

観測技術の開発とその活用による山地流域の保全と管理

富田陽子



1. はじめに

自然災害から国土と国民を守る、国土の強靱化を図っていくうえで、砂防技術は大きな役割を担っている。砂防技術者は、技術力を自在に操ることによりその役割を果たしていくということにほかならない。

日本の砂防技術、特に山腹緑化や砂防堰堤等の砂防施設については、古くから培われてきた技術に工夫を重ねてより効果的なものへと開発を行ってきた。さらに現在は、山地流域を監視・観測する様々な新しい技術を開発してきている。例えば、ドローン¹⁾や人工衛星画像の活用により山地流域の変化の迅速な把握²⁾、山地斜面・溪流における平時・出水時の水・土砂の移動をリアルタイムで把握することができるようになってきている³⁾。さらに、得られた観測データと砂防施設の可変性により、下流への土砂流量を制御することも可能となってきた⁴⁾。もちろん、山地流域の水・土砂の動きについては十分に観測できていないこともまだ多く残されている。たとえば、山地河川では普段地表面に流水がない場合も多く、季節的に、降雨・融雪時に一時的に出現する場合がある。火山地域の場合には河川争奪が頻繁であり、降雨毎に流水は自在に地表面を流出する状態になる。移動土砂の大きさは数mの礫から1mmの1/10より小さい砂までである。土砂の移動量は水の量だけでは決まらない。近年ではシカ等の食害・踏み固めが流砂量に影響することも調査で判明している⁵⁾。山地流域における観測にはこのような困難さがある。

しかしながら、山地流域の流砂水文観測技術は進展してきている³⁾。このことにより、これまでよりも効率よく効果的に土砂災害の防止活動及び山地流域の保全と管理に当たることができる。その可能性について整理した。

2. 山地流域の流砂水文観測データがもたらす効果

1) 点検箇所の優先順位の設定

降雨時の雨量・流量・流砂量（浮遊砂・掃流砂）をリアルタイムで把握できれば、豪雨後の溪流及び砂防施設の緊急点検箇所の絞り込みができる。現在は、監視基準とする雨量を超えた流域において、監視カメラで得た画像も考慮しながら当該流域全域を概略点検している。ここに流量・流砂量のデータが加われば、点検箇所の絞り込み、優先順位の設定をより効率よく行えると考えられる。

2) 山地流域の環境の変化に伴う砂防施設の配置・型式の適宜見直し

山地流域の環境は、土地利用の変化や植生の生育状況によって変化し、それに伴い水・土の移動も変化する。砂防施設の設置において防災上当初は必要としなかった機能を時間の経過に対応して、つまり山地流域の環境の変化に対応して既存の砂防施設に付加する、あるいは新たな施設を設置する必要が生じる。

たとえば、設置当初は草木のない荒地であった場合、砂防施設に求められる機能は主に平時からの侵食防止と植生の復旧であるが、時間を経て森林が復旧した場合には、特に豪雨時の流木への対応や規模の大きな斜面崩壊への対応が必要になってくる。変化した現象に応じたより効果的な砂防施設への改良や新たに必要な場所への砂防施設の設置といった判断をこれまでよりもさらに適確に行うことができる。

3) 水系砂防、総合土砂管理への対応

水系砂防として、また総合土砂管理の観点から、下流に対する土砂供給量を調整するゲート（シャッター）付砂防堰堤⁴⁾の整備への取り組みがなされている。

山地河川では、崩壊が発生せず流量に応じた土砂供給がなされていない場合に、河床は低下していく。ここに大雨が降ると、まず流量が増加し始めるが、斜面崩壊や土石流が発生する閾値を超える降雨（主として降雨ピーク）に達するまでは流砂量は多くないので河床はさらに低下する。この時点では流送される土砂量を抑制する必要はなく、寧ろ、下流に土砂を供給するためシャッターを開き水・土砂を通過させる。山腹崩壊や土石流が発生して多くの土砂量が供給されるようになると、出水が終了するまで土砂の流出が続き、土砂・洪水氾濫等により河床が上昇し土砂災害になる。精密なモニタリングにより、最初に下流で低下した河床が埋め戻された段階で砂防堰堤のゲート（シャッター）を閉じて追加的な土砂の供給を減らせば、被害を軽減できる可能性がある。土石流危険渓流におけるゲート（シャッター）付砂防堰堤については、予防的に出水期にシャッターを閉じておくことで土石流の捕捉容量を増やせる可能性がある⁴⁾。

このような運用を実施するためには、雨量、流量、流砂量、河床変動、溪岸崩壊・山腹崩壊、土石流の発生状況などのモニタリングをリアルタイムで実施することが不可欠である。さらに降雨予測情報を入手して流量予測計算及び河床変動計算を行った上でシャッター操作を行うのが理想⁴⁾と考えられる。いくつかの流域ではこの条件が満たされつつあり、管理瑕疵とならないよう予め運用ルールを定めておく必要がある。

4) 砂防堰堤の除石管理

日頃の各種観測データ及び定期的実施している植生調査、河床堆積状況調査、砂防堰堤の堆砂状況調査などから砂防堰堤の今後の土砂堆積状況を予測することで、砂防堰堤の除石について、その実施場所の選定及び実施の優先順位をより計画的に設定できると考えられる。

5) 山地流域沿川～下流域住民への土砂災害警戒避難の支援⁵⁾

流砂水文観測によって、土石流発生時には水深の増加を伴わない掃流砂量の増加が見られる⁵⁾など、土砂災害警戒避難に寄与する観測の有効性が確認されている。このことは、土砂災害警戒情報

が発表された地域において、避難対象エリアの更なる絞り込みによる避難の実効性を高めることが期待でき、また、避難指示等の解除の判断を支援できる可能性がある。

3. 「山地流域管理図」の作成と活用

砂防施設の配置状況（型式、堆砂状況も含めて）、砂防法2条・6条指定の範囲、土砂災害警戒区域・特別警戒区域、山地流域の監視・観測機器の配置状況、山地流域の植生状況など、所管する山地流域の管理に関わる情報を統合し一元管理できる「山地流域管理図」の作成が進んでいる。これまでも個別にはあったが、適切に更新されているのか？BIM/CIMの深化の中で、今後は3次元データへ標準化し、流域内の変状も早期に反映することで、災害対応や危機管理、また、施設のメンテナンス、中長期的な視点に立った山地流域管理計画策定にも繋がるものになる。

国として所管する山地流域においては、モニタリングデータの取得、管理、分析とその公開がますます強く求められるようになると予想している。

4. おわりに

以上のように、平常時・非常時の両方の山地流域の流砂水文観測データは、土砂災害の防止という視点ばかりではなく、山地流域の日常的に良好な保全・管理という視点においても不可欠である。

参考文献

- 1) 「UAVの自律飛行による天然ダムの緊急調査及び被災状況把握に関する手引き」
<https://www.kkr.mlit.go.jp/kiisankei/center/research3.html>
- 2) 国総研資料 No.1110 合成開口レーダ（SAR）画像による土砂災害判読の手引き
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1110.htm>
- 3) （公社）砂防学会：砂防の観測の現場を訪ねて1、2、3、2020～2022.
- 4) 水山高久：シャッター付き砂防堰堤と運用のための情報システム、砂防学会誌、Vol.57、No.4、pp66～67、2004.
- 5) たとえば、桜井亘・内田太郎・田中健貴・井内拓馬・鶴田謙次・吉村暢也：山地流域の流砂水文観測の結果と今後の活用、平成28年度砂防学会研究発表会概要集、p.A40～A41・137、2016.