

風化花崗岩の山地流域における土砂流出の観測とハイドログラフ及び 土砂濃度曲線を用いた土砂流送形態別の土砂流出量推定

東京大学大学院農学生命科学研究科生圏システム学専攻 ○Krishna Bahadur KARKI

東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林

芝野博文・後藤太成

1 はじめに

本研究では、水文観測資料の整った東京大学愛知演習林白坂試験流域において、土砂生産形態のうち全流出土砂量（掃流砂量と浮遊砂量）について観測値と計算値の比較検討をとおして次の項目を明らかにする。1) 全流出土砂量の観測値に対して河道における土砂流送プロセスを考慮した推定値の適合度検証、2) 適合度の問題点とその原因の解明およびその解決方法、3) 土砂流送プロセスから推定される掃流砂量と浮遊砂量の配分状況。また、ウォッシュロードについても、実測値に基づいて流量に対する濃度曲線を求めハイドログラフに応用して期間中のウォッシュロードを算出し、上記と合わせて比較検討の対象とした。

2 調査対象流域と期間

東京大学愛知演習林の白坂流域(88.6ha)が調査対象地であり、二次林で覆われている。地質は全域が風化花崗岩で形成されている。観測期間は2001年9月-2004年10月である。期首は、東海豪雨(2000年9月)から一年を経過し、管理上の理由から行った過剰な排土による攪乱の影響がなくなった時点とし、期末は、その後当地で比較的大きな台風による流出が観測された2004年10月までとしている。期間の分け方と期間別の降水量・流量は、表-2に記したとおりである。

3 手法

河道における流送土砂推定には、Einstein 式を適用した。式の適用に際しては、土砂堆積を実測した地点の直上部の河道区間での横断面形状・河床勾配を測量し、水位-横断面積と水位-径深関係式を作成し、平均粒径と河床粗度と35%粒径を求めた(表-1)。流量-掃流砂量と流量-浮遊砂量の較正曲線を求め、時間単位ハイドログラフに応用して、両者の合計である年間の全流出土砂量が求められた。また、観測値としての全流出土砂量は、流域の出口である白坂量水堰堤背後の沈砂池での水準測量を繰り返すことにより求められた。ウォッシュロードは、量水堰堤の沈砂池に留まることなく堰堤のノッチを越えて流れ出す水をサンプリングしたものである。ウォッシュロードについては、土砂水理式では扱えないので、2004年10月9日とそれに続く6日間の減水過程でサンプリングを行い、流量-ウォッシュロード濃度の較正曲線を求め、対象とする3年2ヶ月において同じ較正曲線が適用できるものと仮定してウォッシュロードの総量を求めた。

表-1 計算において使用した粒径・勾配・その他の水理定数

表記・単位	D_{35} [m]	D_{65} [m]	D [m]	ν [m ² /sec]	n_w [m ^{-1/3} sec]	I	v_s [m/sec]
水理定数		溪床粗度	平均粒径	水の動粘性係数	溪岸粗度係数	溪床勾配	沈降速度
数値	0.0013	0.0031	0.0022	0.00000101	0.04	0.014	0.152

4 結果と考察

Einstein 式による掃流砂量・浮遊砂量および2004年10月の台風24号による高水時のサンプリングで作成した較正曲線から推定したウォッシュロードの経時変化を図-1に示した。本流域ではEinstein 式が既往のどの式よりもよく適合することを確認できているが、観測値と比べると図-3のとおり過大な値を与える。そこで、図-2のように流量が0.25m³/secよりも大きい場合には、土砂流送量が制限されるという条件で再計算すると、適合度は満足のいく結果となった(図-4)。これは、自然の流域においても給砂条件が存在していることを暗示している。この議論では、山腹崩壊等による河道以外からの大規模な土砂供給は、この期間で新たに発生しないことを前提とする。

調査対象の期間別土砂量を表-2に纏めた。第二期では、給砂条件を当てはめなくとも適合度が高いことから、流送形態別の内訳として掃流砂が76%、浮遊砂が19%、ウォッシュロードが5%であったことが風化花崗岩地帯の特性としてあげることができる。また、給砂条件を当てはめても2000年の東海豪雨による山腹崩壊による土砂流送の影響が急激に減少してきていることを、推定値と実測値の比率の減少から推定できる。

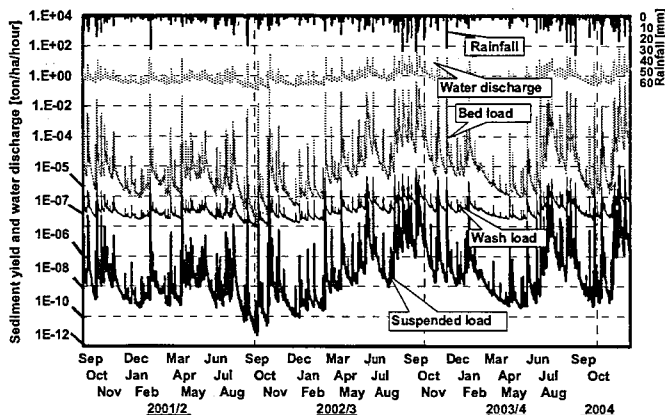


図-1 土砂流送形態別の流出状況とハイドログラフ
(縦軸ではウォッシュロードを4桁、浮遊砂を6桁下げて表示)

