

# 流砂系管理に向けての学術・技術の展開の方向

## ON SCENARIO-DRIVEN RESEARCH AND DEVELOPMENT TOWARD THE INTEGRATED MANAGEMENT OF THE RIVER-BASIN-SCALE SEDIMENT TRANSPORT SYSTEM

辻本哲郎<sup>1</sup>・藤田光一<sup>2</sup>

Tetsuro TSUJIMOTO and Koh-ichi FUJITA

<sup>1</sup>正会員 工博 名古屋大学大学院工学研究科 教授 社会基盤工学専攻  
(〒464-8603 名古屋市千種区不老町)

<sup>2</sup>正会員 工博 国土交通省国土技術政策総合研究所 環境研究部河川環境研究室 室長  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

Series of man-made impacts to river systems for local optimization had induced adverse responses of the river-basin-scale sediment transport system with respect to flood disaster prevention, water resources use, environment preservation and so on. "The integrated management of the river-basin-scale sediment transport system" has been becoming the key to coping with the complexity and the vastness of such responses in a sustainable manner. To put this concept into practice, it is crucial to coordinate and set priorities in widely extended research and development (R&D) fields on sediment transport system management, as well as furthering each R&D such as sabo works passing harmless sediment downstream, sustainable measures for reservoir sedimentation and coastal erosion, and impact assessment of sediment supply to river courses. This overview paper, by summarizing papers submitted to the present journal with current topics relevant, intends to draw a whole picture relating R&D to implementing the integrated management and to promote discussion on scenario-driven R&D and initiatives to be taken.

**Key Words :** *Integrated management, river-basin-scale sediment transport system, scenario-driven research and development, reservoir sedimentation, coastal erosion, sediment supply*

### 1. 本総説の目的

2004年度河川技術に関するシンポジウムでは、「流砂系管理に向けての学術的・技術的課題」をテーマとするオーガナイズド・セッション(OS)が企画された。その主旨は次のようである。

水系におけるさまざまな人為インパクトによって土砂動態が変化し、流域の治水安全度、水資源利用、環境保全の観点から「流砂系の総合的管理」の重要性が認識されている<sup>1)</sup>。「流す砂防」、「貯水池土砂の排砂」「海岸侵食防止」などオンサイトの技術論とともに、河道を軸とした流砂系の動態のインパクトレスポンスを予測する学術、制御する技術の進歩が焦眉の課題である。本OSでは、応募論文も背景としながら、流砂系管理のシナリオを軸にした学術・技術の展開方向を議論する。

本総説では、オーガナイザーである筆者らが、議論の位置付けや論点を明確にするための整理を試みた。

### 2. 流砂系管理にとって重要な3つのポイント<sup>2)</sup>

#### [A] 流砂系の全体像をとらえること

流砂系の把握を支えるのが、調査・観測・モニタリングと現象解明、モデリングであることは当然であるが、これらを流砂系の全体像理解という目的に合うように統合的に進めていくことが肝要である。

流域から沿岸域にわたる流砂系の全体像をとらえるのは容易でない。どうしても個別箇所の現象理解と技術化が先行しがちになる。このような方法論に馴染みすぎると、流域～沿岸域の各場所を扱う分野単位で異なる「言語」が使用されることになる。それぞれの場の現象だけにとらわれず、全体との関係を見通すため、土砂動態の共通のとらえ方、「共通言語」の確立が必要である。

#### [B] 問題の構図とそこでの流砂系の位置付けの理解

流砂系の管理は目標を達成するための手段であり、その根幹には「何のための管理か」、すなわち問題解決を図るという目的意識がなければならない。このために、

問題の構図を理解し、そこでの流砂系の位置付けを明確にした上で、流砂系を扱うことを問題解決にどうつなげるかの道筋を見出さなければならない。問題の構図にかかわる事象が流砂系だけとは限らないので、流砂以外の事象と流砂系との関わり方を知ることでも大事である。

### [C] 問題解決のための要素技術開発と技術政策論

上記A、Bに関して必要な知見を得、流砂系管理の総合的施策を検討する段階においては、まず、適用可能な要素技術が用意されていなければならない。必要な要素技術は何か、開発の優先順位はどうあるべきかの議論が重要であり、また、各要素技術の適用が流砂系全体の管理とどうつながるかも併せて整理される必要がある。

