

中長期の土砂動態観測におけるカメラ活用について

国土交通省中部地方整備局多治見砂防国道事務所 森下淳*1・市川東大*2・大畑隆史*3・西條裕道
 国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部 田中健貴
 八千代エンジニアリング株式会社 ○小室 知栄・西尾陽介・佐藤敏明・宮田直樹

*1: 現国土交通本省水管理国土保全局砂防部保全課 *2: 現中部地方整備局河川部 *3: 現中部地方整備局木曾川水系ダム統合管理事務所管理課

1. はじめに

砂防計画においては、短期（一連の降雨継続期）の土砂流出だけでなく、その後の出水に伴う中長期的な土砂流出について、土砂動態実態を明らかにした上で、対策等の検討を進めていくことが重要な課題となっているが、ハイドロフォン等の観測設備は費用や維持管理の面から流域内に複数設置することが難しい点が課題である。そこで筆者らは、木曾川水系中津川流域を対象として、流域内に複数のタイムラプスカメラを設置し、川上流路工に設置されているハイドロフォンの観測結果と組み合わせ、中長期の土砂移動状況や流況の変化を観測している。

本報告では、中期の期間に発生する出水での土砂移動の実態に着目し、これまでの撮影によるタイムラプスカメラの映像情報をもとに、中津川の中期的な土砂動態特性について検討したので、その結果を報告する。

2. 令和6年度の観測状況と出水イベントの状況

2.1 タイムラプスカメラ

令和6年度時点では、中津川流域内の本川、支川、崩壊地等の10箇所にタイムラプスカメラを設置して土砂動態を観測している（図-2）が、本報告では土砂移動の変遷を検証するため、中津川本川の上流域（一の沢合流点）と下流域（牛ヶ瀬砂防堰堤）及び支川流域2箇所（小萱谷、地獄谷）を検討対象箇所として選定した。合わせて地獄谷内の小溪流の撮影結果も確認し、これらの観測状況から令和6年度に発生した降雨時における土砂流出状況について整理した。

2.2 検討対象イベント

令和6年度に観測された主要な出水は6イベント（表-1）ある。このうち、6月下旬と7月中旬の2イベントは最大24時間雨量117mmと最も大きな降雨記録であり、確率規模は1/5程度に相当する。したがって令和6年度の降雨は、計画で対象とする規模の降雨は発生していない。最大時間雨量でみると降雨波形のピークが立っているイベントは7月中旬、8月下旬、9月下旬の3イベントであり、最大時間35～50mmが記録されている。令和6年度に観測された6イベントのうち、7月上旬、8月下旬の降雨はピークが夜間に発生していることから、タイムラプスカメラによる土砂移動状況の確認が困難であった。そこで土砂流出状況を確認するための出水イベントとして、日中に降雨のピークが確認された9月下旬のイベント（2024/9/22）を選定した。

表-1 令和6年出水期の主要降雨記録（恵那観測所*1）

No.	降雨イベント観測日	最大時間雨量 (mm)	最大24時間雨量 (mm)	備考
1	2024/6/28	14 (6/28 13:00)	117 (6/28 13:00)	
2	2024/7/16	51 (7/16 23:00)	117 (7/17 01:00)	最大時間雨量 発生雨量1/5程度
3	2024/8/25	36 (8/24 19:00)	62 (8/25 14:00)	
4	2024/9/22	34 (9/22 12:00)	49 (9/22 13:00)	
5	2024/10/4	17 (10/4 15:00)	76 (10/4 16:00)	
6	2024/11/2	19 (11/2 17:00)	100 (11/2 9:00)	

*1: 国土交通省丸山ダム管理支所管理

2.3 令和6年9月22日降雨

令和6年9月22日の恵那観測所のハイトグラフ（図-1）では、降雨開始から11:00までは5mm未満であるが12:00に最大時間雨量（34mm）を記録しており、急激に時間

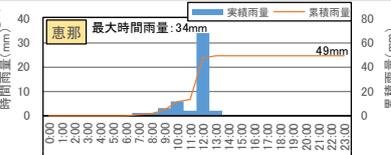


図-1 ハイトグラフ (R6.9.22 恵那観測所)

