

流砂系の土砂移動モデルにおける生産土砂の取り扱いについて

(財) 砂防・地すべり技術センター ○久保 毅 杉木 敏仁 松岡 滋治
 京都大学 農学研究科 水山 高久 里深 好文

1. はじめに

流砂系内の土砂移動による人間活動への影響に対し対策を講じていくためには、土砂移動を的確に予測することが必要である。その目的でこれまで様々な形で土砂生産、土砂流送のモデル化が行われているが、生産域と流送域の境界部分における表現手法について検討されている例は少ない。本論は、崩壊が発生するような比較的大規模な降雨時の土砂移動について、対象とする流域の大きさや土砂移動予測の目的に応じた、土砂生産域と土砂流送域の境界部分の表現手法を整理し、考察を行ったものである。

2. 土砂移動を表現するための流域モデル化

流域で生じている土砂移動を単純化すると、崩壊→土石流→土砂流→掃流・浮遊といった移動形態の変化を伴ったものとして説明される(図1)。これをモデル化する場合、土砂生産域と土砂流送域の境界をどのように設定するかが課題となる。図1のように連続的に移動形態が遷移する場合を考えると、境界の候補地点は

- ◆A点 崩壊土塊の到達勾配である 20° 付近²⁾
- ◆B点 土石流の堆積領域の始まり、例えば 10° 付近
- ◆C点 土砂流・土砂流の到達地点、例えば 3° 付近となる。しかしながら、実際の流域においては、(例えば、溪岸の崩壊土砂が掃流域の河道に直接流入するような場合もあるように)、図1のように連続的な縦断勾配で生産土砂が流送区間に到達するとは限らない。

このような点を考慮して、一次元河床変動計算での土砂移動評価を行うために、流域をモデル化する実用的手法を検討した。まず、流域を図2のように「生産域」と「河道」の組み合わせでモデル化することとする。このとき「河道」を一次元河床変動計算の対象とし、「生産域」は「河道」への土砂(及び流水)供給源と位置付ける。

「河道」は、一次元河床変動計算を行うために、適当な延長(一般的に 50~200m 程度)の区間に分割する。また、「生産域」は支川流域(「河道」の単区間に接続)と斜面(「河道」の複数区間に接続)に分類する。ここで、生産土砂がどのような移動形態で「河道」へ供給されるかによって、「生産域」を表1のように分類した。分類は、図1を参考に行っている。

このような分類を頭に置きながら流域をモデル化することで、評価すべき土砂移動現象を見据えた流域のモデル化が可能となる。

3. 生産土砂の供給手法

さて、前項の手法で流域をモデル化したとすると、次に問題となるのは「生産域」からの、「河道」への土砂供給手法となる。表2には、考えられる土砂供給手法を示した。これを表1の分類に対応させて解説すると、以下の通りである。

分類①~⑤のような勾配 3° 以上の上流域では、山腹崩壊や土石流の発生、これらに伴う天然ダム形成・決壊など、多くの突発的・不確定な現象により土砂移動が支配されている。こうした現象を精度良く予測するためには、境界を図1のA点として(つまり、

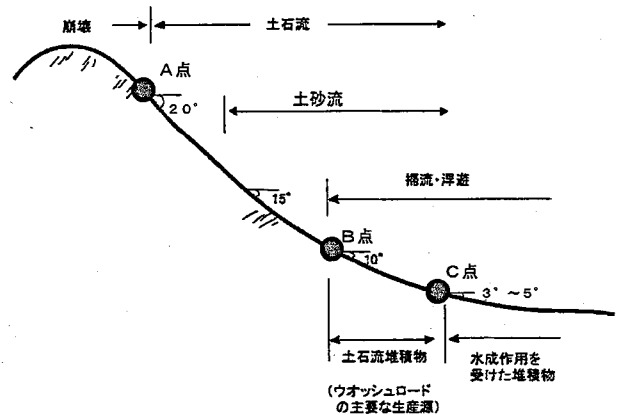


図1 流域における土砂移動形態の概要 (参考文献¹⁾を一部改変)

表1 「生産域」の分類と模式化

「生産域」の形状	生産土砂の「河道」への移動形態			
	崩壊 (20° ~)	土石流 (10° ~ 20°)	土砂流 (3° ~ 10°)	掃流・浮遊砂 (~3°)
支川流域	—	②	④	⑥
斜面	①	③	⑤	⑦

