

## 1. はじめに

山地溪流における土砂流出現象は、水量だけではなく土砂生産源からの土砂供給にも依存する非平衡状態にある。従って従来の流砂量式を適用するなどの理論的な予測は困難であり、現地観測を行う必要がある。本研究では、濁度計とハイドロフォンを組み合わせた間接的流砂観測手法<sup>1)</sup>を用いて、山地溪流の土砂動態の把握を試みた。

## 2. 試験流域

岐阜県高山市に位置する神通川水系足洗谷流域を試験流域とした。流域面積は7.2km<sup>2</sup>、海拔高度は900mから2450mに及び、基盤岩類の崩壊や焼岳火山の活動による噴出物堆積層の侵食に伴う土砂供給を特徴とし、土砂移動が活発な溪流である。足洗谷本川に合流する支川は下流より、深谷(0.37km<sup>2</sup>)、ヒル谷(0.85km<sup>2</sup>)、割谷(1.11km<sup>2</sup>)、および黒谷(1.2km<sup>2</sup>)であり、黒谷合流部より上流の本川は白水谷(2.1km<sup>2</sup>)と名称を変える。

## 3. 観測手法

足洗谷流域において、割谷、黒谷、白水谷、足洗谷本川出口の4地点に濁度計とハイドロフォン、水位計を設置し観測を行った。濁度計は流水の濁りを計測する装置であり、射出した近赤外線光が後方に散乱したものを計測する後方散乱方式を用いた。浮遊砂とウォッシュロードを観測対象とする。ハイドロフォンはマイクロフォンを埋め込んだ金属管に礫が衝突した際の音を2、4、16、64、256、1016倍にアンプで増幅し、それぞれをパルスとして出力する装置である。掃流砂を観測対象とする。また雨量データは、京都大学防災研究所穂高砂防観測所の雨量計と白水谷中流域に設置した雨量計によるものを用いた。解析対象期間は2007年6月～2010年3月である。

## 4. 観測結果

### 4.1 各流域の土砂流出特性の把握

観測結果より、足洗谷流域の定性的な土砂動態を把握することができた。割谷や黒谷では土砂流出は水位ピークに集中した。一方、白水谷や足洗谷では土砂流出は水位ピーク後も継続し、濁度やパルス数も大きな値が観測された。このことより、足洗谷流域における土砂流出は白水谷が最も活発で、次いで足洗谷、黒谷、割谷の順であることが示された。また、浮遊砂やウォッシュロードはどの谷でも降雨に鋭く応答して流出するが、掃流砂は降雨後も継続して流出する傾向が見られ、輸送形態の違いを反映したと考えられた。

### 4.2 土砂生産源の推定

#### 4.2.1 水位—濁度履歴による評価

出水時における流量と土砂濃度の変化傾向は出水毎に異なり、ヒステリシスが存在することが知られている。そこで足洗谷観測点の観測結果を用いヒステリシスを分類した。倉茂(1996)<sup>2)</sup>の分類を参考に、水位ピークと濁度ピークの時間的なずれから、30分を基準として濁度ピークの先行型・同時型・遅れ型の3つに分類した(図1, 2, 3)。これにより浮遊土砂の供給源が推定され、先行型では河床堆積物から、同時型・遅れ型では裸地斜面から土砂が供給されたと考えられた。先行型は融雪出水期に、同時型・遅れ型はそれ以後の夏から秋にかけて多く見られ、これは河床堆積物や斜面土層中の細粒土砂貯砂量が季節変化することに起因すると考えられた。

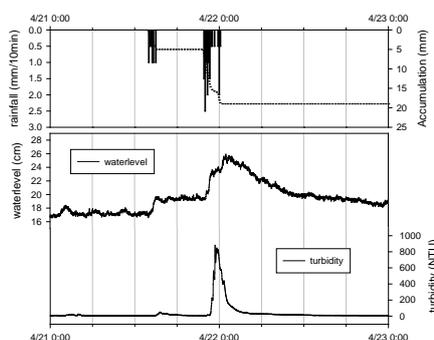


図1 先行型 2009/4/21-23

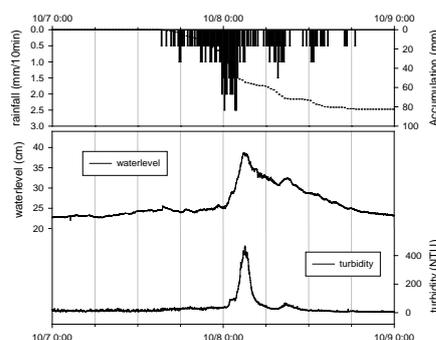


図2 同時型 2009/10/7-8

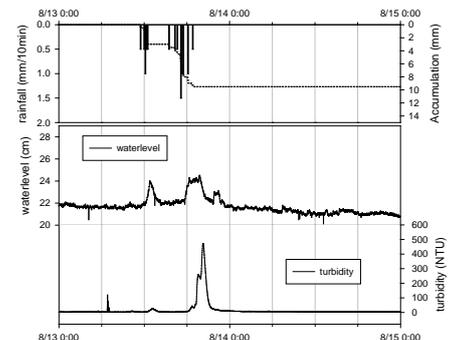


図3 遅れ型 2009/8/13-14

#### 4.2.2 上流と下流における濁度、パルス変動曲線の比較による評価

流砂は上流から下流へと流下するため、上流と下流の濁度やパルスの変動曲線を比較することで土砂生産源の推定が可能であると考えられる。図4に2009年6月22日～23日の観測結果を示す。上流の白水谷の濁度波形と下流の足洗谷の濁度波形が類似しており、約30分ずれている。2つの観測点の距離は約2kmであり、30分(1800秒)で除すると流下速度は約1(m/s)と妥当な値となることから、白水谷から足洗谷へ濁度が伝播した様子を明瞭にとらえることができたと考えられる。また水位の伝播に比較し、濁度の伝播はやや遅れ気味となった。これは洪水波の影響に起因すると考えられ、その影響も考慮する必要があることが示された。