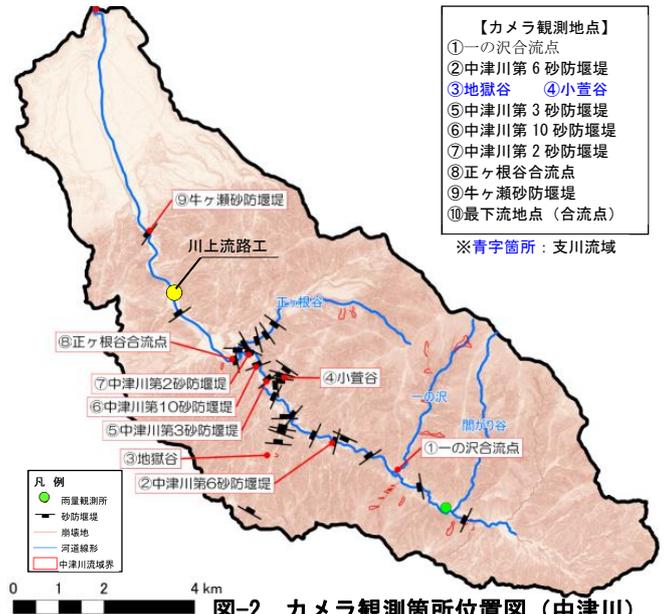


図-2 カメラ観測箇所位置図（中津川）

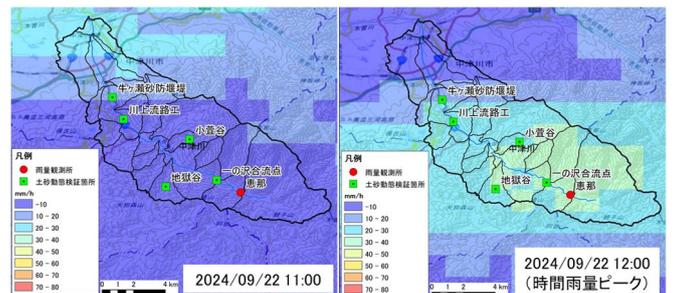


図-3 降雨分布 (R6.9.22 解析雨量)

雨量が増加する短期集中型の降雨であったことが確認できる。一方、中津川流域の解析雨量（気象庁）の分布（図-3）をみると、9/22の降雨は雨域が西から東に移動しており、降雨が集中した時間には面的な違いがあると推察される。

3. 観測地点毎の土砂流出状況

3.1 中津川本川

中津川本川は、上流域の一の沢合流点と下流域の牛ヶ瀬砂防堰堤地点のタイムラプスカメラ及び川上流路工のハイドロフォン観測結果から土砂流出状況について確認した。

① 一の沢合流点

一の沢合流点では、地表が濡れ始めた9:00頃は流水に濁りは見られないが、11:45ごろから濁りとともに水位が上昇し始め、12:45ごろに最も水位が高い状態となった。その後、徐々に水位低下して17:00すぎには濁りも殆ど確認されない状態となった。

② 牛ヶ瀬砂防堰堤

牛ヶ瀬砂防堰堤では、堤体が濡れ始めたのが10:00ごろであり、12:00ごろから濁りとともに水位が上昇し始め、13:30ごろに最も水位が高い状態となった。その後、徐々に水位低下し、最後に映像が確認できた17:00ごろには濁りも薄くなった翌朝6:00ごろには水位は低下し、濁りも解消していた。

一の沢合流点から牛ヶ瀬砂防堰堤は約9.5km離れている。

タイムラプスカメラで最大水位が確認された時間を比較すると、一の沢合流点から牛ヶ瀬砂防堰堤では、出水ピークの時間が45分程度遅れていたものと考えられる。

③ 川上流路工

川上流路工の hidroフォンは、牛ヶ瀬砂防堰堤より約1.5km上流に位置している。hidroフォン地点では、水位ピークが13:15ごろ記録されており、牛ヶ瀬堰堤より15分程度早くピークが到達している。一方、約8.0km上流の一の沢合流点とのピーク時間の違いが30分程度であることから、本川上流からの出水だけでなく、支川流域からの土砂流出が下流（川上流路工）まで到達している可能性が考えられる。

なおhidroフォンパルス及び濁度についても、13:15ごろに最大となっていることから、映像に写った濁りを有する出水は土砂移動を伴う出水であったと考えられる。（図-6）

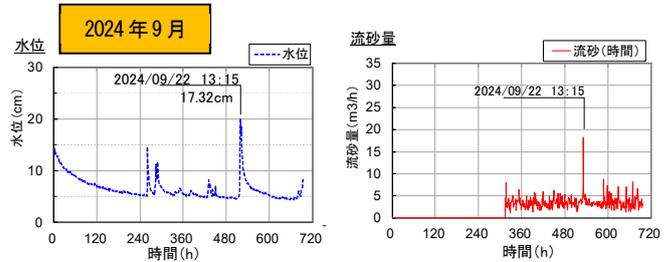


図-6 水位と流砂量の観測結果(川上流路工)