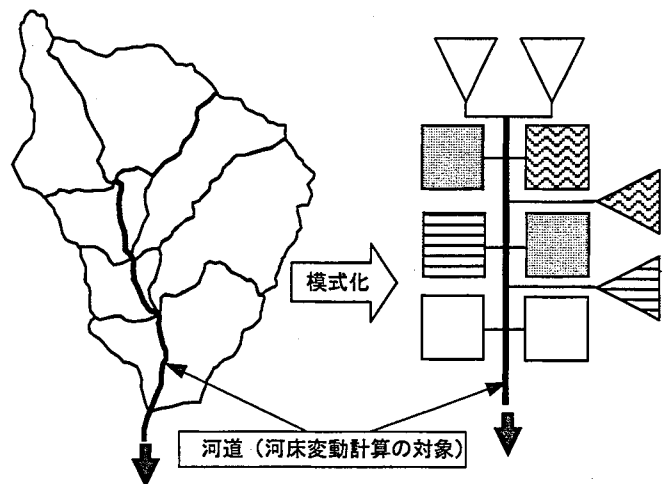


図2 サンプル流域のモデル化

「河道」をすべて 20° 付近までのばして、「生産域」を分類①に限定), 土石流⇒土砂流⇒掃流・浮遊を非定常で連続的に解析することが理想的である。土砂供給手法としては、ケース E で崩壊土砂を「河道」へ供給することとなり、土砂投入ハイドロは別途崩壊を数値シミュレーションで予測したり、災害時のヒアリング結果を参考とする等で設定する。ただし、流域内のすべての「河道」を 20° までのばしてモデル化すると、その「河道」網はかなり複雑なものとなり、対象流域が広くなれば、モデル構築及び計算作業に多大な労力が必要になる。

表2 「生産域」から「河道」への土砂供給手法

土砂供給手法	ケース名	土砂ハイドロの設定手法
流砂能力見合い	A	当該「生産域」下流端の流砂能力
	B	土砂供給地点の「河道」の流砂能力
土砂ハイドロを設定し、土砂全量を強制投入	C	当該「生産域」下流端の流量ハイドロに比例
	D	土砂供給地点の「河道」の流量ハイドロに比例
	E	別途崩壊・土石流等を想定したハイドロ

一方、広域流域を対象とし、河川下流域への土砂流出予測が目的となるのであれば、分類①～⑤のから供給される土砂のハイドログラフに高い精度を必要としない。よって、この部分を簡易的・便宜的に表現すれば、3°～10°より下流を「河道」とした比較的単純な流域モデルにより、目的とする土砂移動予測が可能であると考えられる。この場合、実際の流域においては、例えば、溪岸の崩壊土砂が「河道」の途中に直接流入するような場合もあるため、「生産域」の分類としては①～⑦のすべてが出現する可能性があり、それぞれの分類に適した土砂供給を行う必要がある。

分類①～⑤については、前述の通り突発的・不確定な現象の影響が大きいいため、表2のケースB～Eのような簡易的・便宜的な手法で土砂供給を行うことが適当である。ケースBは、「生産域」で生産される土砂量を上限値として、土砂供給地点の「河道」の流砂能力で土砂供給を行うものであり、参考文献³⁾において工夫を加えながら試みられている。ケースC、Dは「生産域」で生産される土砂量がすべて「河道」に供給されるという仮定のもと、これを別途推定される流量ハイドロに比例させて生産土砂全量を供給するものである。また、ケースEは、実際の崩壊現象をイメージして短時間の間に河道に土砂を供給したり、土石流のピーク流量を別途推定することで土砂供給のハイドログラフを推定する等の手法が考えられる。なお、これらの手法では、土砂生産のタイミングの設定が予測される土砂移動に大きな影響を与えるため、災害時についてのヒアリング結果等を参考に、適切に土砂生産のタイミングを設定する必要がある。

分類⑥・⑦については、前述のような突発的・不確定な現象の影響が比較的小さいため、一般的に用いられる流出解析手法により「生産域」下流端における流量時系列が比較的よい精度で予測可能であり、これをもとにケースAで土砂供給を行う手法が適当である。

なお、分類①、③、⑤、⑦の斜面からの土砂については、モデルの単純化のために、「河道」の代表的な単区間への供給として表現することも考えられるが、接続する「河道」の複数区間に按分して供給するほうが実現象を適切に表現できる場合が多いと考えられる。江頭ら¹⁾は、②、④、⑥の支川流域も含めた形で「河道」の複数区間へ按分した土砂供給を行うことで、「崩壊・土石流による河道堆積物の形成」を表現しており、このような土砂供給地点の工夫を行うことも、実用的な流域モデル構築において必要であると考えられる。

4. おわりに

本論では、崩壊が発生するような比較的大規模な降雨時の土砂移動をモデル化するにあたって、「土砂生産域」と「土砂流送域」の境界設定手法について整理し、土砂移動形態を考慮した適切な流域のモデル化と生産土砂の供給手法について考察をおこなった。以上を考慮して土砂移動予測を行うことで、よりの確な影響予測とその対策検討を行うことができるものと考えられる。

なお本論では土砂生産を崩壊と土石流に限定したものとなっているが、実際の流域においては地すべり、溪岸浸食、表面浸食など様々な土砂生産の形態があり、それぞれの形態に適した土砂供給が必要であろう。

また、顕著な土砂生産がないような平常時(中小出水時)等では、本論で論じているものと比べ、同じ場所においても土砂移動形態が異なる場合も多く、別途検討が必要であると考えられる。

参考文献

- 1)江頭進治ほか：河道堆積物の生成機構を考慮した土砂流出予測法の開発,平成15年度砂防地すべり技術研究成果報告会講演論文集,(財)砂防・地すべり技術センター
- 2)宮本邦明：豪雨時の土砂生産,2001年度(第37回)水工学に関する夏期研修会講義集Aコース
- 3)高橋 保ほか：山岳流域からの土砂流出モデルを用いた貯水池堆砂の予測,水工学論文集,第45巻,2001