次に、流砂系管理は、時間的にも空間的にも幅広く、かつ社会とも深く関わる事象を扱うので、施策の案出・調整・決定のあり方という技術政策的議論が重要になる。具体的には、管理計画論、目標設定の考え方、合意形成のあり方、様々な目標軸間のバランスの取り方、個別箇所対応と全体対応との役割分担などである。そこで提供すべき（科学的・技術的）情報も大事なポイントとなる。

以上に示したABCは独立して存在するのではなく、相互に強く依存するものであり、これら3つについての議論を並行して進めていくことが肝要である。

## 3. 研究動向から見た課題と展開方向の考察

これら3つのポイントそれぞれについて、本シンポジウムに応募された論文を参照しつつ、その他の研究動向も踏まえながら、流砂系管理をさらに進めるために何が必要かを議論するための論点の明確化を試みる。

### (1) ポイント[A]について

#### a) 流域土砂動態マップ作成の取り組みと課題

土砂動態マップ<sup>23)</sup>は、水系における土砂の動きを次に示す一貫した方針・方法に基づき表示するものである。①河川の太さを土砂フラックスで表示。②土砂の生産源を、流域の特徴把握にとっても流域管理の単位としても適切なスケールを持つサブ流域に分割して表示。③同じような挙動を示し、同じような働きを持つ粒径集団ごとに分けて表示。④その場所の河床材料と有意に混合しながら輸送されるか（混合型）、ほとんど混ざらずに輸送されるか（通過型）<sup>2)</sup>を分けて表示。⑤極力実測に基づき、わからない部分は「わからない」ものとして表示。

国土交通省では、平成11～13年度にかけて全国21の河川水系を対象に体系的な土砂観測を行い、その成果を土砂動態マップとしてまとめている<sup>4)</sup>。たとえば利根川水系については、国管理区間の最上流部へ土砂がどのように供給されているかを把握できるように、通常の河川調査ではあまり焦点の当たらない山地部から当該地点ま

での本・支川に土砂観測地点を配置し、各サブ流域の土砂供給の寄与度などを明らかにしようとしている。

一方天竜川については、佐久間ダムから河口までの土砂動態が主として河川現状調査と河床変動計算から調べられ、その結果が土砂動態マップと同様の形で整理されている<sup>5)</sup>。さらに、下流河川や海岸の土砂動態に与える佐久間ダムの影響を把握するため、佐久間ダムの有無による比較も試みられている。

本シンポジウムにおける論文においても、土砂動態を把握するための様々な取り組みが取り上げられている。相模川水系については、海野らが<sup>6)</sup>、昭和20年代、30年代と現在のそれぞれについて、1mm以上と0.2～1mmについてのマップを作成している。これらは「時系列土砂動態マップ」と呼ぶことができ、異なるシナリオの下での将来時点でのマップを合わせることで、流砂系管理の方向性を検討するための基本資料になりうる。このほか、大規模な洪水の下でのSSの挙動を、欠測期間を工夫して処理することで把握した小川らの観測成果<sup>7)</sup>、流域からの土砂流出が海域の環境に与える影響を調べることを目的に行った黒田らの河川から海域にわたる土砂観測の成果<sup>8)</sup>、掃流砂観測について荷重計を用いた新しい観測手法を提案した二村らの研究<sup>9)</sup>などがある。

以上のような取り組みは、ポイント[A]に資するだけでなく、現状の土砂動態把握の弱点を明らかにし、当該水系に合った調査・観測戦略を磨く上でも役立つものであり、一層の技術の定着とデータ蓄積が望まれる。

