

山地流域における流砂の把握と砂防設備による土砂移動制御の検証

河川局砂防部砂防計画課

課長補佐 巖倉啓子

国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室

室長 小山内信智

1. はじめに

土砂は山腹斜面から溪流に入り、河川の中を流水によって運搬され、河口を通過し海域に到達する。その過程において、土砂移動はダム貯水池における堆砂を含めた河床上昇、河床低下、汀線の前進・後退といった地形の変化をもたらす。これらの地形の変化は貯水容量の低減、流下能力の低減、橋梁等の基礎部の不安定化、河口閉塞、越波量の増大、生態環境としての産卵場や利用場の消失など、防災・環境・利用上の問題を引き起こす。これらの問題を解消するための対策は、これまで土砂が移動する領域を砂防・ダム・河川・海岸に分割し、それぞれの領域でとられてきた。しかし、各領域だけの対応では限界があり、上下流一体となって取り組まなければならない問題が生じてきた。そのため、平成10年に建設大臣（当時）が河川審議会に諮問し、河川審議会総合土砂管理小委員会から総合的な土砂管理の確立に向けた報告が出された¹⁾。なお、この総合的な土砂管理が必要となった背景については、参考文献²⁾に詳しく示されている。

流砂系における総合的な土砂管理はリスクマネジメントシステムのプロセスで考えると分かりやすい。方針は前述の河川審議会総合土砂管理小委員会の報告に示されているように、上下流一体となって取り組まなければならない防災・環境・利用上の問題を解消することである。第一のプロセスは計画の策定である。計画は、顕在化している問題及び顕在化する可能性のある問題の分析、各領域が連携して対策を取るべき問題を明らかにするための評価、その問題に対する対策の選択、その対策を実施するプログラムの作成から構成される。第二のプロセスは、計画で作成したプログラムの実施である。第三のプロセスでは、プログラムの実施状況の監視・対策の効果評価、想定した効果が現れない場合には計画とプログラムの修正を行う。第四のプロセスでは、最高責任者がリスクマネジメントシステムの維持と適切性及び有効性の改善を目的として、システムのレビューを行うことになる。総合的な土砂管理を考えたとき、このようなマネジメントシステムは第一から第四までのプロセスを考慮した上で、対策の効果やそれに伴って新たに生じる問題に対して対応できるものでなければならない。

このようなマネジメントシステムの中で重要となる項目は、対策の効果と対策を講じることによって新たに生じる問題の2つを予測するとともに、実

際に監視・評価することである。この点に関して、砂防領域についてみると、「流砂系における土砂移動実態に関する研究」（平成 11 年度から平成 15 年度）、「山地流域における土砂生産予測手法の研究」（平成 16 年度から平成 18 年度）という国土技術研究会指定課題を通して、流砂量の観測技術や土砂移動の予知予測技術の開発と改良を行っており、前述の重要な項目に関する基礎的な研究はある程度進んだと言える。対策の効果の評価と対策を講じることによって新たに生じる問題の監視を行うためには、継続的に流砂量を計測するとともに、その結果を蓄積しておかなければならないが、現時点ではその技術や体制が確立されていない。そこで、本研究は 山地流域における流砂の把握と 砂防設備による土砂移動制御の検証を目的とし、平成 19 年度から平成 21 年度までの 3 力年間実施することとした。

ここでは、これまでの研究成果に基づいて総合的な土砂管理の考え方を整理し、土砂移動実態の把握のための技術開発（土砂移動モニタリング技術）の成果をレビューするとともに、本研究の計画を報告する。

2. これまでの研究成果

2.1 総合的な土砂管理の考え方の整理

流砂系の総合的な土砂管理支援システムは計画、実施、監視・評価・修正、レビューといった 4 つの過程から構成される。これらの過程の中でも特に重要となる計画についてみると、前述の計画 と については、ダム貯水池における堆砂量の状況³⁾、河床低下・上昇の状況⁴⁾、海岸侵食の状況⁵⁾などが全国的に調べられており、問題を引き起こしている、あるいは、引き起こす可能性のある地形変化は各領域において把握されてきており、上下流一体となって取り組まなければならない問題も徐々に明確になりつつある。計画

