

春木川における静的・動的観測による流砂・水文観測と縦断的な土砂移動把握の試み

日本工営株式会社 ○保谷 智之・川瀬 遼太・松岡 暁・伊藤 隆郭
 国土交通省 関東地方整備局 富士川砂防事務所 植野 利康^{※1}・野坂 隆幸・唐木 理富
 京都大学 藤田 正治、宮田 秀介、信州大学 堤 大三、筑波大学 内田 太郎

※1：現 国土交通省 水管理・国土保全局 砂防部 保全課

1. はじめに

国総研資料¹⁾等で示されているように、山地溪流での流砂の実態や降雨に対する流出の応答を把握することで、砂防基本計画の策定、総合的な土砂管理方針の検討、流域治水や土砂・洪水氾濫への対策など、砂防事業への反映が期待される。そのため、富士川砂防事務所では、山地溪流における流砂量・水理量について、管内の流域で様々な観測手法を用いて観測を実施している。本稿では、UAVによる測量等の静的観測を加えて、春木川における縦断的な土砂移動の把握を試みたことを報告する。

2. 流砂・水文特性の観測方法

山地溪流での流砂量観測にて留意すべき山地溪流の特徴の一つは、水位変動・河床変動が激しいことである。また、移動土砂を構成する粒径分布が広く、水理量に応じて移動する粒径や流砂形態も異なるという特徴も持つ。

縦断的な土砂移動は UAV 等による河床形状の測量によって静的な標高差分を得ることで推定できる。

流砂量・水理量は、時空間的にも刻々と変化するため、出水中の連続的なデータの動的な取得が必要と考えられる。また、土砂移動特性を把握するには、全ての流砂形態に対して計測する必要があるものの、全ての流砂形態に対応できる観測方法はなく、それぞれの流砂形態に応じた方法を用いることが基本的な方針となる。

春木川(図1)で実施された観測方法を表1に示す。なお、UAV等による測量や粒径調査などを静的観測、流量や土砂量などの移動量を求める場合を動的観測と呼ぶ。

表1 観測手法

観測項目	観測対象	観測手法・観測機器	計器設置・観測場所
水位	水深	水位計(圧方式・超音波式)	栃原砂防堰堤
流速	表面流速	画像解析(CCTV画像)	春木川第一砂防堰堤
		電波式流速計(出水時)	旧春木川橋
濁度	Washload	濁度計、自動採水(出水時)	栃原砂防堰堤
		バケツ採水(出水時)	旧春木川橋
単位幅掃流砂量	掃流砂量	プレート型ハイドロフォン	栃原砂防堰堤
河床変動量	移動土砂量	UAV撮影によるSfM(2時期の標高差分図)	最下流～大春木砂防堰堤まで

表2 春木川 流域諸元

項目	値
流域面積	20.9 km ²
延長	9.5 km
平均勾配	河床勾配 1/10
60%粒径	60%粒径 D_{60} = 7.5 mm程度

3. 観測概要

富士川水系の早川の支川の春木川(図1)で、表1の観測を行った。春木川の流域諸元を表2、現場粒度試験結果を図2に示す。また、図5に出水時の降雨量(春木川観測所)を示す。主な計器設置場所は、早川との合流地点手前の橋梁(旧春木川橋)、栃原砂防堰堤、春木川第一砂防堰堤である。出水時観測(電波式流速計・採水)の期間は 9/19 17:00～ 9/20 15:00 である。

本稿で観測対象とした出水の概要を以下に示す。

- ・令和4年台風第14号(2022年9月14日3時発生、9月20日9時消滅。鹿児島県に上陸。最低気圧910hPa)
- ・最大時間雨量(春木川観測所)：28mm/h (9/19 20:00)
- ・累積雨量(春木川観測所)：207mm(9/18～20)

4. 観測結果

4. 1 UAVによる河床形状の把握

出水前(2022年8月17日)と出水直後(2022年9月26日)の地形変化・河床変動量を把握するため、UAV(図3)を用いた測量を行い、出水前後の春木川流域のオルソ写真およびSfM解析による点群データを得た。出水前後の河床の標高差分図を作成した。図4に観測結果を示す。



