

## 溪床堆積物再移動型土石流頻発溪流での 伏流水の短期流出特性とタンクモデルの適用

三重大学大学院生物資源学研究科・生物資源学部  
○原太一（現中日本航空株式会社），林希宝，山田孝

### 1 はじめに

三重県いなべ市の藤原岳西之貝戸川流域では、1999年以降、数年に1回という高頻度で土石流が発生している。平常時や小降雨時は、表面流は存在せず、溪床堆積物内とその下の岩盤内部に地下水が移動していると推察される。近年、溪床堆積物内では、豪雨時にパイプ流が発生し、その変動を考慮した土石流発生モデルを検討する必要があることが指摘された（山田ら、2009）。その後、西之貝戸川では、土石流発生に至るまでのパイプ流を含む様々な水文現象の発生領域（佐藤ら、2014）、RBFNによるパイプ流・土石流CLの設定（山田ら、2013）や豪雨時の伏流水流量変動（林 2013）等について検討されてきたが、溪床堆積物内における短期の降雨 - 流出特性については明らかにされていない。本研究では、西之貝戸川の溪床堆積物中の伏流水の短期の降雨 - 流出特性を現地観測より明らかにし、タンクモデルの提案を行う。

### 2 研究方法

調査対象地（図 - 1）は、三重県いなべ市の藤原岳西之貝戸川第6号堰堤直上流とした。堰堤上流域の流域面積は0.75K m<sup>2</sup>、平均勾配は24.3°、地質は中古生層の石灰岩から成る。本研究では堰堤水抜き孔に超音波式水位計を設置し、得られた水位データを流量へ換算した。計測期間は2011年11月14日から2013年11月30日（ただし2012年9月19日～2013年4月28日は2012年台風16号による豪雨により機材が流出した為欠測）間で、そのうち流量にピークの見られた20降雨イベントを抽出した。この20降雨イベントを用いて流出解析を行い、短期の降雨 - 流出特性を考察した。また、インターバルカメラによる観測によって溪床堆積物からパイプ流の噴き出しが見られた4事例についてパイプ流発生降雨の流出特性を考察した。以上の、短期の降雨 - 流出特性を考慮し、西之貝戸川に適したタンクモデルを提案した。



図 - 1 調査対象地

### 3 結果・考察

#### 3.1 流出解析結果

各降雨イベントについて勾配急変点法により流出率を求めた結果、8.3%～75.5%となり特にパイプの噴き出しが見られた降雨イベントにおいては流出率が最大75%と大きくなる傾向が見られた。また増水時間・減水時間が短い傾向にあることが分かった。さらに、パイプ流の噴き出しを観測した4事例においてパイプ発生時間の7日前までの実効降雨量を半減期1.5時間で求めると流出率との相関性が高くなり、その時の実効雨量は12.1～29.4 mmと小さい値となった。一方、西之貝戸川中流部で行われたボーリング調査（三重県桑名建設事務所、2010）によると、河床表面約0.5mは玉石、その下位には砂礫層、粘土混じり砂礫層、粘土質砂礫層、また一部では下位に薄く礫混じり粘土層が堆積し、その堆積深は10mから20mほど

に達することが分かっている。このような堆積構造もあわせて考慮すると、西之貝戸川においては、雨水は堆積物内に長時間では貯留されにくく、短時間のうちに流出しているのではないかと考えられる。

### 3.2 2 段タンクモデルの提案

従来の西之貝戸川で用いられていたタンクモデルの構造及び浸透・流出係数は、木津川流域で使われているタンクモデルのそれらを用いている。この従来のタンクモデルで西之貝戸川の流量