では問題が解消するために必要となる流砂量あるいは漂砂量を設定した上で、対策を選択しなければならない。流砂量あるいは漂砂量の設定に際しては、問題が生じている箇所あるいは区間だけでなく、上下流の領域の土砂移動に及ぼす影響を考慮して、流砂系としての健全性が悪化しない対策を選択する必要がある。しかし、流砂系の健全性を評価する技術はこれまで開発が試みられてきた⁶⁾ものの、まだ途上であり、実際の現場に適用できる段階までに更に時間を要すると考えられる。計画 では、計画 で作成した対策の計画・設計を行うとともに、その対策の効果を検査する計画（土砂移動モニタリング計画）を作成する。

計画の中でも重要となる、流砂系全体としての健全性を評価する技術はまだ開発途上である。一方、黒部川流砂系における扇状地の河床低下に伴う護岸基礎の浮き上がりや海岸侵食による越波などといった問題を解消するために透過型砂防えん堤の設置やダム排砂を実施している事例⁷⁾、鳥取沿岸における総合的な土砂管理の事例⁸⁾等といったように、問題が顕在化した流砂系では、いくつかの領域が連携した土砂管理が実際に動き始めている。

このような背景を考えると、当面は問題の生じている領域において土砂管理上の対策を、土砂移動に及ぼす影響を考慮しつつ講じることが現実的と考えられる。そこで、各領域が考えている土砂管理についてレビューする。

砂防の領域では、「平時の土砂の流出を阻害せず流下させ、災害を引き起こすような土砂流出時には、これをコントロールする」⁹⁾という考え方が示されている。最近では、災害を引き起こすような土砂流出時の対策、すなわち土砂災害対策は従来から砂防の根幹的目的として行われていることから、砂防の領域の土砂管理は平時の環境的な視点での議論に絞ったほうが分かりやすいという指摘¹⁰⁾もある。

ダム領域では、「自然の土砂の流れに近い形でダムから下流に土砂を流す」⁷⁾という考え方が示されており、梅雨時等に生じる出・洪水時に排砂を行っているところもある。また、最近では、適切な運用を行えば、貯水池は土砂調節施設として大きな効果を発揮することが期待される¹¹⁾。

河川の領域では、構造物の安全性の低下、瀬・淵の規模や数の縮小に伴う水生生物相や現存量の減少といった河床低下や土砂流送量の減少に起因する問題を改善すること¹²⁾が目標として挙げられる。

海岸の領域では、「河川から海岸への土砂供給を確保し、沿岸漂砂を連続的にして、砂浜を回復する」¹³⁾という考え方が示されている。具体的には、目標とする海岸地形を決めて、それを維持するための必要計画流砂量を決める¹⁴⁾。目標とする海岸地形については、「現在の汀線を保全することを基本的な目標とし、必要な場合には、さらに汀線の回復を図る」こととされている。

当面の間は、基本的に、顕著な問題の生じている領域における土砂管理の考え方に沿って対策を講じることになる。その際、その対策が上下流の領域における土砂移動に及ぼす影響を流出解析、河床変動計算、汀線変形モデルといった数値解析に基づいて推測し、防災上・環境上・利用上の条件が現状よりも悪くならないような対策を選択して実施することになる(計画)。

2.2 土砂移動モニタリング技術開発のレビュー

流砂量観測装置は一般的に「観測機器」と「導流設備」または「誘導手段」から構成される。「観測機器」は水中の土砂量あるいは土砂容積濃度を計測するもので、常時、自動計測する「無人固定式」(例えば写真-1)、洪水時など一定期間流水中に固定し、流水を一旦採取し、その採取したサンプルを計測する「有人固定式」(例えば写真-2)、および、観測地点に観測機器を搬入し、洪水時など一定期間、流水を一旦採取し、その採取したサンプルを計測する「搬入式」(例えば写真-3)がある。「導流設備」は観測機器に流水を導く装置のことで、管、水路等がある。「搬入手段」は観測機器を流水内の所定の深さに固定する方法のことで、パワーショベル、棒、ワイヤー等がある⁶⁾。



