

流砂量観測結果等に基づく流域の土砂流出特性の考察

株式会社建設環境研究所 ○叶 正興，樊 建強，山本和彦，重村 一馬
関東地方整備局渡良瀬川河川事務所 牛腸 宏，田中秀夫，篠原幸夫，黒岩忠夫

1. はじめに

渡良瀬川河川事務所管内において、平成 22 年に足尾砂防堰堤、中居砂防堰堤、川口川下流砂防堰堤、上神梅砂防堰堤、赤岩橋、葉鹿橋の計 6 箇所ではドロフォン、濁度計等の流砂量観測計器が設置され、流砂量観測を開始した。平成 23 年に相次ぎの台風出水により大きな被災を受け、一部は観測不可となった。その後に段階的に復旧、再設置され、現在は図-1 に示す 5 か所で流砂量観測が実施され、データの蓄積を続けている。

また、流砂量観測区域内において、水資源機構所管の草木ダムが存在し、そこでは、定期的にダム堆砂量の計測が実施され、年間堆砂量等を把握されている。本論文は、流砂量観測結果及び草木ダム堆砂の実績を整理、分析し、砂防流域からの土砂流出特性について考察を行った結果を報告する。

2. 流砂量観測結果と草木ダム堆砂の概要

(1) 対象箇所・期間の抽出

渡良瀬川河川事務所管内の流砂量観測データの取得状況を表-1 に示す。平成 23 年の台風出水により多くの機器の流出、破損が発生したため、健全なデータを連続的に取れた箇所が少なかった。ここでは、水位、濁度、掃流砂のデータを揃って取得した平成 23 年の足尾砂防堰堤、中居砂防堰堤の観測データと草木ダムの堆砂実績を用いて検討を行う。対象期間の流砂観測データと草木ダムの堆砂状況を図-2 に示す。

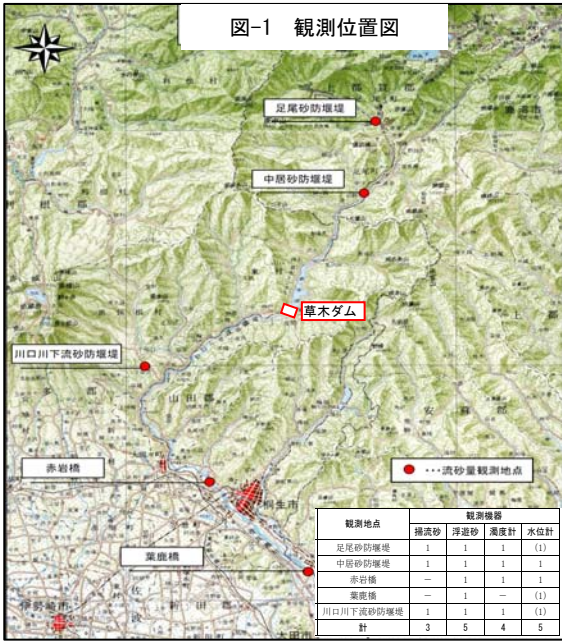
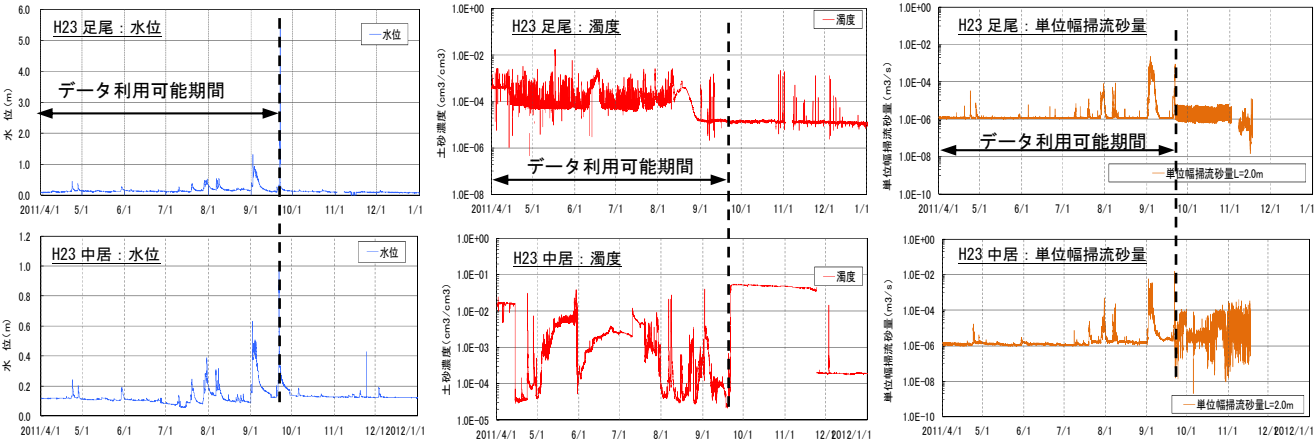