一方マップ作成の中核となる観測について、上記の国交省の取り組みの中で次のような指摘がされている<sup>4)</sup>。すなわち、重要度の高い洪水時土砂データの蓄積に時間がかかること、このため限られた観測データから必要な情報を引き出そうと補間を行う場合、用いる式によっては大きな推定誤差が生じうること、掃流砂を定量的データとして安定的に観測できる実用的な手法が未確立であること、ウォッシュロードはバケツ採水・自動採水器・濁度計の組み合わせにより比較的簡易に観測可能であるが、浮遊砂に関しては、鉛直分布を把握することが必須であり、定点観測手法として新たに開発した流砂捕捉ポンプが有用であり、その普及が必要としている。さらに、土砂フラックス観測の短所を補うものとして、ダム堆砂データの活用が非常に有効であり、このためにも粒径別堆積量を把握するための調査が必須と述べている。そして、マップづくりの経験から、観測・調査計画、データ整理、マップ作成までを一括して扱うソフトウェア的な道具の必要性、マップの信頼性上の弱点とその解消の方向性を表現・評価する方法の必要性を指摘している。

#### b) 観測と計算の役割分担のあり方

さて山本らは<sup>10)</sup>、流砂系の土砂動態を把握するには観測と計算を相互補完させることが必要と考え、日野川について作成した土砂動態マップ<sup>4)</sup>を山地部から河口までの水理・水文的手法を用いた計算により再現することを

試みた。その中で、河床堆積物の粒度や生成条件の合理的設定法を課題としてあげている。上記の土砂動態マップの説明の⑤において土砂フラックスの実測重視を掲げているが、少なくとも掃流砂については前述の理由から流砂量および河床変動計算に頼らざるを得ない状況にある。数字を出すためだけの計算に走ることは避けるべきであるが、土砂動態マップを流砂観測と計算の組み合わせで作成することは現実的な方向であろう。この点で、山本ら<sup>10)</sup>の指摘する課題は、流砂を規定する諸条件（河床材料、地形、流量、粗度係数など）を平常時調査と計算により流砂系内で満遍なく把握した上で、流砂量式を適用するアプローチと、“答え”である流砂量を流砂系の主要なポイントでの観測により直接求めるアプローチの選択あるいは組み合わせのあり方を問うものとも言い換えられる。水理学的視点からは両方を行うことが望ましいが、流砂系の持つ場の多様性・広さと現象の複雑さから考えて現実的でなく、観測と計算の役割分担のあり方が重要な論点になる。

#### c) 流砂系管理を扱うがゆえに必要なモデリング対象の特定

大澤らは<sup>11)</sup>、農業用地の利用形態が土砂流出に与える影響を多地点同時観測により調べ、モデルの有効性を検証している。ここで扱われた土地利用状況をはじめ、水系と流域における状況変化が引き起こす土砂動態変化の将来予測を観測データだけから行うのは難しく、詳細な実測データによる検証を通じて、管理のあり方など実務的議論に耐える精度を持つようモデルを改良し、適用範囲を拡げていくことは重要である。このことが、ポイント[B]の構図把握にとって必須と思われる「時系列土砂動態マップ」（前述）の作成を可能にしていく。

さて流砂系においては、扱う粒径範囲が極めて広いために、混合粒径の流砂量式についても次のような課題がある。数cmから数十cmの礫を主構成材料とするセグメント1や2-1の河道区間では、それより粒径が二桁小さい中砂や細砂が、河床主構成材料である礫と有意に混合することなしに流送されることが一般的である（マップ説明④で言うところの「通過型」）<sup>2)12)</sup>。しかし、これを通常の混合粒径を対象にした河床変動計算によって再現しようとする、礫に比して供給量が大い砂が交換層を通じて徐々に混合する計算となり、河床主構成材料に大量の砂を抱え込むという実際と異なる計算結果となって、流砂系における砂の収支が実態と合わなくなることが起こりうる。前述の天竜川の土砂動態分析における河床変動計算においては<sup>9)</sup>、この問題を避けるため、粒径が二桁違う礫と砂の計算を独立させて交互に行い、礫と砂が混合しないという、やや便宜的ではあるが上記の混合特性を端的に反映させた工夫を行っている。

以上の取り扱い、従来から河床材料と混合しないという扱いがされてきたウォッシュロードに加えて、平水時は掃流砂で、出水時には浮遊砂で流送される砂につい

ても、条件によっては、河床主構成材料と混合しないという扱いを考える必要があるとの認識に立つものであり、この認識が妥当となる条件とともに、取り扱いのより合理的な方法について、さらに詰めていく必要がある。