写真 - 1 無人固定式観測機器の例（濁度計）



写真 - 2 有人固定式観測機器の例（トロンメル）



写真 - 3 搬入式観測機器の例（自吸式ポンプ）

土砂移動モニタリングの観測精度は観測機器が土砂を捕捉する効率によるところが大きい。そこで、水路実験により代表的な観測機器の捕捉効率を計測したところ、その捕捉効率は計測しようとしている土砂の粒径や流れの速度（流速）から影響を受けることが分かった。その結果は参考文献⁶⁾を参考にさせていただきたいが、その結果に基づいて主な観測機器の適用範囲を図示すると、図 - 1 のようになった。

図 - 2 は観測機器として濁度計を用いて、流砂量を計測した事例である。このように無人固定式の観測機器を用いると、搬入式の観測機器では安全性の理由から計測が困難であったピーク流量時においても計測が可能であり、連続的に土砂移動を監視することができる。また、図 - 1 に示した観測機器は秒単位といった短時間の流砂量を計測するためのものであったが、最近では Time-integrated sampler¹⁵⁾ のように月単位といった長期間の流砂量(総量)を計測する観測機器が開発されている。

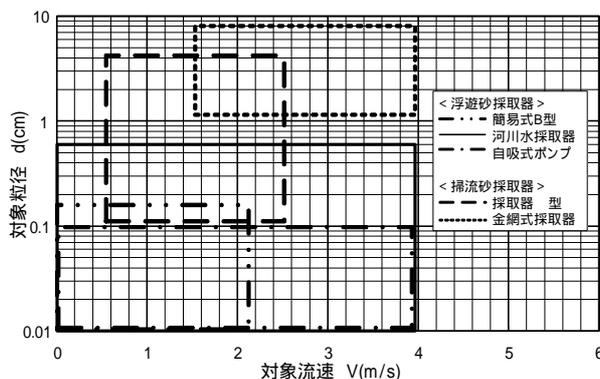


図 - 1 主な観測機器の適用範囲

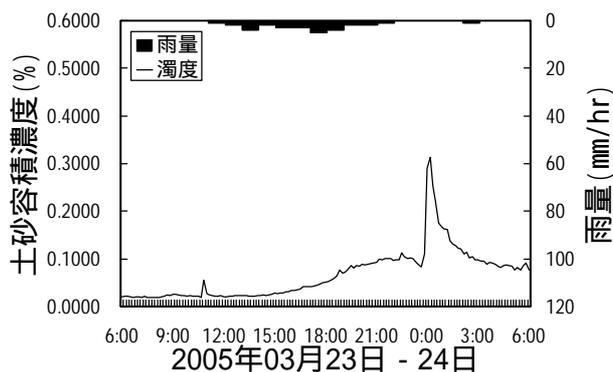


図 - 2 濁度計による計測例（芋川）

土砂移動モニタリング計画を策定する際には、監視すべき土砂移動の質（粒径）とその継続期間を考慮し、前述のような観測機器の特性を踏まえて適切に策定する必要がある。

3. 研究計画

3.1 全体の概要

本研究で実施する項目は次の通りである。

砂防水文観測所データベース構築

流砂量データベース構築

砂防設備（透過型砂防えん堤）データベース構築

砂防設備が土砂移動（流砂量）に及ぼす影響の把握

と については、直轄砂防事業を実施している水系の全てを対象として実施する。については、直轄砂防事業を実施している水系（区域）の全てを対象として実施する。については、砂防水文観測所が設置されている水系であって、砂防設備（透過型砂防えん堤）が設置されている水系を抽出して実施する。

、 のデータベース構築に際して、国総研砂防研究室はデータベースの仕様の策定とデータベースの構築を担当し、各地方整備局はそれぞれのデータベースに蓄積すべきデータの収集を担当する。については、国総研砂防研究室は対象とする砂防設備（透過型砂防えん堤）の選定を行うとともに土砂移動に及ぼす影響の分析を分担し、当該砂防設備を管轄する地方整備局は国総研砂防研究室と共同して観測計画と土砂移動モニタリング機器の設置・維持を行う。