4. 流出実態の検証

4.1 観測結果からの検証

本川と支川の観測結果を比較すると、水位が最大となる時間にズレがあることが確認された。令和6年9月22日の降雨は、雨域が西から東に移動していることから、下流の支川は、上流より早い時間に出水のピークであったと推察される。また流域面積が小さいほど、水位上昇時間、水位低下時間も短い傾向がみられることから、流域面積に応じた洪水到達時間の違いもピークのずれに影響しているものと推察される。

4.2 河床変動計算による検証

カメラ観測結果から確認された支川毎のピークのずれに着目し、水と土砂の供給タイミングのずれが河床変動に影響するかを把握するため、一次元河床変動計算で検証を行った。計算モデルは、既往検討で作成された再現性が確認されているモデルを使用した。対象シナリオは、中津川流域において河床上昇による氾濫被害が生じたS32.6月災とした。土砂、水を供給するタイミングは、一の沢合流点(12:45)を基準とし、前項で確認された各支川のみピーク時刻(地獄谷;11:20、小萱谷;11:40)のずれを反映した。一次元河床変動計算の結果、ピークのずれを反映したことで、中津川の0.1~10.9km区間のほぼ全区間で最終堆積深、最大水深が変化しており、最終堆積深は平均1cm、最大3cm、最大水深は平均1.5cm、最大4cm程度となった(表-2)。今回は2支川のみピークをずらした計算であるが、本川では数cmの変化が表れており、支川のピークのずれを考慮することの重要性が示唆される。

5. おわりに(今後の課題)

タイムラプスカメラによる土砂動態観測と流域内の雨量分布の解析により、支川毎の水や土砂の流出が異なる状況が確認できた。その結果を反映させた河床変動計算では、支川のピークのずれにより本川の土砂堆積や水深が変化しており、支川からの水や土砂の流出の実態を考慮することが重要と考えられた。今後も土砂動態観測を継続し、中津川流域の中長期的な土砂動態の解明と検証を行っていく必要があると考えている。

表-2 最終堆積深と最大水深の比較(計算結果)

木曾川合流点からの距離(km)	地点名	最終堆積深(m)			最大水深(m)		
		ピークのずれなし	ピークのずれ考慮	差分	ピークのずれなし	ピークのずれ考慮	差分
0.10		7.428	7.434	0.006	7.530	7.533	0.003
1.00		0.359	0.360	0.001	1.601	1.604	0.003
2.00		0.058	0.060	0.002	2.280	2.292	0.012
2.60	中津川市役所	0.691	0.688	-0.003	2.898	2.925	0.027
3.00		0.001	0.001	0.000	1.484	1.499	0.015
4.00		0.588	0.580	-0.008	2.706	2.720	0.014
5.00		3.778	3.806	0.028	4.250	4.242	-0.008
5.10	王子特殊紙工場	5.625	5.628	0.003	6.082	6.080	-0.002
5.54	牛ヶ瀬砂防ダム	2.378	2.381	0.003	3.025	3.006	-0.019
6.00		1.384	1.381	-0.003	2.506	2.543	0.037
7.00		1.437	1.430	-0.007	2.713	2.737	0.024
7.77	川上砂防ダム	2.384	2.365	-0.019	3.126	3.141	0.015
8.00		1.302	1.281	-0.021	1.934	1.908	-0.026
9.00		4.36	4.34	-0.01	4.46	4.43	-0.03
10.00	中津川第2砂防堰堤	8.038	8.071	0.033	8.261	8.298	0.037
10.43	中津川第10砂防堰堤	7.301	7.303	0.002	7.860	7.854	-0.006
10.90	中津川第3砂防堰堤	7.638	7.632	-0.006	8.100	8.090	-0.010



図-4 中津川本川の流出状況 (R6. 9. 22)

3.2 支川流域

中津川の支川流域は、左支川の地獄谷と右支川の小萱谷のタイムラプスカメラから土砂流出状況について確認した。また、合わせて地獄谷については小渓流の状況も確認した。

① 小萱谷

小萱谷では、地表が濡れ始めた9:00頃は流水に濁りはなかったが、11:10ごろから濁りとともに急激に水位が上昇し始め、11:40ごろに最も水位が高い状態となった。その後、徐々に水位低下して15:30ごろには概ね元の水位に戻った。

② 地獄谷

地獄谷では、9:00頃は流水に濁りはなかったが、11:20ごろから濁りとともに急激に水位が上昇し始め、11:30ごろには最も水位が高い状態となった。その後、徐々に水位低下して15:00ごろには濁りも少なくなり、概ね元の水位に戻った。

③ 地獄谷(小渓流)

地獄谷の小渓流では、9:00頃は流水に濁りはなかったが、11:00ごろから濁りとともに急激に水位が上昇し始め、11:20ごろには最も水位が高い状態となった。その後、急速に水位低下して12:30ごろには概ね元の水位に戻った。



図-5 支川流域の流出状況 (R6. 9. 22)