以上の代表例が示すように、流砂系管理を取り扱うがゆえに従来の技術では不十分となるモデリング上の課題を具体的に絞り込んでいくことが必要である。

#### (2) ポイント[B]について

##### a) 問題の構図把握にとって必要なこと—天竜川と遠州灘の検討事例から<sup>5)</sup>—

前述の天竜川下流部の土砂動態把握は、利水ダムの機能維持とともに、天竜川の状況変化が遠州灘の海岸侵食に与えた影響と対策を検討するという明確な目的を持っていたため、河川と海岸の土砂動態を一体的に分析するという技術検討方針が貫かれた。すなわち、1)河川から海岸までの土砂粒径を見渡して、河川の土砂の主な粒径集団をシルト以下、砂、礫の3つに設定し、このうち砂集団が海岸材料の動態とリンクするようにした。2)佐久間ダムの堆砂について、既往調査結果に基づいて可能な限りの分析を行い、当ダムによって、どの粒径集団がどれだけ止められているかを明らかにした<sup>13)</sup>。3)当ダム直下から河口に至る河道の特性を調べ、シルト以下、砂、礫それぞれの粒径集団の動きの特性を反映させた河床変動計算を行い（前述の工夫も含む）、天竜川下流区間における各粒径集団の動きとそれらに与える佐久間ダムの影響を適切に表現できるようにした。4)これを踏まえ、ダムの有無が河川における砂集団の挙動、ひいては河口から海岸への砂供給量に与える影響を計算し、この結果を遠州灘の汀線変化の1-lineモデルに組み込み、過去の海岸侵食をよく説明できることを示した。

こうして、ダムの有無や土砂供給量など異なる条件下での土砂動態マップと汀線変化が描けるようになり、海岸侵食について次のような構図が明らかになった。1)佐久間ダム建設前、平均して300万 $\text{m}^3/\text{y}$ 程度の土砂が天竜川から遠州灘に供給されており、概ねその条件下で元々の海岸形状が形成されていた。2)ダム建設により、供給量は平均して30万 $\text{m}^3/\text{y}$ 程度に減少した。ただし、減少分のうち、シルト以下集団と礫集団の供給減少は海岸侵食の大きな原因とはならず、海岸の主構成材料である砂集団の供給減が河川水系起因の海岸侵食の主原因となった。3)佐久間ダムより下流の天竜川の河床主構成材料は砂集団より径が二桁大きい礫であり、砂集団が河床材料に有意に混合することは大局的には無かったので、ダムによる砂集団抑止の影響は速やかに河口まで到達し、早期に河川水系起因の海岸侵食が始まった。4)したがって逆に、佐久間ダムより砂集団を供給すれば、河口からの砂集団の供給増も速やかに生じると考えられる。5)このことから、ダムからの砂集団供給のやり方と海岸侵食軽減効果との間に直接的な関係があるという前提で、砂供給を中

心にした対策シナリオを検討できる。

ここで取り上げた事例からわかるように、問題の構図を明らかにするには、問題の構図についてシナリオをあらかじめ設定し、シナリオが妥当かどうかを判断するために必要な手法を選択、適用することが肝要である。逆に、流砂系を扱うからといって流砂現象に関わる手法を画一的に持ち込んだだけでは、現象が広範かつ複雑なだけに、遠回りをする恐れもあろう。どのような手法の組み合わせが良いかはシナリオに依存するので、手法の一般化を急ぐよりも、問題の構図を明らかにした良い事例を集積することがまず重要と思われる。

#### b) 河川の自然環境から見て望ましい流砂系とは

上述の事例は、流砂系を把握することが、ターゲットである海岸侵食の対策シナリオにほぼそのままつながったものといえる。一方、着目している問題が、流砂系以外の事象にも関係する場合、流砂系とその事象との関係を明らかにしなければ問題の構図や流砂系管理の方向は検討できない。その代表的事例が、河川の自然環境保全・復元をターゲットにする場合である。

