

◆ 国土交通省技術研究会報告特集 ◆

水系一貫土砂管理に向けた河川における土砂観測、土砂動態マップの作成及びモニター体制構築に関する研究

国土交通省河川局治水課

同省国土技術政策総合研究所河川研究部河川研究室

同省北海道開発局建設部河川計画課、同省東北地方整備局河川部河川計画課

同省関東地方整備局河川部河川計画課、同省北陸地方整備局河川部河川計画課

同省中部地方整備局河川部河川計画課、同省近畿地方整備局河川部河川計画課

同省中国地方整備局河川部河川計画課、同省四国地方整備局河川部河川計画課

同省九州地方整備局河川部河川計画課

1. 目的

平成 10 年 7 月に、河川審議会総合土砂管理小委員会が、「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」と題する報告をとりまとめた¹⁾。この中で、

- ・ 流域の源頭部から海岸までの一貫した土砂の運動領域を「流砂系」という概念で捉える。
- ・ 総合的な土砂管理の目標として、土砂の移動による災害の防止(安全)、生態系・景観等の環境の保全(環境)、河川・海岸の適正な利活用(利活用)を図る。
- ・ 土砂管理上の問題が顕在化している流砂系において土砂の量及び質に関する流砂系一環したモニタリングを組織的体系的に実施する。
- ・ 当面推進する施策として、「土砂を流す砂防」、「ダムにおける新たな土砂管理システムの確立」、堆積した土砂を侵食傾向にある河道・海岸に活用する「流砂系内土砂再生化システムの構築」等を行う。
- ・ 砂防、森林、ダム、河川及び海岸等の関係行政機関の一層の連携を図り、学識経験者、地域住民と意見交換する。
- ・ モニタリングを効率的に行うためのシステムを構築する。

などが報告されている。

河川は、流砂系内で土砂発生源から河口へ土砂を輸送する役割を担う一方、河道が土砂によって構成されている沖積河川では、土砂の堆積・侵食の場となり、河道そのものが土砂管理の対象ともなる。河道における土砂管理は、洪水流下能力の管理、河川構造物の基礎高決定など治水上重要で

あり、流送土砂が河川環境形成の基盤である河道形状の形成に大きな役割を果たすことから河川環境上も重要である。

これらを踏まえると、河川管理においても、流域全体の土砂動態を把握すること及び土砂の発生・通過量をモニタリング(データの収集・蓄積)し、それを河川管理に生かすしくみ、体制が必要である。しかし、これまで観測手法及び整理手法が十分に確立されていなかったこともあり、実データの収集、蓄積、整理が行われてこなかった。

そこで、建設省土木研究所等で開発された流砂量の観測及び整理手法を全国の河川で適用することにより^{2),3)}、また、流域総合土砂管理計画(計画編、調査編)(案)が流域総合土砂管理計画に関する研究会(委員長:広島大学 福岡教授)で提案されており、これを具体化するという方向の下、流域における土砂動態の観測及び整理手法を一般化するとともに、土砂管理及び土砂動態に関する予測モデルの構築につなげるためのモニタリングのしくみ、体制整備を目指す。

本研究の目的は主として次の 4 点である。

- ① 河川に供給された様々な粒径の土砂が流砂系内で分級堆積し、そこで様々な役割を果たしているという既往の河道特性及び有効粒径集団の見方が流砂系の全体像を理解する上で有効であることを実証する。
- ② 土木研究所等で最近開発された、水系スケールでの土砂動態把握及び整理手法を現地河川に適用し、手法の一般化を図る。
- ③ 現地河川が抱えている土砂管理上の課題検討に②の手法を用い、その実施検討レベルでの有効性を実証する。
- ④ 流砂系内で河川管理者以外の関係者が抱える土砂管理上の課題検討に、②の手法の適用を試

The Study on the Measurement Techniques, Monitor System of Sediment and Making River Basin Map of Sources, Discharges and Storage of Target Sediment Population for Supporting Integrated Sediment Management