3.2 各項目の概要

3.2.1 砂防水文観測所データベースの概要

砂防水文観測所データベースは下記の項目を格納した GIS データベースとする。

- 1) 名称
- 2) 位置（経度・緯度）
- 3) 観測項目
- 4) 設置個所の縦断形状・横断形状・粗度係数

3.2.2 流砂量データベースの概要

流砂量データベースは流砂量を観測している砂防水文観測所での観測結果を蓄積するもので、年表形式とする。

- 1) 観測所名
- 2) 位置（経度・緯度）
- 3) 土砂移動モニタリング観測機器の種類
- 4) 観測結果（年月日時刻、水位、土砂容積濃度等）

3.2.3 砂防設備（透過型砂防えん堤）データベースの概要

砂防設備（透過型砂防えん堤）データベースは部分透過型を含めて透過型砂防えん堤の箇所と目的を蓄積したものである。

- 1) 砂防えん堤名

2) 位置(経度・緯度)

3) 種類(土砂調節、土石流捕捉)

3.2.4 砂防設備が土砂移動(流砂量)に及ぼす影響の把握

3.2.1と3.2.3で整理した情報から、砂防水文観測所近辺にある透過型砂防えん堤を抽出し、土砂移動モニタリングを実施して、その透過型砂防えん堤が量的及び質(粒径)的な土砂移動に及ぼす影響を推測する。対象とする透過型砂防えん堤は3.2.1から3.2.3までの整理結果を受けて抽出する。また、抽出した透過型砂防えん堤には、土砂移動モニタリング装置を設置し、観測を実施する。観測方法及び観測結果の整理方法は3.2.2のデータベース構築に際して整理するガイドランによるものとする。

4. おわりに

過去2度の国土技術研究会指定課題はモデル流砂系・流域を設定し、流砂量の観測技術や土砂移動の予知予測技術の開発と改良を行ってきた。今回はそれらの成果を踏まえて、全国の直轄砂防事業を実施している流域を対象に、砂防基本計画の策定や総合的な土砂管理の実施に資する土砂移動の実態を把握するとともにデータの継続的な蓄積を行いたいと考えている。

参考文献

- 1) 建設省河川局砂防課(1998): 河川審議会「総合土砂管理小委員会」報告と今後の取り組みについて、河川、No.628、p.6-7
- 2) 例えば、高橋保(1998): 流砂系の総合的な土砂管理に向けて、河川、No.628、p.3-5
- 3) 例えば、櫻井寿之、柏井条介、大黒真希(2003): ダム貯水池の堆砂形態、土木技術資料45-3、p.56-61
- 4) 例えば、高橋保(2006): 流砂系の総合土砂管理、土砂流出現象と土砂害対策、近未来社、p.359-398
- 5) 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、第40巻、p.416-420
- 6) 中野泰雄、杉浦信夫、綱木亮介(2007): 健全な水循環系・流砂系の構築に関する研究、国土技術政策総合研究所プロジェクト研究報告第16号、76pp.
- 7) 金澤裕勝(2005): 総合的な土砂管理システムの確立を、季刊河川レビュー、No.131、p.80-84
- 8) 安本善征(2006): 鳥取沿岸の総合的な土砂管理ガイドライン、沿岸域学会誌、Vol.18、No.4、p.3-6
- 9) 水山高久(1998): 姫川の大規模土砂流出と土砂管理、河川、No.628、p.8-13
- 10) 水山高久(2004): 流砂系における土砂動態と土砂管理そして砂防、土木学会論文集No.754、-66、p.1-8

- 1 1) 柏井条介 (2005) : 総合土砂管理とダム貯水池の堆砂、ダム水理関係
発表論文集資料 - 、土木研究所資料第 3957 号、p.196-207
- 1 2) 福岡捷二 (1998) : 河道における土砂管理上の留意点、河川、No.628、
p.14-17
- 1 3) 磯部雅彦 (2006) : 総合的土砂管理、沿岸域学会誌第 19 巻第 1 号、
p.34-35
- 1 4) 磯部雅彦 (1998) : 海岸環境と流砂系土砂管理、河川、No.628、p.24-31
- 1 5) 小山内信智、水野秀明、沖中健起、原楨利幸 (2005) : Time-integrated
sampler の浮遊砂採取効率に関する水路実験、国土技術政策総合研究所
資料、第 265 号、70pp.