

# 総合的な土砂管理に向けた土砂移動の観測



危機管理技術研究センター 砂防研究室 主任研究官 水野 秀明

## 1. はじめに

山から崩壊や侵食といった形態で動き始めた土砂は河川に入り、河川の中を水によって下流へ運ばれて海に流れ込む。その過程において土砂災害が発生したり、川底が高くなり川が氾濫するといった問題や、海岸の砂浜が侵食されたりする等といった問題が生じる。このような問題には、豪雨等により急激な土砂移動が起こり数時間や数日といったごく短い時間で影響が生じるものと、数年から数十年といった長い時間にわたる土砂の供給の大小によって影響が生じるものがある。

前者の問題についてここ数年の間に生じた二つの事例を紹介しよう。写真・1は1997年5月10日から11日にかけて、秋田県鹿角市八幡平で発生した地すべりの全景である。写



写真 - 1 秋田県鹿角市八幡平での地すべり



写真 - 2 姫川での橋梁の被災

真の奥から約250万 $m^3$ の土砂が動き出し、澄川を1 kmほど流下った。この地すべりによって16棟の温泉宿が被害を受けるといふ災害が生じた。写真・2は1995年7月10日から12日にかけて長野県と新潟県を流れる姫川で発生した洪水で被災した橋脚である。この洪水では、約400万 $m^3$ の土砂が姫川の本川に堆積し、河床が最大で14m程度上昇し、川の氾濫が至る所で発生した。54戸の家屋が全壊あるいは半壊し、450戸の家屋が床上あるいは床下に浸水し、JR大系線の鉄橋が3箇所流出するなど大きな災害が発生した。

後者の問題（長い時間で影響が出るもの）についてダム貯水池の堆砂と海岸の砂浜の侵食について紹介する。ダムの貯水池における堆砂は、全国的にみると、全貯水容量に対して約7%であるが、中部地方と北陸地方などの地質構造線付近に位置するダムの貯水池では堆砂量が多く緊急に解決すべき問題である<sup>1)</sup>。写真・3は宮崎県にある住吉海岸で生じている砂浜の侵食状況である。写真の奥に行くにつれて砂浜が狭くなっている様子がわかる。この辺りの砂浜は過去の記録によると年間約4 m程度侵食されている。また、日本全国では、砂浜が年間160ha侵食されている<sup>2)</sup>。

このような問題に対して従来、山から海までを砂防・ダム・河川・海岸といった領域ごとに対応してきた。しかし、例えば、海岸の砂浜の侵食は、山から海に流れてくる土砂量が減少することや、突堤等の構造物によって海における土砂の移動が遮断されるなどといった様々な要因が、複雑



写真 - 3 住吉海岸（宮崎県）における砂浜の侵食

に關係して発生する。このような場合、海岸管理者だけの対策では不十分で、土砂の供給源となる山地、河川、漁港の管理者等が連携して取り組まなければ、効率的で効果的な対策が取れない。この連携して対策に取り組むことを「総合的な土砂管理」と呼んでいる。また、この場合、山から海までの土砂移動を考慮する必要があるため、その一連な領域を「流砂系」と呼ぶ(図・1)。次に、総合的な土砂管理を行うためには、何を知らなければならないのかについて考える。

## 2. 総合的な土砂管理に向けて知るべきこと

何らかの対策を講じるためには、その対策によって達成すべき状態を決めなければならない。総合的な土砂管理の目的は、自然に流れる土砂だけでなく、浚渫や砂利採取といった人為的に川や海から搬出された土砂も含めた「土砂の移動」によって生じる問題を解決することである。このためには、問題を生じさせないような土砂の動き、すなわち、望ましい土砂の移動の状態を知る必要がある。

## 3. 望ましい土砂の移動の状態をどのように推定するのか

それでは、どのようにして推定すればよいのだろうか。

まず、土砂の移動と地形の変化の関係を整理する。図・1は土砂の移動と地形の変化を簡単に表わしたもので、川底の標高は時刻Tで実線の位置にあったものが、それから時間Tだけ経過した後は点線の位置に変化する。両者の