流砂系が河川の自然環境に大きな影響を与えることは論を待たない。筆者の一人のとらえ方で言えば<sup>14)</sup>、流砂系は河川景観（河相の相互作用系の調整によって生態系保全を含む様々な機能を河川が担っている状況）を規定する基底的条件の1つである。したがって、自然環境保全・復元という観点で流砂系管理を議論するには、河川の自然環境保全・復元のためにあるべき流砂系とは何か、より直接的には、どのような土砂（とそれを運ぶ流量）がどのような形で供給されれば河川の自然環境にとって良いのかという問いに答える必要がある。

最近では、生態系保全を図る上で河川工学と生態学の接点が重要であるとの認識から多くの研究が行われるようになり、ダム下流河道の自然復元を目的にした実証的研究を中心に、上記の問いに関係しそうな知見も蓄積されつつある<sup>14)</sup>。本シンポジウムの論文においても、皆川らが<sup>15)</sup>、土砂投入が生物・生息環境に与える影響を調べた既往研究を踏まえ、河原の維持を目的に欠乏傾向にある礫を上流から投入した河道区間について、礫供給が付着藻類に及ぼす影響を調べている。また、榎本らは<sup>16)</sup>、礫床河川における植物群落の洪水攪乱に対する応答を、流砂との相互作用も考慮して丹念に調べている。

このように、河川の物理環境を形成するダイナミックなシステム（河相の相互作用系<sup>14)</sup>）と生物との関係について、個々のフィールドや実験河川での事例研究を通じた理解は進みつつある。しかし、これらを体系化して、流砂系と自然環境との総体的関係を明らかにし、自然環境保全・復元の観点から流砂系管理のあり方を検討する状況には至っていない。たとえば、前述の天竜川下流の事例で言えば、海岸侵食対策に必要な砂集団をダムから下流河川に供給した場合に、前述の理由から河床主構成材料が大きく変化することはないであろうが、局所的に

は砂がパッチ上に堆積するなど、生息場として重要な河床表面の物理環境に一定の変化を与える可能性も考えられ、こうした変化を河川の自然環境上どう評価するかについては、十分な知見は得られていない。

このような状況を打破するためには、現地調査が行いやすい各フィールドや実験河川などを対象に流砂系と自然環境との関係把握を引き続き図るとともに、調査法も含め成果を互いに関連づけ、体系化を図る努力をすることが必要である。同時に、自然環境保全・復元のための流砂系管理の判断根拠を得るという全体的視点からの戦略的アプローチを併用していくことも大事となろう。

最近、沿岸海域の健全な生態系の保全に密接に関係する栄養塩類などの供給源として、流域の役割が注目されるようになっており、栄養塩類などの物質を輸送する主要プロセスの1つとしての流砂系という観点からの研究が重要になる可能性がある<sup>17)</sup>。

#### c) 流砂系と河道特性との関係はよくわかっているか

前項では、「流砂系」が支配的要因の1つとなって、「河川の物理的特性を規定するシステム」が決まり、さらにそれが「河川の自然環境」を規定するというつながりを示した上で、2番目を介して1番目と3番目の関係を把握することの重要性を述べたが、そもそも1番目と2番目との関係についても（従来の土砂水理学が扱っている分野）、研究課題が残っていると感じられる。

今まで、流砂系の土砂動態の変化についての情報が必ずしも十分得られていなかったため、河道各区間の特性を検討する際に、流砂系の過去からの変遷を考慮することは、あまり行われていなかったと言える。沖積河道区間の河道変化の主因が今までは掘削や砂利採取という直接改変によるものであり、これに比べ流域や水系の変化に起因する河道変化が見えにくかったこともこの一因と考えられる。供給土砂の変化が河道特性に与える影響を体系的に整理した山本の研究<sup>18)</sup>は先駆的なものであるが、定性的な分析にとどまっている。

しかし今後、流域や水系の変化が流砂系を介して河道に影響を与える度合いが相対的に強まることが考えられる。また、前述の時系列土砂動態マップなどを通じて流砂系の土砂動態の変遷についてより詳細な情報が蓄積されてくると期待される。前記の二番目と三番目の関係についての情報のレベルが上がってくると、一番目と二番目についてより高度な知見が求められる状況も考えられる。以上から、流砂系と河道特性との関係について、流砂系管理の根拠になりうるような一段高いレベルの知見を得る必要が出てきていると言えそうである。