み、それが「流砂系の総合的な土砂管理」においても有効なツールとなりうることを実証するとともに、流砂系内における土砂管理関係者間の連携の第1歩とする。

2. 研究の特徴

図-1は、日本の沖積河川における土砂の収支、動態に関する概念図である⁴⁾。日本の沖積河川は、一般的に、河床材料が主として礫で構成されるGセグメント、河床材料が砂で構成されるSセグメント、河床材料が細砂で構成される河口Sセグメントなど、いくつかのセグメントで構成されている。一方、土砂の生産源からは様々な粒径の土砂が混じり合った状態で供給され、それらは洪水流によって河川の中を運搬され、各セグメントの掃流力に見合った粒径集団毎に分級して河道の地形を形成する。図-1中のGセグメントにおける礫、Sセグメントにおける砂のような、特定の地形の主体を構成する粒径集団をその地形の有効粒径集団と呼ぶ。

このように、土砂の生産源から河道や海岸への堆積という流域スケールの土砂収支について議論しようとする場合、自分が扱おうとする対象(セグメント・地形)とその「有効粒径集団」を明確にし、その粒径集団毎の収支を扱うことが必要不可欠である。

本研究では、その具体的な方法として図-2に示す「土砂動態マップ」²⁾の作成・利用を提案している。土砂動態マップは流域スケールの土砂収支を粒径集団別のフラックス(土砂移動量)という形で表示したものであるが、①土砂供給源をサブ流域という形で明確に表現すること、

②地形に与える影響を具体的に(どこで、どの粒径集団の土砂が、どのくらいの量堆積・侵食するのか)表示すること、が特徴的な点である。図-2で、線の脇に点線がついていれば河床材料と混合しながら移動していること(つまり、その河床材料の有効粒径集団であ

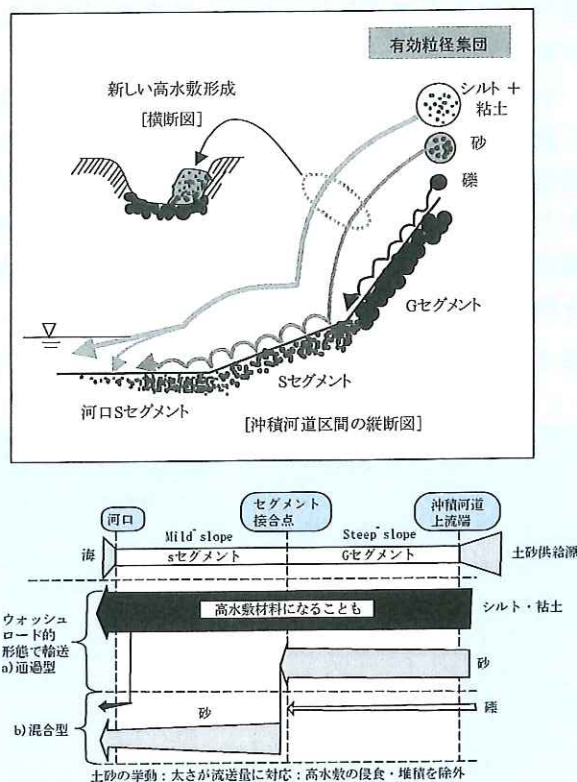
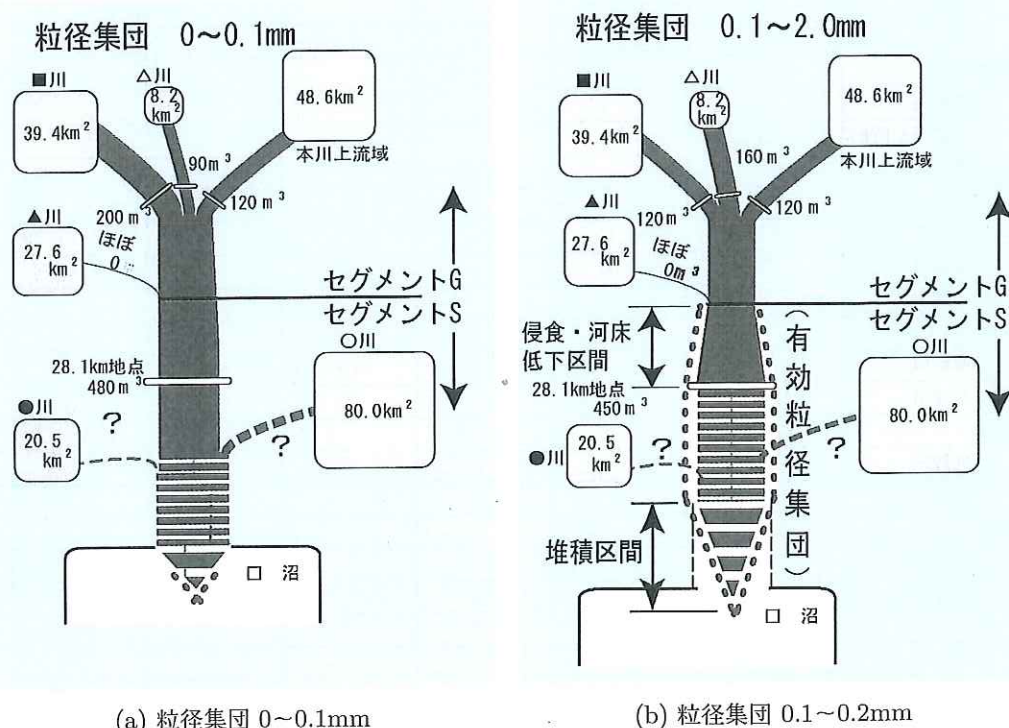