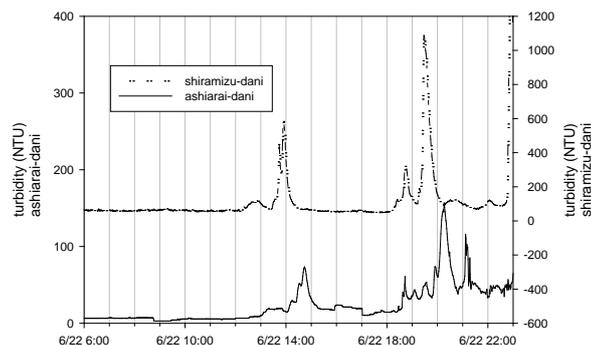


図4 濁度の伝播の様子 2009/6/22-23

### 4.3 大出水時の流砂観測 —2010年7月12日事例検討—

#### 4.3.1 出水の概要

2010年7月9日から16日にかけて雨が降り続き、総降雨量273mmとなった。特に11日から12日にかけて強い降雨があり、12日明け方に土石流が発生し、割谷、足洗谷の観測機器が破損した。現地調査より土砂は割谷から流出したことが分かった。それに加え、足洗谷観測点より約250m上流の左岸側に崩壊跡が見られ、そこからも土砂が流出したことが認められた。

#### 4.3.2 観測結果と考察

本出水では12日3時頃、12日7時頃の二度、土砂流出のピークが見られた。割谷では二度目のピーク前の12日4:37を最後にデータの取得が途絶えた。最低倍率の2倍のアンブ倍率でも100前後のパルスが観測され、大粒径の土砂が移動した。濁度は観測できなかった。足洗谷では二度目のピーク時に土石流が通過したと見られる。インターバルカメラの映像より、12日6:59に観測橋が閉塞し、土砂が水路外へ流出したことが確かめられた。一度目のピーク以前のパルスの変動曲線が割谷のものと類似しており、割谷から多くの掃流砂が流出したと考えられる。足洗谷においても、2倍のアンブ倍率でも100程度のパルスが観測されており、大粒径の土砂が流出したとみられる。濁度は観測できなかった。以上より、土石流が発生するような大出水時においても、濁度計とハイドロフォンを組み合わせた間接法により土砂動態をある程度把握することが可能であることが示された。一方、土石流発生時の様子や発生場所など、観測結果のみから詳細な情報を得ることは困難であった。大出水時に明瞭なデータを得るためには、平時と出水時に対応するような二段構えに設置するなど、設置場所や設置手法をさらに検討する必要があることが示された。

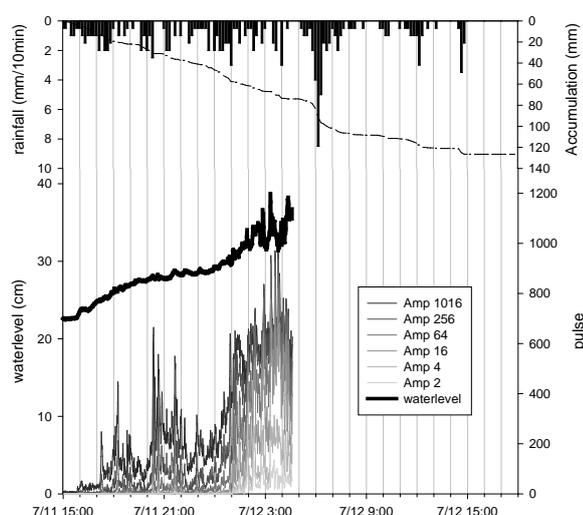


図5 割谷のパルス

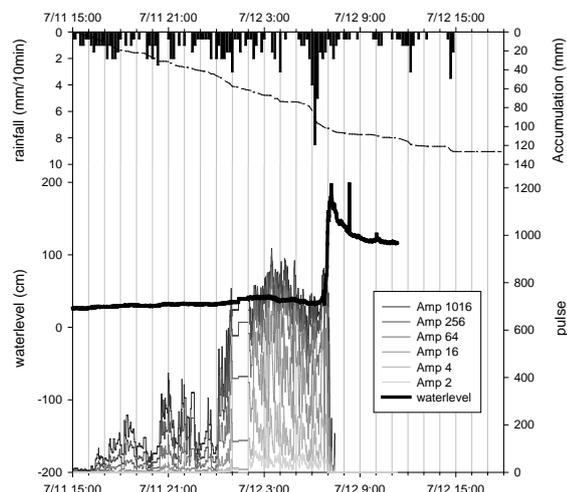


図6 足洗谷のパルス

### 5. 今後の課題

本研究では、あくまで定性的な土砂動態の把握を目的とした。従って、濁度計やハイドロフォンのキャリブレーション実験などにより、定量的な議論を行うことが今後の課題である。また平時と出水時の両方のデータを明瞭に得るために、観測機器の設置場所と手法を更に検討する必要がある。

#### 参考文献

- 1) 堤大三、水山高久、野中理伸、藤田正治、志田正雄：山地流域における土砂動態の定量的モニタリング手法の開発、京都大学防災研究所年報、No.51 B, p.661-668, 2008
- 2) 倉茂好匡：河川の浮流土砂研究における最近の動向、北海道大学地球物理学研究報告、No.59, p.1-13, 1996