たとえば、ダム下流河道の多くは山地部であり、河床材料の粒径範囲も砂から巨岩まで非常に広く、部分的に岩が露出するなど、沖積河道とはとらえられない特性を持っている。また、支川や斜面からの土砂流入も頻繁である。このような河道区間において、ダムによる土砂抑止が生物生息場に与える影響を評価する上で、これまで

のアーミングという概念をそのまま適用できるかどうか疑問が出てくる。砂の抜け落ちと下流への移動・残存をどのように予測するかなどが課題となる。天竜川下流を題材に述べた礫床区間における砂の動態や、それが河床表面に作るハビタットの予測なども同様である。魚類にとって重要な浮き石の形成機構なども新たな課題である。須賀は<sup>19)</sup>、河道形態を考える上で、大礫を含む混合粒径の効果に着目することが重要であり、そのような視点からの研究が必要であるとしている。

福岡らは<sup>20)</sup>、利根川の下流部の深掘れを例に、治水や河川環境の問題を論じる上で、当該河道に対する種々のインパクトの過去からの変遷を踏まえることが必須であると提起している。寺本らは<sup>21)</sup>、砂州が土砂供給と流量の変化にどう応答するかを調べる基礎的研究を行い、河道変遷を論じる上で、流量変動と土砂供給変化を考慮することが重要としている。いずれも、流砂系（具体的には上流からの土砂供給条件）も含め河道を規定する要因の過去からの変遷を踏まえた河道特性理解と河道管理方針策定が重要との認識を提示しているものと言える。

流砂系と河道特性との関係については、河川の自然環境を扱うために新たに必要になった事項、流砂系など境界条件が変化することにより変化しうる河道特性のうち、河道管理上重要なものは何かなどを頭において、従来の土砂水理学がカバーできる範囲と限界を明確にし、今日の課題の特定を行うことが大事である。

### (3) ポイント[C]について

#### a) 課題解決のための（個別）技術開発について

本シンポジウムにおける論文では、まず、角ら<sup>22)</sup>が、排砂バイパスが設置された実ダムを対象に効果を検証し、排砂バイパスを計画・設計する上での有益な情報を得ている。清水らは<sup>23)</sup>、河床が平坦化し瀬淵の消失が目立つ山地部河道区間を対象に行われた瀬淵復元のための水制設置を紹介し、その効果予測を行っている。前者は流砂系管理のための個別技術開発に、後者は流砂系管理と組み合わせ適用される直接改変的な個別技術の開発につながるものと分類できる。いずれについても、ポイント[A][B]と次に述べる流砂系管理の計画論が詰められるのに合わせて開発ターゲットを一層明確にし、より活発な技術開発を可能にする環境づくりが大事である。

前者の技術開発に際しては、対象にした眼前の問題の解決が最優先になるわけであるが、最終的には、流砂系管理という全体的枠組みとの整合を意識することが重要である（排砂バイパスが下流河川の自然環境にどのような影響を与えるのかなど、幅広い視点からの総合評価）。後者の技術開発においては、流砂系管理を通じて行う対策との役割分担のあり方も検討課題になって行く。

#### b) 管理計画論、順応的管理論の実践に向けて

本シンポジウム論文の中では、海野ら<sup>9)</sup>が、前述の時系列土砂動態マップの作成とともに、流砂系に作用した

人為的インパクトとそれに対する河道システムの応答、諸課題との関連性を体系的に整理し、ポイント[B]に示した問題の構図を把握した上で、河川環境復元に必要な土砂の粒径や供給量・方法を課題ごとに検討するとともに、河川環境改善の目標案を示している。これは、流砂系管理の計画論につながるものである。