図-1 日本の沖積河川における土砂動態概念図



(a) 粒径集団 0~0.1mm

(b) 粒径集団 0.1~0.2mm

図-2 土砂動態マップの作成例

ること)を表し、線が下流に向かって太くなる区間では河床が侵食されていることを、線が下流に向かって細くなる区間では河床に堆積していることを示す。なお土砂動態マップは、極力実測値・検証が十分な推定値をもとに作成し、不明な部分・検証が不十分な部分は無理に表示せず、図-2の破線や?のように「わからない」旨を表示することが重要である。

本指定課題では、表-1に示すとおり各整備局から調査対象河川を2~3選り、各河川が抱える土砂管理上の課題・その課題に関係した(ターゲットとすべき)有効粒径集団を明確にし、河道特性・流域特性の整理を行った上で有効粒径集団の動態を明らかにするための観測及び調査を行う。

各調査対象河川における検討結果を表の横軸に示す土砂管理上の共通課題毎に集約して、土砂管理のあり方の提言を目指すものである^{5),6),7)}。

3. 調査計画立案・調査結果とりまとめ手順

平成11年~13年の3カ年にわたる研究の結果、土砂動態調査計画の立案手順、調査結果のとりまとめ手順を次のように整理することができた。

3.1 流砂系全体像の理解

- 1) 流砂系を見る際には、土砂供給域をサブ流域に分割し、土砂の堆積空間である河道や海岸を河床勾配や材料粒度組成からセグメント区分する。
- 2) 粒径集団を設定し、各セグメント及び海岸を

表-1 国土交通省技術研究会「水系一貫土砂管理に向けた河川における土砂観測、土砂動態マップ作成及びモニター体制構築に関する研究」研究対象河川一覧 平成13年10月31日現在