關係は基本的には式(1)のように簡単な収支で表わすことができる。

$$A + B = C \quad \dots (1)$$

Aは地形の時間的な変化のことで、川底の標高や海岸線の位置の時間変化である。Bはある時刻における土砂の移動量の空間的な変化のことで、ある距離だけ離れた2つの地点間での川や海の中で移動する土砂の量の変化である。なお、1秒間当たりといったような単位時間にある地点を通過する土砂の量を「流砂量」と呼ぶ。Cは川あるいは海への土砂の出入りの時間変化で、例えば、川底の土砂や岩石を搬出した量である。なお、川底の土砂や岩石を搬出した場合の値を正、逆に入り込む場合の値を負とする。

BとCが分かれば式(1)を計算して、ある区間内における地形の時間的な変化を知ることが可能となる。よって、山から海までを細かく分割し、それぞれの区間の中で収支を計算していくと、山から海までの地形について過去から現在までの時系列的な変化を再現したり、将来像を予測したりできる。その結果から、問題を引き起こした要因と、その際に不足した、あるいは過多であった土砂の量・粒径・タイミングといった原因を推定できる。「望ましい土砂の移動の状態」とは、土砂の移動量や、人工構造物の影響を評価するための地形の修正について、いくつかのパターンを想定し、それぞれに対して将来像を予測して、原因となっている土砂の移動を改善して、問題が生じないような結果となる土砂の移動量である。

次に、Bを推定する方法を整理する前に、土砂の移動形態について整理する。水の中における土砂の流れ方は川底を転がるようにして移動する掃流砂、水中に浮かびながら移動する浮遊砂(これら2つは河床上で移動・停止をくり返す)、水中に浮かびながら移動するが河床に堆積(停止)することがないウォッシュロードといった3種類に分類できる。それらの違いは土砂に働く力の大きさによる。水中にある土砂には、重力に加えて、浮力・抗力・揚力といった力が働いており、それらの力の大きさは土砂の大きさ(粒径と呼ぶ)や勾配に關係する。Bを推定するためには、流砂系の各地点において、粒径や勾配といったパラメータと流砂量との關係を知っておく必要がある。観測データから、そのような關係が分かればよいが、現時点では観測技術が開発途上であることや、データが十分に蓄積していないこ

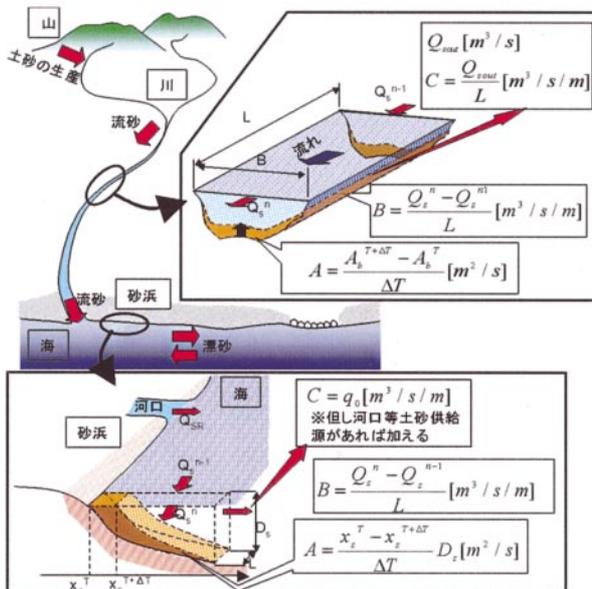


図 - 1 土砂の移動と地形の変化の關係

ともあって、分からない。十分にデータが蓄積するまで待つより、今までに研究されてきた流砂量の算定式を用いて、Bを推定する方が得策となる。次に、Cを正確に把握することは非常に難しいが、砂利採取の許可量や浚渫の計画書など過去の記録を整理すれば、概ねの値を推定できる。