の再現を行うと、良い結果が得られなかった(図 - 2)。そこでタンクモデルのパラメータを Microsoft Excel のソルバー機能を用い、最適化した。結果、流量の再現精度は向上するが(図 - 2)、西之貝戸川では堆積物内に降った雨が貯留しにくいことを考慮すると、3 段タンクモデルにおける 2 段目の中間流層は必ずしも必要ではないと考えられる。そこでタンクモデルを 2 段にしてパラメータの最適化を行った。この 2 段タンクモデルは、1 段目に 2 つの流出孔、2 段目に 1 つの流出孔をもつ。各流出孔位置は上段上孔: 71mm, 上段下孔: 30 mm, 下段: 0 mm であり、各流出係数は、上段上孔: 0.01, 上段下孔: 0.017, 下段: 0.0082 であり、各浸透係数は上段: 0.12, 下段 0.6 である。

パラメータを最適化した 3 段タンクモデル同様に従来のタンクモデルよりも精度が向上する(図 - 2)。これより、西之貝戸川においてはより単純な 2 段タンクモデルで流量を再現できると考えられる。

さらに、提案したタンクモデルを用いて 2008 年 9 月 2 日に土石流を発生させた豪雨時の流量を計算した(図 - 3)。このときの流量は実測されていないが、流量の計算値は、画像判読による水抜き孔の流量の増減の変化とよく似た傾向を示す。前述の 2 段タンクモデルにより土石流発生時の土壌雨量指数を計算すると、従来の 3 段タンクモデルにより計算された土壌雨量指数と大きく変わらないことが分かった。

## 4 結論

本研究より以下のことが分かった。

- (1) 西之貝戸川においてパイプ流が発生するような降雨イベントでは、ピーク流量・流出率が大きい。また増水時間・減水時間・パイプ流発生までの実効雨量は小さい。
- (2) 西之貝戸川における伏流水の短期降雨 - 流出を再現できるタンクモデルは、これまで適用されてき 3 段タンクモデルよりもより簡単な構造の 2 段とすることができる。

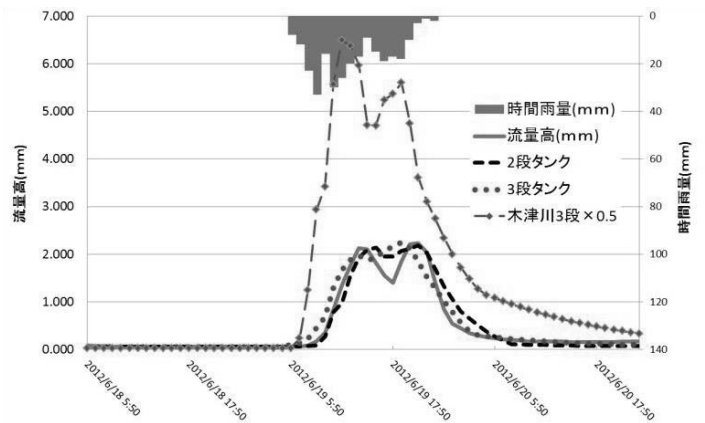


図 - 2 流量の実測値と計算値の比較

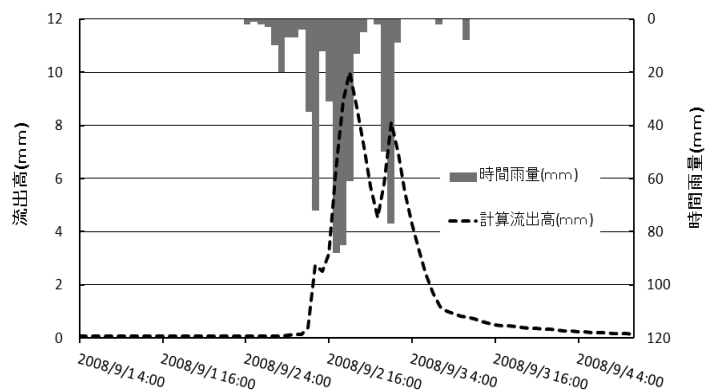


図 - 3 2 段タンクモデルによる土石流発生降雨 (2008 年 9 月 2 日) の流量計算値