テーマ名 地建名 河川名	① Q-Qs関係、年間供給土砂量を粒径区分毎に作成。流域状況との関係を考察	② 砂河道区間への土砂供給計画の検討	③ 礫床河道区間への土砂供給見通しを検討	④ 河川から河口、海岸へ供給される土砂の粒径集団と量の検討	⑤ 堰、床止め撤去後の上流に蓄積された土砂の流下特性検討	⑥ 礫床河川における河床面粒度組成の変化に関する検討	⑦ 分流点における水・土砂分配手法の検討	⑧ 低水路拡幅・中水敷造成に対する河道応答速度に関する検討
北海道								
石狩川	○	○						
沙流川			○	○	○	○		
東北								
江合川	○	○						
阿武隈川	○			○				
名取川	○	○		○				○
関東								
利根川	○	○						
☆富士川	○		○	○				
北陸								
☆黒部川								
信濃川(下流)	○	○		○			○	
☆姫川			○					
中部								
木曾川	○	○						
矢作川	○	○						
☆安部川				○				
近畿								
熊野川	○			○				
木津川	○	○						
中国								
☆日野川	○			○				
斐伊川	○	○						
四国								
重信川			○			○		
仁淀川	○		○	○				
九州								
川内川	○							○
遠賀川					○			

今後、調査検討を進める中で対象河川、テーマは精査される予定である。
☆：土研重点研究のモデル流砂系の候補に選ばれた河川

構成する有効粒径集団を明らかにするために、各セグメント及び海岸の粒径加積曲線を1枚の図に描く。

- 3) 1)、2)の作業を行う際には、直轄区間だけでなく、土砂の供給源から指定区間、海岸まで含めてデータ整理する必要がある。
- 4) 流砂系における土砂の分級状況を理解するには、セグメントや海岸を構成する土砂を粒径加積曲線からA集団、B集団、C集団に分けて見るとわかりやすい⁸⁾。
- 5) 1)~4)までの整理結果を、総括した表を作成すると、流砂系の全体像がよくわかる³⁾。

3.2 土砂管理上の課題整理と、調査対象セグメント及び粒径集団の明確化

- 1) 土砂動態調査計画を立案する前に、調査対象河川・流砂系における土砂管理上の課題を整理する。
- 2) 3.1で整理した流砂系全体像と1)で整理した課題から、調査のターゲットとすべきセグメントと粒径集団を明確にする。

3.3 各セグメントにおける流砂運動形態の推定と調査・観測手法の選定

- 1) 各セグメントの代表的な断面で、粒径別、洪水規模別の流砂運動形態を推定する³⁾。
- 2) 流砂運動形態の推定は、調査・観測手法の選定、データ整理方法に大きな影響を与えるため極めて重要な作業である。また、流砂観測に限らず、河床変動計算での粒径区分及び流砂量式の選定においても有用な情報となる。
- 3) また、運動形態の推定結果は、3.1の粒径集団の設定に反映させることができる。
- 4) 調査のターゲットである粒径集団について、2)で推定した流砂運動形態を表-2のように流砂系全体で整理すると、調査対象セグメントの

上下流における流砂運動形態が明らかになり、調査・観測の地点及び手法の選定に役立つ。

3.4 調査・観測結果の整理

- 1) 流砂観測は、難しく試行錯誤が避けられないことから、観測データがきちんと測定できたものかどうかについて流砂運動形態別に検証し、適切なデータのみを積み上げていく必要がある。
- 2) ウォッシュロード的運動形態の土砂については、1洪水における上下流の流量、流砂量の収支がとれているかどうかがある有力な検証方法である。
- 3) 浮遊砂的運動形態の土砂は、土砂濃度測定高さによって流砂量の誤差が出やすい³⁾。鉛直方向の濃度差・濃度分布形状が測定できたかどうかを検証項目となる。
- 4) 2)、3)の検証の結果うまく観測できていないということであれば、その原因について検討し、観測方法を改善する。
- 5) 2)、3)の検証でうまく測定できたと判定されたデータのみを用いて、粒径範囲別のQ-Qs図を作成する³⁾。
- 6) この際、浮遊砂量式、掃流砂量式から予測したQ-Qs線、Q-Q_B線を合わせて描くと、観測結果の解釈に役立つ³⁾。例えば、Q-Q_B線がQ-Qs線より上にあるようなら、年間流砂量を算定するにあたって浮遊砂観測結果の持つ重みは小さいことがわかり、調査計画の改善に反映できる。
- 7) 掃流形態の土砂については、汎用性のある観測手法が確立されていないため、現在のところ河床変動計算で推定せざるを得ない。この場合、計算モデルの検証方法が極めて重要である。具体的には、河床変動量が再現できたかどうかだけでなく、粒径範囲別の堆積量が再現できたか