#### 4. 実際の土砂の移動を測る

前述のように、地形の時間的な変化を知るためには、流砂量の空間的な変化を推定しなければならない。しかし、土砂は山から海に至る間に、崩壊・地すべり・侵食等といった生産過程、土石流・掃流・浮流等といった流出過程、堆積過程を様々な異なったメカニズムで移動するため、流砂量を十分な精度で再現できるレベルで観測・算出することは難しい。また、流砂量の推定式と式(1)を組み合わせた計算の結果を検証するために実際のデータが必要となるが、大洪水時の川や高波浪時の海を移動する土砂については観測する機器や技術が開発途上であるので、精度の良いデータが十分蓄積されていないのが現状である。

しかし、最近では観測機器の開発や改良によって、これまで難しかった大出水時における土砂の移動を、山から海に至るまで一貫して観測しデータを蓄積するという試みが、全国的に行われている。

写真-4は川の中の浮遊砂を採取し、迅速に計測するための装置である。橋の上等からパイプの先端を水中に入れて、浮遊砂を含んだ流水を採取し、土砂の量と粒径を測るものである。図-2<sup>3)</sup>は同装置を用いた観測結果の一事例で、流量と浮遊砂量の関係について観測データと既往の推定式をプロットしたものである。観測データは静岡県静岡市を流

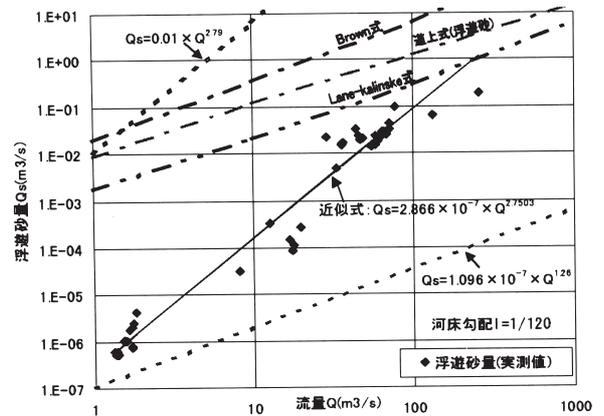


図-2 流量と浮遊砂量の関係(安倍川玉橋橋)



写真-5 溜沼洪水観測施設<sup>4)</sup> 河川研究室提供

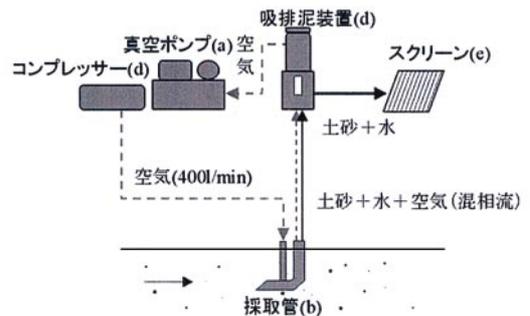


図-3 流砂捕捉ポンプ<sup>4)</sup> 河川研究室提供



写真-4 自給式ポンプ採水装置



写真-6 ジオ・スライサー<sup>4)</sup> 海岸研究室提供

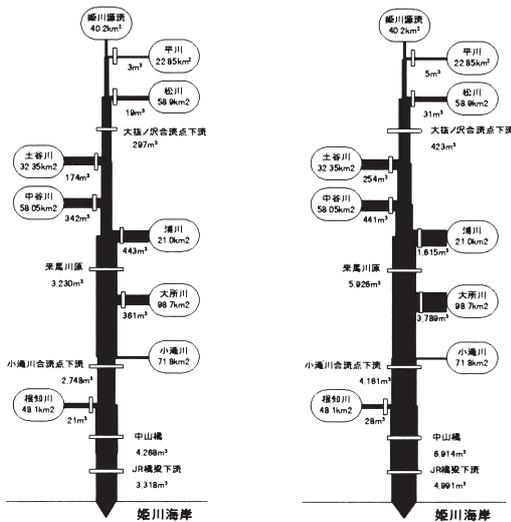


図-4 山から海までの土砂移動の実態 (姫川) 5)

