会方式は、長安ロダム、一庫ダム、真名川ダムなどでも行われている。特に長安ロダムでは、流域懇談会の議論を経て、那賀川の河川整備計画に「砂レキが復活し、清流が流れる川づくり」の目標設定が明記されている。那賀川では、土砂供給の効果を地域住民にわかりやすく説明するために、写真-1のようなフォトモンタージュが活用されている。

(2) 学術的アプローチ

a) 流砂研究

置き土を河川技術の一つとするためには、安全面と環境面の両面で置き土が河川に与える影響を定性的かつ定量的に評価する方法を確立する必要がある。置き土の侵食、流送、堆積過程の解析は従来の流砂理論を基礎とする河床変動計算によって行うことができ、治水や利水に関係する安全面での影響評価はかなりの精度で可能である。しかし、置き土が環境面に与える影響に関しては、従来の流砂理論による解析が十分な情報を提供することができるとは言い難い。たとえば水生生物の生息場に与える影響として、河床材料の質的变化は重要なポイントであるが、流砂理論では河床材料の粒度分布の変化が解析できる程度にとどまっている。最近、河床材料の空隙構造の解析を行う試み³⁾や付着藻類の剥離を解析する手法の開発^{4), 5)}などが行われているが、今後究明すべき課題は多い。

一般的な置き土では、砂成分を主体にした土砂を河岸付近に置き、それが洪水時に侵食されることを通して、アーモアコートが発達した礫河床に砂成分を供給する場合が多い。したがって、下流礫床の礫間の隙間を通過す

る流砂量とその粒度分布、河床材料の細粒化と空隙率の減少、藻類の剥離、さらには元の状態への回復過程を解析することが重要であり、それができれば生息場に対する影響評価に少しでも近づくことができる。現在、河床材料の粒度分布の変化は、平野⁹⁾が提案した「流砂と河床材料の交換層モデル」によって解析される場合が多い。しかし、交換層の定義、層厚の決定方法に多少曖昧な点があり、それらの設定方法が粒度分布の変化や流砂の伝播の計算精度に影響を及ぼす。河床材料の粒度分布の変化は生息場の評価において重要であるが、この点を改良するために水理条件によって厚さと濃度が変化する掃流砂層を交換層とするモデルも考案されている⁷⁾。河床材料の空隙構造は土砂水理学と生態系を結びつける一つのキーになると考えられる。アーマールコートが発達した河床に置き土を行う場合など、砂成分が河床の礫の間に詰まっていく過程では空隙率は減少し、逆の過程では増加する。しかし、従来、空隙率を一定とした河床変動解析が通常であり、このようなプロセスを解析することができない。藤田ら³⁾は粒度分布の幾何形状に応じて空隙率を求める方法を提示し、空隙率も変数として流砂の連続式を解くことにより、空隙率の時空間的変化を計算できるようにしている。

一次元河床変動計算から二次元河床変動計算^{8), 9)}へと解析解像度を上げれば得られる情報も多くなるが、生息生物の微生息場のレベルまで解像度を上げることは容易ではない。そこで、ある解像度での河床変動計算から得られる河床の時空間変動特性と微生息場も含む生息場構造の時空間変動特性を結びつける経験モデルを今後開発して行くことが重要であると思われる。

b) 生息場への影響評価に関する研究

流砂系の土砂管理では土砂を生物にとっての資源として考える必要があり、置き土は水生生物の生息場の保全または改善に土砂を有効に活用するという視点が重要である。しかし、土砂の物理環境と生息場の関係について十分解明されておらず、適切な管理方法を構築するための基本的な知見が得られていないのが現状である。ここで土砂環境とは、濁水、流砂、河床変動、粒度分布、浮石や沈み石などの河床構造と空隙構造などであり、これらの現象や状態は一洪水の時間スケールから数年、数十年、数百年の時間スケール、粒径スケールから河床波、流域スケールまでの空間スケールといった様々な時空間スケールで変化するものと考えられる。生態系における様々な時空間スケールのなかで、どのような時間スケールや空間スケールでの現象や状態の変化が生息場の保全にとって重要であるのかを明確にする必要がある。