角・高田ら<sup>24)</sup>は、1つの多目的ダムに治水・利水機能を持たせる場合と、治水専用ダム（いわゆる穴あきダムで、普段は貯水せず、土砂堆積も起こりにくい）と利水専用ダム（河道外貯留の形式）に分離する場合とで、ライフサイクルコストがどう異なるかを比較している。その結果から、堆砂による貯水池寿命が短い場合、分離方式が有利になることを示し、日本においてもそのような条件に該当するダムが相当程度あり、新規ダム計画、既設ダム再編検討のいずれの場合でも、分離方式が選択肢になりうることを提起している。分離方式は、下流河川の自然環境に与えるダムの影響を軽減することにもつながる可能性がある。このような流砂系管理の前提条件に遡った研究は、そもそも問題を起こしにくい構造を水系に付与するという意味で重要である。

岡野ら<sup>13)</sup>は、天竜川水系で行われたダム下流河川への堆積土砂還元試験とその影響調査結果を述べるとともに、天竜川水系の流砂系管理の方向性を吟味している。そして、佐久間ダムからの排砂と通砂の必要性に鑑み、ダム下流河川への堆積土砂還元が、自然環境に大きな影響を与えず、あるいは改善に役立つことを、海岸を含む流域関係者が開かれた場で情報を共有しつつ確認していくことの必要性を指摘している。これは、流砂系管理の実践段階の方法論につながるものである。

以上は学術・技術を実践につなげるための技術政策研究に位置づけられ、流砂系管理の前提条件、管理計画、実践の各段階についてこの分野の研究を進めていくことが今後ますます重要である。

現在の流砂系の状況が人為的作用などにより昔に比べ変わっていることは確かであろうが、他方、このような状況になって相当の期間が経過しており、多くの人が「今の状況が普通である」との認識を持っている可能性もある。そうした中で、流砂系の状態を昔に戻すという理念だけでは施策実践の推進力として不十分な場合もある。ポイント[B]で示した問題の構図や、推進しようとする流砂系管理が水系～沿岸域をどのように変え（あるいは変えず）、それが流域住民にどのようなことをもたらすかを説明し合意を得ながら実行していくというような実施プロセスのあり方も重要な課題となろう<sup>25)</sup>。

この場合、たとえばダム貯水池の機能維持や海岸侵食対策に関しては、問題の構図がわかりやすく、流砂系管理がもたらす問題改善の効用を明確にしやすい。一方、接続する河川や沿岸域などについては、流砂系管理の影響を評価するという受け身の形になりやすい上、広大な場の複雑な現象を扱うことになり、その評価が簡単では

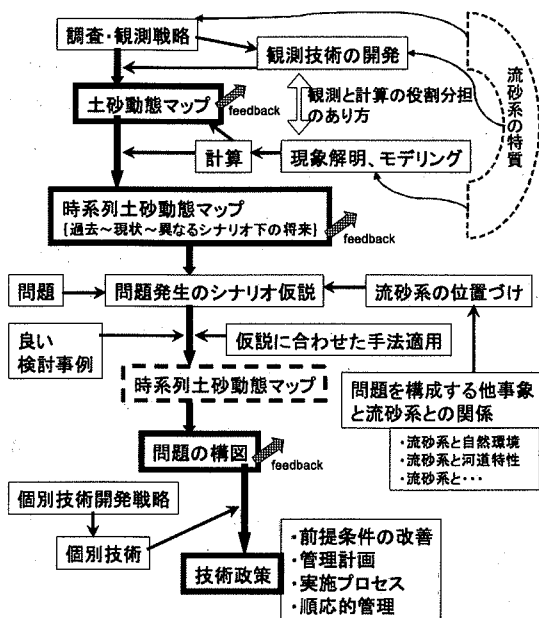


図-1 学術・技術を流砂系管理へつなげる道筋

なく、ここが隘路になる可能性がある。河川や沿岸域について、流砂系管理がもたらす影響と効用を評価できる技術を高めていくことが今後1つのポイントとなろう。

さらに、流砂系管理は、その影響範囲の広がりから本来的に複合目的を持つことになる。その効用・影響の予測や見通しについての信頼性が、水系～沿岸域の各場によってばらつく場合に、どのような実施プロセスを取るべきか、いわゆる流砂系管理における順応的管理のあり方も含め重要な検討課題であろう。

#### 4. まとめ

以上に述べてきた考察を総括して、学術・技術を流砂系管理にまでつなげる道筋の全体イメージを図-1に描いた。個別の研究の推進とともに、このような図をたたき台に各研究の位置づけや重点課題の吟味を並行して行っていくことが本課題にとって重要と考えられる。