表-1 データ取得状況一覧表

観測所	設置計器	H23	H24	H25	H26	H27	H28	備考
足尾	掃流砂計							
	濁度計							
	水位計							
中居	掃流砂計							濁度計H27新設
	浮遊砂計							
	濁度計							
川口川	掃流砂計							
	浮遊砂計							
	濁度計							
赤岩橋	掃流砂計							
	浮遊砂計							
	濁度計							
葉鹿橋	掃流砂計							H27浮遊砂計埋没
	浮遊砂計							
	濁度計							



(2) 流砂量観測結果とダム堆砂量の比較

ドロフォン(L=2.0m)と濁度計の観測データを用いて次頁に示す方法より求めた対象期間の観測地点（足尾堰堤、中居堰堤）における観測流砂量(掃流砂、浮遊砂)と同期間の草木ダム堆砂量を表-2 に示す。観測流砂量がダム堆積量の約 1/6～1/8 程度になっている。

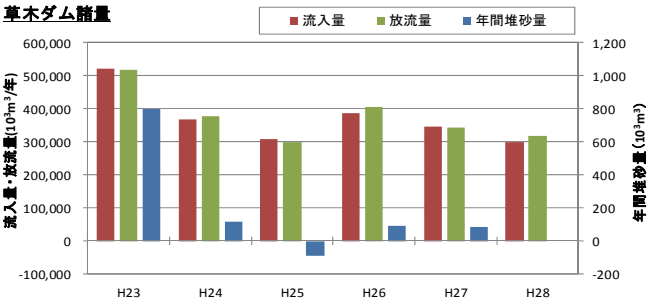


図-2 草木ダムの堆砂状況

＜観測流砂量の算出方法＞

浮遊砂量： $Q_{ss} = \Sigma (\text{土砂濃度 } (q_{ss}) \times 15 \text{ 分}^{\ast 1} \times 60 \text{ 秒}) \times \text{流量}^{\ast 2}$

掃流砂量： $Q_{bs} = \Sigma (\text{単位幅掃流砂量 } (q_{bs}) \times 15 \text{ 分} \times 60 \text{ 秒} \times \text{川幅})$

(※1: 観測データは 15 分に 1 回の記録ため、 ※2: 流量は H-Q 式より求めた値を使用)

表-2 観測流砂量と草木ダム堆砂実績の比較

草木ダム(A=254km ²) 堆砂量Qs(m ³)	中居砂防堰堤(A=130km ²) 通過土砂量(m ³)		足尾砂防堰堤(A=54km ²) 通過土砂量(m ³)	
800,000	浮遊砂 36,901	合計 50,898 (99,447)	浮遊砂 19,867	合計 27,441 (129,074)
	掃流砂 13,997		掃流砂 7,574	

表-3 粒径組成の比較

	掃流砂 (%)	浮遊砂 (%)
足尾	27.6	72.4
中居	27.5	72.5
草木ダム	20.4 (2mm粒径以上)	79.6 (2mm粒径以下)

()内は流域面積による補正を行った値である。

また、流砂量観測データより換算した掃流砂・浮遊砂構成と草木ダム堆砂粒度調査による粗粒分(>2mm 粒径)と細粒分(<2mm)の構成比を表-3 に示す。ダム堆砂の方がやや細粒分の比率がやや高めではあるが、かなり近い傾向を示している。