れる安倍川の中流部 (玉機橋) において2000年度から2001年度にかけて観測したものである。既往の推定式と観測結果は流量が大きい場合には概ね一致したが、流量が小さい場合には大きな違いがあった。

写真-5は河床からの高さ毎の浮遊砂量を測定したり、河床のバケットにより掃流砂量を観測できる施設であり、図-3は粒径5mmの粗い浮遊砂までを採取できるよう開発した流砂捕捉ポンプである。

写真-6左は特殊な平箱型サンブラをパイプロ・ハンマーで打ち込み、平面状にサンプルを採取するジオ・スライサー、右は剥ぎ取ったサンプルである。堆積の傾斜まで把握することが可能である。採取されたサンプルの粒径調査、鉱物分析、年代測定をすることにより、過去の堆積環境を推定できる。

図-4は山から河口付近に至る土砂の移動を計測した事例の一つで、2001年7月7日に姫川で観測した結果である。土砂の大きさが流砂量に影響を及ぼす。そこで、観測した結果を土砂の大きさに分けて整理したところ、最も下流に位置する観測地点 (JR橋梁) での全流砂量 (4,991m³) のうち67%程度が直径0.075mm未満の土砂 (シルト・粘土)、22%程度が直径2mm以上の土砂 (礫より大きい土砂) であり、海に流れた土砂の大部分が細かい土砂であったことが分かった。また、支川の中では、大所川と浦川からの流出土砂が多い事も分かった。姫川では、この観測の他に4回観測しており、それらについては文献<sup>3)</sup>を参考にされたい。

以上のように徐々にではあるが、山から海までの土砂の

移動実態が明らかになってきている。このような観測を積み重ね、データを蓄積していくことによって、実際の土砂の移動量を推定する手法の精度を更に高めていくことが重要である。

## 5. おわりに

本レポートの冒頭でも述べているが、土砂の移動によって生じた問題に対しては、これまでも砂防・ダム・河川・海岸といった各領域では、土砂を流すような取り組み (透過型砂防堰堤・パイパストンネル・浚渫・サンドパイパス等) がとられている。しかし、海岸侵食に見られるように、今後各領域が連携して問題に取り組まなければならない場面が多くなると思われる。一方で、問題を解決するための対策、すなわち総合的な土砂管理が土砂の移動の実態に即して合理的に策定されたものにならないと、一般の人々には分かりにくいものとなり、ひいてはその計画に理解を得ることも難しくなる。このような事態を避けるためにも、土砂移動量推定手法の精度をより高いものに改善していくことが求められている。

本レポートを執筆するにあたり、貴重な写真やデータを提供していただいた関係各位に深く感謝する。

## 【参考文献】

- 1) 社団法人土木学会エネルギー土木委員会新技術・エネルギー小委員会堆砂・濁水分科会 (2001) : ダム貯水池堆砂・濁水問題への取り組みと課題報告書、p.7
- 2) 田中茂信、小荒井衛、深沢満(1993) : 地形図の比較による全国の海岸線変化、海岸工学論文集、vol.40、pp.416-420
- 3) 寺田秀樹、水野秀明 (2002) : 流砂系における土砂移動実態に関する研究、土木技術資料44-4、pp.32-37
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所砂防研究室、河川研究室、海岸研究室、独立行政法人土木研究所水工研究グループダム水理チーム (2002) : 総合的な土砂管理にかかる技術開発の現状について、雑誌「河川」、671号、p.71-77
- 5) 河川局砂防部砂防計画課、国総研砂防研究室 (2002) : 流砂系における土砂移動実態に関する研究、平成14年度国土交通省国土技術研究会報告、国土交通省、p.14-15