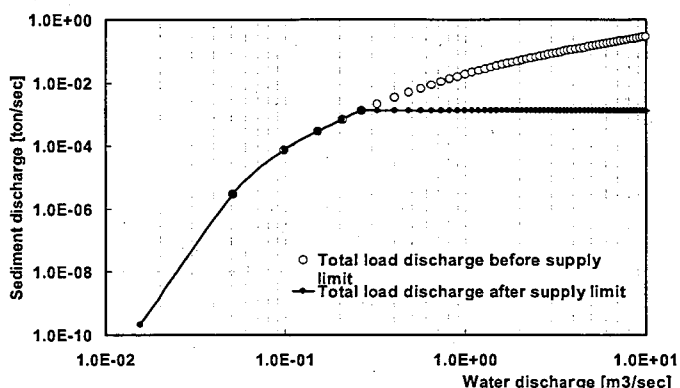


図-2 Einstein式による流量-全流出土砂量較正曲線
(給砂条件を校了した較正曲線は黒丸で表示)

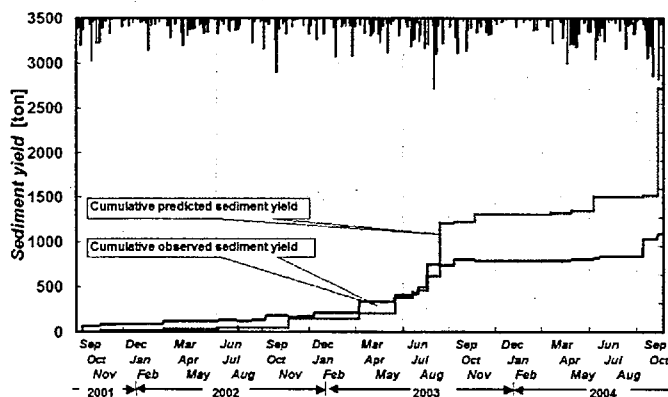


図-3 全流出土砂量の観測値と計算値

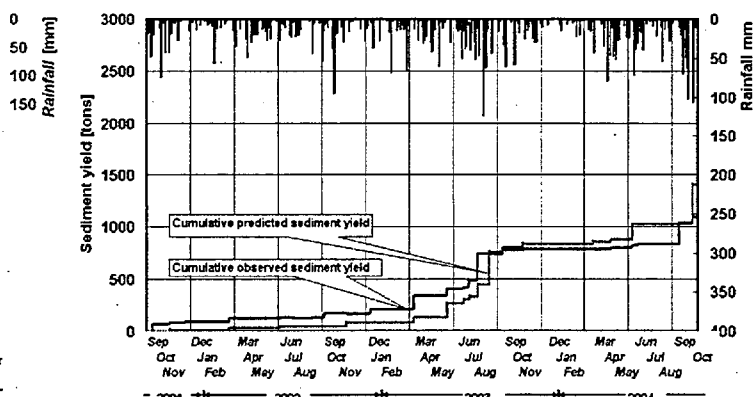


図-4 給砂条件を考慮した較正曲線による計算値

表-2 期間別・流送形態別流出土砂量の観測値・計算値および給砂条件を考慮した計算値

			Einstein式による推定値 [ton/ha/year]			観測値 [ton/ha/year]		修正推定値	水文観測値 [mm/year]	
期間	期首	期末	掃流砂	浮遊砂	全流出土砂	全流出土砂	ウォッシュロード	全流出土砂	流量	降水量
第一期	2001年9月	2002年8月	0.46	0.10	0.56	1.51	0.11	0.53	546.4	1299.5
第二期	2002年9月	2003年8月	5.12	1.25	6.37	6.39	0.33	4.53	1106.5	2089.5
第三期	2003年9月	2004年8月	8.03	2.10	9.70	3.03	0.49	6.64	877.9	1600.0
第四期	2004年9月	2004年10月	8.58	3.46	10.23	0.68	0.31	4.17	371.7	732.5

注：修正推定値とは、Einsteinの全流出土砂量較正曲線に上限を与え、流域が持つ給砂条件の存在を仮定したものである。

第四期の数値は、2ヶ月間の量である。

5 謝辞

白坂本谷流域における堆積土砂量観測は、東京農業大学との共同研究で行われたものであり、太田猛彦教授・矢部和弘講師他、測量に参加した大学院・学生の皆様のご協力によるものです。また、昨年の講演において京都大学水山高久教授より浮遊砂量が異常に少ないとの指摘を受け、再計算を行ったところ計算の誤りを発見しましたのでここに訂正します。記して謝意を表します。