図1 早川支川春木川の位置図・計器類配置図

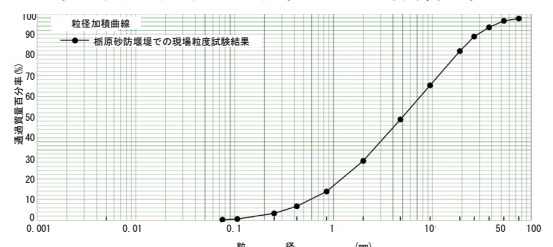


図2 栃原砂防堰堤での現場粒度試験結果

機体	重量	1,375g(バッテリー、プロペラ含む)
	対角寸法	350mm(プロペラ除く)
性能	最大速度	最大72km/h(Sモード)
	運用限界高度	6,000m
その他	最大飛行時間	約30分
	最大風圧抵抗	10m/s
環境	動作環境温度	0～40℃
	衛星測位システム	GPS/GLONASS
通信	動作周波数	2,400～2,483GHz
	最大伝送距離	4km(障害物および干渉がないこと)
その他	動作環境温度	0～40℃
	モニター	iPad mini
操作	モーター	DroneDeploy
	操作アプリ	DroneDeploy

DJI 社製
「Phantom 4 Pro V2.0」

図3 使用したUAVのスペック・写真

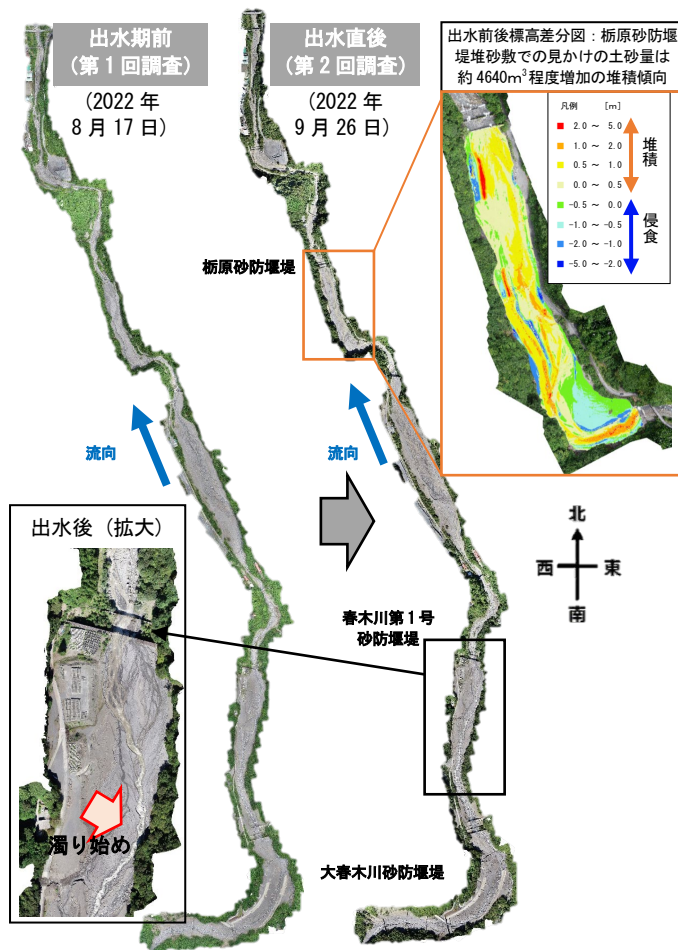


図4 UAV撮影結果(左：第1回, 右：第2回)