3. 砂防流域の土砂流出特性について

以上の検討結果に基づき、渡良瀬川砂防流域(基準点: 赤岩橋)の土砂移動特性は以下のように整理できる。

- ・足尾、中居の2箇所の流砂量観測地点で計測された流下土砂の粒径組成は 2mm 以上の掃流砂が約 2 割で 2mm 以下の細粒砂(浮遊砂・ウッシュコート) 8 割を占める。これは草木ダムの堆砂実績と近い値を示す。
- ・また、草木ダム堆砂量(S52 以降)と期間内高水流量の相関を図-3 に示す。ダムへの流入土砂量は、流域からの総流量(図-2 参照)より期間内高水流量に支配され、なお、高水流量が 1,200m³/s を境に流入土砂量が急増する傾向が確認できる。これより、砂防流域において降雨規模をある程度を超えると土砂生産が活発化すると推定される。
- ・また、平成 23 年以降の右支川・川口川観測地点の無次元掃流と無次元掃流砂量の相関を整理すると図-4 に示すとおりである。理論曲線とほぼ同じ傾向を示し、また、観測データは平成 24 年から平成 28 年にかけて左から右へシフトしている傾向が確認できる。これは、同じ無次元掃流量を移動させるために必要な掃流力が大きくなる傾向にあり、つまり上流域の土砂流出が安定化に向かってしていると推定される。

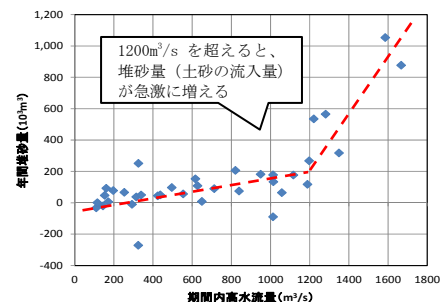


図-3 期間内高水流量と年間堆砂量の関係

4. まとめと今後の課題

足尾、中居観測の平成 23 年の流砂量観測結果と草木ダム堆砂実績に基づき、観測流砂量とダム堆砂実績の比較等を行った。利用可能なデータが少なくなる傾向ではあるが、この比較検討より以下のことが整理できる。

- ①流砂量観測計器より、観測箇所の通過土砂量を算定でき、上流から土砂の流下状況を概ね把握できる。
- ②流砂量観測結果の粒径組成と草木ダム堆砂の粒度調査結果がかなり近い値を示し、流砂量観測結果の妥当性が検証された。
- ③平成 23 年の流砂量観測データより推定した流下土砂量が草木ダムの実際の堆砂量に比べてかなり小さい値を示しているが、観測機器の特性や設置条件による多くの要因を考えられるが、今後更なる検証が必要である。
- ④観測結果と実績堆砂量の相関関係を構築できれば、流砂量の観測結果を用いて、流域から流出する土砂の量と質の評価が可能になると考えられる。
- ⑤草木ダム堆砂量と期間高水流量の相関より、流域内から高水流出量が 1200m³/s 超えるとダム堆砂が急に増加する傾向が確認される。今後、これに相当する降雨条件(降雨強度、降雨パターン)の確認が必要である。

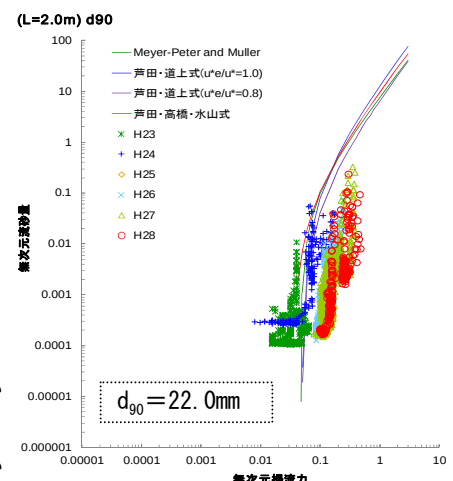


図-4 無次元掃流力と無次元掃流砂量の関係
(川口川: L=2.0m, d90)