表-2 水系内における流砂運動形態総括表

(例：瀬沼川 粒径集団3 (0.1~0.8mm))

河川名	地点とkmを示す。サブ流域支川の場合は合流点のkmを()で示す	セグメント	A (A',A"), B, C集団区分	流砂運動形態	調査法
瀬沼川	本川上流 46.5k	セグメントB	B集団	浮遊砂的運動形態	未実施
	片庭川 (46.25k)	セグメントB	B集団	浮遊砂的運動形態	未実施
	稲田川 (44.65k)	セグメントB	B集団	浮遊砂的運動形態	未実施
	桜川 (31.0k)	セグメント2-1	B集団	浮遊砂的運動形態	未実施
	洪水観測施設 28.0k	セグメント2-2	B集団	浮遊砂的運動形態 掃流形態	浮遊砂観測 掃流砂観測 流砂量計算
	瀬沼前川 (19.1k)	セグメント2-1	B集団	浮遊砂的運動形態 掃流砂形態	未実施
	16.4k~19.4k	セグメント3	A集団	掃流形態	地形変化量解析

どうか重要である。

8) 5)、6) で作成した粒径範囲別 $Q-Q_s$ 図・ $Q-Q_B$ 図と観測地点の流況から粒径範囲別年間土砂移動量を算出する。この際、観測結果から単純に算出した平均的 $Q-Q_s$ 関係を用いるだけでなく、浮遊砂量式から算出した $Q-Q_s$ 関係でも算出する³⁾。

9) 掃流形態、浮遊砂的運動形態の土砂については、観測地点下流の長期間の地形変化量から推定した粒径別年間土砂移動量との比較が重要な検証項目となる³⁾。この際、比較検討に用いることが可能な地形変化データ、河道掘削・砂利採取データが得られない場合には、今後のモニタリングで検証する必要がある。

10) 9) での比較検討を踏まえて、粒径範囲別年間土砂移動量を確定する³⁾。また、初歩的ミス・単純ミスを回避するためには、観測地点での比供給土砂量を算出し、流域内のダム堆積物調査から得られた比供給土砂量と比較することも有効である。

3.5 調査・観測結果の評価とモニタリング計画の検討

- 1) 3.4 までの調査結果をもとに、調査検討目的の達成度を評価する。
- 2) 達成度が不十分と評価されたものについては、今後の調査検討方法を整理しモニタリング計画に反映させる。

4. 研究成果と課題、今後の予定

今回の研究では、流砂観測の準備と試行錯誤に時間を要したこと、研究期間内に出水が発生しない河川があったことなどにより、調査検討目的を達成できた河川はなく、土砂管理のあり方の提言検討にまで至らなかった⁷⁾。

しかしながら、今回の研究では、次の成果が得られた。

- ・ 土砂動態調査の具体的手順を 3. のとおり整理できた
- ・ 流砂運動形態に応じた流砂観測手法、土砂動態調査手法を整理できた⁶⁾。
- ・ 図-3、4、写真-1 に示すような汎用性のある浮遊砂観測手法(流砂捕捉ポンプ)を開発し、現地河川に適用した結果、粒径別土砂濃度鉛直分布が測定できることが確認できた⁷⁾。
- ・ 例として木津川の観測結果を紹介する。木津川