すでに試験的に置き土を実施しているところもあるが、生息場へのインパクトが現れるほど供給土砂量は多くない。置き土事業の成功の鍵は、環境への正のインパクトが十分あるのかということであるといっても過言ではな

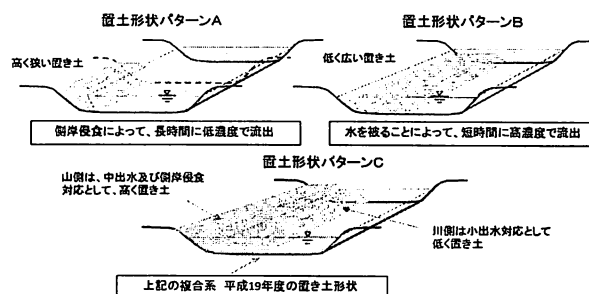


図-8 置き土形状に関する検討（矢作ダム）

いので、置き土の量を徐々に増やし、負のインパクトと合わせて、置き土の正のインパクトの程度を実証的に明確にすべきである。また、最近、異なる溪流において、土砂流出様式と生息場の動態や生息生物の種類や個体数の変化の関係に関する調査研究も行われるようになってきた¹⁰⁾。土砂流出条件と水生生物の生息場や生態を議論するこのような研究は、今後、水生生物やその生息場に与える置き土のインパクトを予測する上で、重要な知見を与えるものと期待される。

c) 関連技術開発

技術開発の観点からは、土砂還元を安全にかつ効率的・効果的に実施するために、土砂を「採る」・「運ぶ」・「流す」各プロセスでの技術革新が課題である。

「採る」技術については、貯砂ダムを設置して、定期的に粗粒土砂を陸上掘削するのが一般的である。なお、貯水池末端の堆積土砂を一部掘削して土砂ポケットを設置し、洪水時の流入土砂を捕捉する試みも行われている。また、近年開発が進められている「水位差吸引土砂排出システム(Hydrosuction Sediment Removal System(HSRS))」の土砂還元への適用も期待される。

「採る」技術の関連として、土砂の粒度調整があげられる。富栄養化対策などで設置された貯水型の副ダムでは、そのまま河道に流すと高濁度の発生原因となる細粒土砂や栄養塩を多く含む土砂が捕捉されている。角ら¹¹⁾はこれを貯水池から安定的に採取し、かつ、下流河川にそのまま還元可能な粒径材料を簡易に抽出するための分級処理手法を開発し、布目ダムをフィールドとして検討を行い、濁度低減、栄養塩除去の有効性を示している。

「運ぶ」技術については、今のところトラック輸送が最も経済的とされる。しかし、好条件が整えば、例えば既存の鉄道ルートを利用した輸送も検討に値する。

「流す」技術については、置き土形状、置き土地点の河道形状とダムからの放流量の生起頻度および放流ハイドログラフの設定にかかっている。矢作ダムでは、置き土形状に関して図-8のような検討が行われ、最終的には、横断方向に2段階に土砂を置くパターンCが採用されている。なお、これまでの知見によれば、増水時に確実に侵食を起こさせるために、置き土地点は水衝部が望まし

く、また、置き土中の玉石は極力これを除去し、置き土を重機で締め固めないことなどが留意点である。

「流す」技術のうち、置き土の侵食過程や河道内の砂礫の流下過程を追跡する手法の開発も重要である。侵食過程については、例えば図-8のAやCのような形状であれば、置き土にマーキングを行ってカメラ撮影やVTR撮影を行うことが可能である。砂礫の流下過程の追跡については、従来から使用されるペンキで着色した礫（二瀬ダム）や白色の方解石（三春ダム、下久保ダム）などを混入させて把握する方法が行われている。また角ら¹²⁾はICタグを礫に埋め込んで、その移動を追跡する技術開発を行っている。さらに、下流河床材料の変化を時空間的に効率的に把握する手法の開発も期待される。