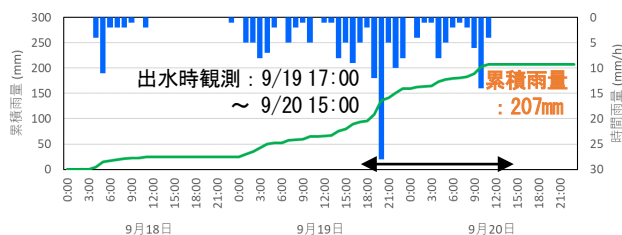


図5 降雨量(春木川観測所)



図6 ハイドロフォン観測結果(栃原砂防堰堤)

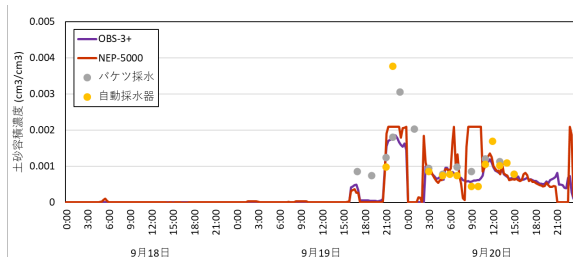


図7 濁度計観測結果(栃原砂防堰堤)
(春木川直接採水(バケツ採水・自動採水)結果併記)

4. 2 ハイドロフォン

図6に観測結果を示す。出水時観測前後の期間では雨量がピークに達した9月19日20時ごろ(図5)からハイドロフォンに反応がみられた。得られた単位幅掃流砂量に、別途計測された栃原砂防堰堤水通し部での水位と断面形状から推定した流下幅及び観測間隔(15分)を乗じ、出水期間(9月18日～20日)にて総量を求め、流出した掃流砂量は180m³と推定された。

4. 3 濁度計/採水

図7に観測結果を示す。濁度計による各時刻の土砂容積濃度と直接採水結果と比較すると、19日22時頃のピーク値はOBS-3+、NEP-5000 いずれも直接採水結果より低い濁度である(図7)。OBS-3+よりもNEP-5000の方がより高濁度まで観測できた。出水期間にて流出した浮遊砂量は、流量に濃度と観測間隔(15分)を乗じて総量を求め、3,229m³(OBS-3+)、3,844m³(NEP-5000)と推定された。なお、流量は観測水位から堰の公式により算出した。

4. 4 水位/流速計・画像解析での水位・流速観測

春木川の最下流付近の旧春木川橋に臨時設置した電波式の水位・流速計RQ-30a(Sommer社製)、及び、上流側の春木川第一砂防堰堤でのCCTV画像の画像解析による水位・流速の時系列変化を得た。出水期間中の最大流速は旧春木川橋で約3.5m/s、春木川第一砂防堰堤で約2.2m/sであった。本稿では観測成果の詳細は省略する。

5. おわりに

観測結果からわかったことを以下にまとめる。

- ①春木川流域の図4の範囲でのUAV画像による測量結果から、台風14号での出水前後の河床の標高差分図を作成することで縦断的な土砂移動を把握した。栃原砂防堰堤堆砂数に区切って標高差分図を示した(図4右上)。堆砂数での標高の変動高に面積を掛けて合計して見かけの土砂量を推定したところ、1出水で4,640m³程度の増加となった(増加：9,549m³、減少：4,909m³)。
- ②濁度計から、台風14号の出水期間にて流出した浮遊砂量は3,229m³(OBS-3+)と推定された。同期間でハイドロフォンの観測結果によると掃流砂量は180m³であった。これらの量は実質値であるので、観測された流出量と①の見かけの土砂量の減少量は概ね同量と言える。
- ③UAVによるオルソ写真(図4)によると、出水直後の撮影時の濁りの発生源は図中矢印で示した位置からである。出水時も同じ位置と考えると、濁度の由来は本川だけでなく支川・溪流からの流入分も含まれる可能性がある。
- ④濁度計の頭打ちを除いて直接採水と濁度計の濁度の時系列変化傾向は概ね調和的である。機器計測範囲や採水データの検証等、総合的に検討していくことが望ましい。

参考文献

- 1) 山地河道における流砂水文観測の手引き(案), 国総研資料, No.686, p.2, 2012