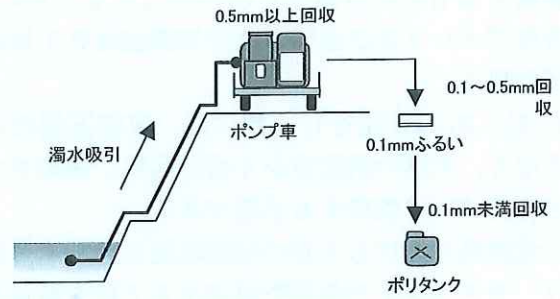


図-3 浮遊砂観測手法の概要

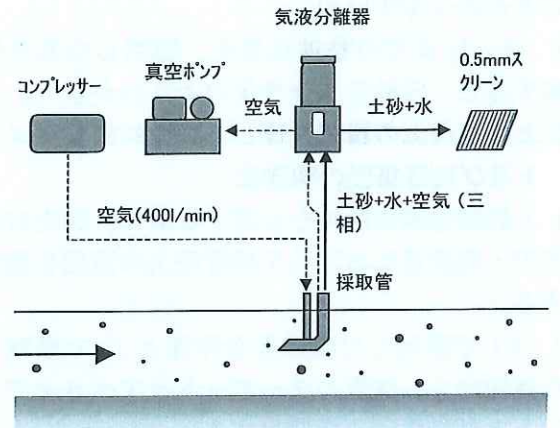


図-4 流砂捕捉ポンプの構成

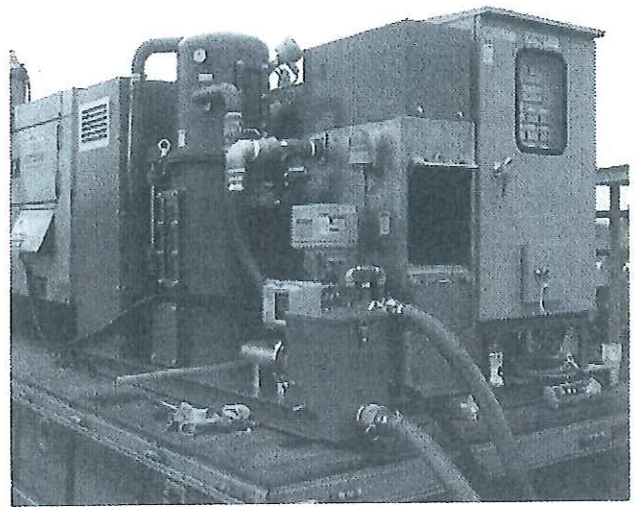


写真-1 流砂捕捉ポンプの外観

観測地点で流砂運動形態を予測したところ、観測時の洪水規模では粒径 0.2mm 以下はウォッシュロード的運動形態、粒径 0.2~2mm は浮遊砂的運動形態と推定された。採水できた土砂濃度を 0~0.25mm と 0.25~2mm に分けて土砂濃度鉛直分布を整理した結果を図-5、6 に示す。図から、浮遊砂的運動形態の 0.25~2mm は鉛直方向の濃度分布が見てとれる一方、0~0.25mm には濃度分布形が見られず、妥当な観測結果が得られたものと評価できる。

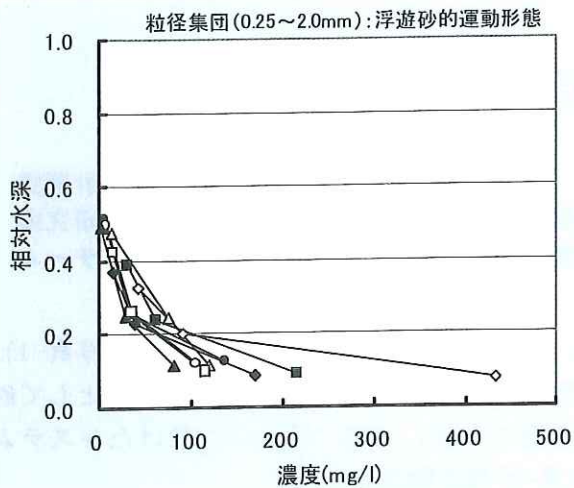


図-5 流砂捕捉ポンプによる観測結果
木津川 (浮遊砂的運動形態)