5. 今後に向けた課題と提案

最後に、シンポジウムでも議論された今後に向けた課題と提案を示す。

(1) 水系一貫の土砂管理

ダムの堆砂対策や下流河川への土砂還元を考える場合、個々のダムの問題として捉えるのではなく「水系の流砂は河川使用に係わるすべて施設管理者、事業者課せられた命題」として対応する必要がある。上流ダムは下流ダムへの流入土砂量を減少させ、下流ダムの機能発揮、延命に大きく影響しており、水系一貫の共同事業として関係事業者による応分の費用分担が重要である。

(2) 河川還元と有効利用のベストミックス

現在の土砂還元は質に関しては砂～礫分が中心であり、また、量に関しては年間数百から数万 m^3 の土砂（年平均堆砂量に対し0.1～10%程度（図-5））が一般的である。ダム堆砂対策の観点からは、本報文で示したような障害を解決しながら、この土砂量を今後とも拡大させていくことが求められる。しかしながら、ダム地点で洪水の調節などにより河川流量が変化（掃流力が低下）していることを考慮すれば、実際には30～50%の土砂量が適正と推察され、この決定手法の確立が急務である。

一方で、残りの土砂はダム湖内に死蔵するか、有効利用するしか方法はない。伴田ら¹³⁾は、天然砂利資源の将来の枯渇状況を踏まえて、事業採算性を確保した上で、ダム湖の土砂の資源利用可能性の検討を行った。今後は、ダム湖堆積土砂の河川還元と有効利用の観点からの土砂資源としての適正なマネジメント（ベストミックス）が求められる（図-9）。

謝辞：置き土シンポジウムでの講演者各位から資料の提供を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 末次忠司, 瀬戸楠美, 箱石憲昭, 櫻井寿之: 物理的な挙動に着目した土砂還元手法のあり方, 水利科学, No.302, pp.18-33, 2008.



図-9 土砂還元と有効利用のベストミックス

- 2) 藤田信夫・浅井孝多郎: 河川土砂還元の実施状況とその推進に向けての取り組み, 平成17年度ダム水源環境技術研究所所報, pp.42-49, 2006.
- 3) 藤田正治, Muhammad Sulaiman, Jazaul Ikhsan, 堤大三: 河床材料の空隙率の変化を考慮した河床変動モデルとその適用, 河川技術論文集, 第14巻, pp.13-18, 2008.
- 4) 箱石憲昭, 塚原千明: 水流による藻類の剥離に関する実験的研究, ダム技術, No.173, pp.32-41, 2001.
- 5) 田代喬, 辻本哲郎: 矢作川中流における付着藻類の増殖・剥離過程に関する群落動態モデルを用いた数理解析, 矢作川研究, No.8, pp.65-74, 2004
- 6) 平野宗夫: Armoring をともなう河床低下について, 土木学会論文報告集, 第195号, pp.55-65, 1971
- 7) 竹林洋史: 河川中・下流域の河道地形, ながれ, 第24巻, 第1号, pp.27-36, 2005
- 8) 重枝未玲, 秋山壽一郎, 小牧貴大, 高須賀真哉: 河道への置き砂還元プロセスの平面2次元数値シミュレーション, 水工学論文集, 第50巻, pp.1015-1020, 2006
- 9) 佐々木崇憲, 櫻井寿之, 箱石憲昭: 三春ダム直下流部における置土侵食の平面2次元河床変動解析, 土木学会第63回年次学術講演会講演概要集, pp.253-254, 2008
- 10) 野村理絵, 竹門康弘, 小林草平, 堤大三, 藤田正治: 土砂動態の異なる溪流における生息場構造と底生動物群集の関係, 応用生態工学会, 第11回研究発表会講演集, pp.295-298, 2007
- 11) 角 哲也, 久保田 明, 洲上吾郎, 三反畑 勇, 吉越一郎, 小高 志郎: ダム堆砂の河川還元利用における簡易処理手法に関する研究, 河川技術論文集, 第14巻, pp.253-258, 2008.
- 12) 角 哲也, 石田裕哉, 佐竹義憲: ICタグ技術を用いたトレーサ調査手法による砂礫移動観測, 水工学論文集, 第52巻, pp.889-894, 2008.
- 13) 伴田 勝, 角 哲也: 土砂資源マネジメントの観点によるダム堆砂リサイクル事業の検討, 河川技術論文集, 第15巻, 投稿中.

(2009. 4. 9受付)