**参考文献** 注)本シンポジウム論文集に掲載の論文には文献番号の右肩に\*印を付している。

- 1) 河川審議会総合土砂管理小委員会：流砂系の総合的な土砂管理に向けて、報告、1998。
- 2) 藤田光一：流砂系における土砂動態のとらえ方と広域土砂動態制御への展望、2000年度（第36回）水工学に関する夏期研修会、B-4、2000。
- 3) 藤田光一、平沼治ほか：水系土砂動態マップの作成と利用—瀬沼川と江合川の事例から—、土木技術資料、vol.41、No.7、1999。
- 4) 国土交通省河川局治水課、防災・海岸課海岸室ほか：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13年度国土

交通省国土技術研究会報告、指定課題、pp6-1～6-48、2001。

- 5) 海岸侵食対策と利水ダムの機能の維持・回復のための土砂管理対策検討委員会(委員長：辻本哲郎)：河川と海岸が一体となった総合的な土砂管理対策のための基本的な検討手法、2004。
- 6) \*海野修司、辰野剛志、山本晃一、渡口正史、本多信二：相模川水系の土砂管理と河川環境の関連性に関する研究。
- 7) \*小川長宏、渡邊康玄：二風谷ダムでの2003年台風10号におけるSSの挙動。
- 8) \*黒田保孝、加納浩生、奥山昌幸：常呂川水系常呂川における土砂流出調査に関する報告。
- 9) \*二村貴幸、山本浩一、坂野章、小川和彦、日下部隆昭、末次忠司：荷重計を用いた新しい掃流量観測手法の開発。
- 10) \*山本正司、犬山正、岡田浩治、吉栖雅人、西本直史：日野川流域における土砂動態の再現。
- 11) \*大澤和敏、池田駿介、酒井一人、島田正志：農業流域における土砂動態の現地観測およびUSLE・WEPPによる評価。
- 12) 藤田光一、山本晃一、赤堀安宏：勾配・河床材料の急変点を持つ沖積河道縦断面の形成機構と縦断面変化予測、土木学会論文集、No.600/II-44、pp.37-50、1998。
- 13) \*岡野真久、菊井幹男、石田裕哉、角哲也：ダム貯水池堆砂とそのダム下流河川還元についての研究。
- 14) 辻本哲郎：生態系保全における河川工学・生態学の接点、河川技術に関する論文集、第6巻、pp.7-12、2000。
- 15) \*皆川朋子、福島悟、天野邦彦：土砂投入が付着藻類に及ぼす影響。
- 16) \*榎本真二、服部敦、瀬崎智之、伊藤政彦、末次忠司、藤田光一：礫床河川に繁茂する植生の洪水攪乱に対する応答、遷移および群落拡大の特性。
- 17) たとえば原島省：陸水域におけるシリカ欠損と海域生態系の変質、水環境学会誌、vol.26、No.10、pp.9-13、2003。
- 18) 山本晃一：沖積河川学、山海堂、pp.330-332、1994。
- 19) \*須賀如川：大礫を含む混合粒径河川における河道システムの本質に関する考察。
- 20) \*福岡捷二、池田隆、田村浩敏、豊田浩、重松良：利根川下流部における六大深掘れ原因と低水路改修の評価。
- 21) \*寺本敦子、辻本哲郎：流量、土砂流入条件が砂州の変動に及ぼす影響の一考察。
- 22) \*角哲也、高田康史、岡野真久：バイパス設置による貯水池土砂管理効果の定量的把握。
- 23) \*清水義彦、小葉竹重機、小林俊雄、長田健吾、中村佳央、宮前太一：山地河川における瀬淵復元のための実験工事とその効果予測。
- 24) \*角哲也、高田康史、岡野真久：土砂管理の軽減を目的とした治水利水分離型ダム事業のライフサイクルコストに関する研究。
- 25) 進藤裕之：黒部川におけるダム排砂、第3回世界水フォーラム 統合的流域および水資源管理分科会セッション報告書「流域一貫の土砂管理」、pp.153-163、2003。

(2004. 4. 7受付)