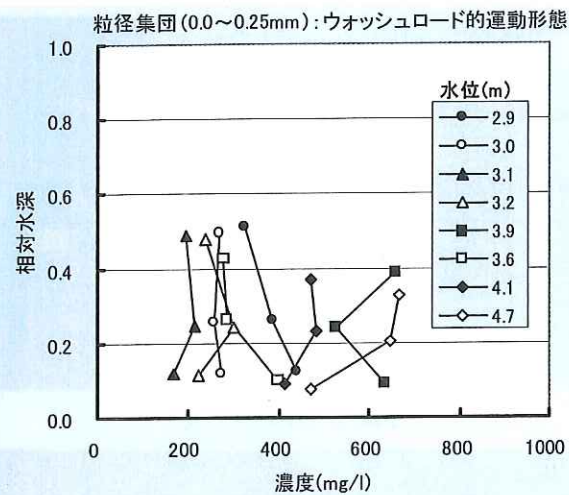


図-6 流砂捕捉ポンプによる観測結果
木津川 (ウォッシュロード的運動形態)

- ・ 流砂観測の準備、試行錯誤には2～3年の期間を要すること、したがって有効な流砂観測データを積み上げるためには、最低でも5年以上は必要であることがわかった⁷⁾。
- ・ 調査対象河川の流砂系全体像(土砂供給源となるサブ流域の分割、粒径集団の区分、セグメント区分とそれを構成する有効粒径集団の設定など)が整理できた。
- ・ 土砂管理上の課題を、調査対象のターゲットとすべきセグメントと粒径集団で捉えることの有効性を実証できた。
- ・ 流域土砂管理を検討する際には、粒径集団別年間土砂移動量を把握することが重要であるが、観測結果や調査結果の解釈を誤ると年間土砂移動量で1オーダー以上の差を生じる。流域土砂管理を検討する際には、観測結果・調査結果の整理にあたって特に丁寧な検証と評価の積み重

ねが重要である⁷⁾。

また、今回の調査研究を通して、次の課題が明らかになった。

- ・ 流砂系全体像を理解するには、直轄区間だけでなく、上流指定区間や河口周辺海岸を含めて流砂系を整理する必要がある場合が多い。その整理を行おうとする場合、指定区間では河床縦断形データすらない場合が多く、調査を進めるネックとなる。
- ・ 粒径加積曲線を用いた粒径集団の区分という考え方・捉え方が、河川以外の海岸や砂防の関係機関に十分普及していない。今後、連携した調査を行う際のネックとなる可能性がある。
- ・ 通常の河床変動計算においては、河床高変化量を中心に検証が行われるが、流域土砂管理を検討する際には、粒径範囲別に土砂の収支を検証する見方が重要である。この観点に関係機関にさらに普及する必要がある。

今後は、各調査対象河川において、この3年間の調査結果を踏まえて調査方法を改善し、調査目的を達成できるよう調査を継続する予定である。

参考文献

- 1) 河川審議会総合政策委員会総合土砂管理小委員会(1999):「流砂系の総合的な土砂管理に向けて」報告,平成10年7月
- 2) 藤田・平館・服部・山内・加藤:水系土砂動態マップの作成と利用-涸沼川と江合川の事例から-,土木技術資料 41-7, pp.42-47, 1999.7
- 3) 諏訪・平館・谷口:涸沼川洪水観測施設における流砂観測結果の評価から明らかになった流砂観測の留意点,土木技術資料 44-1, pp.62-67, 2002.1
- 4) 藤田・宇多・服部:水系土砂収支分析のための「有効粒径集団」の考え方の提案,土木技術資料 37-12, pp.34-39, 1995.12
- 5) 6) 7) 河川局治水課・土木研究所(国土技術政策総合研究所) 河川研究室・各地方建設局(地方整備局) 河川計画課:水系一貫土砂管理に向けた河川における土砂観測・土砂動態マップの作成及びモニター体制構築に関する研究.平成11~13年度建設省(国土交通省)技術研究会指定課題
- 8) 例えば、山本晃一:沖積河川学, pp.7-10, 山海堂, 1994.9

<文責> 国土交通省国土技術政策総合研究所
河川研究部河川研究室主任研究官 諏訪義雄