

## 風化花崗岩の森林流域からの掃流砂・浮遊砂流出量および土壌浸食量 —ハイドログラフと土砂濃度を用いた年間全流出量の計算と観測値の比較—

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

山岳地における持続可能な流域管理のためには、国や地域の実情に即応した多様な土壌保全対策を講じることが基本である。流域内の任意の地点における土砂生産量を推定する最適な方法を見出し土砂の生産形態や河道での土砂流送形態を明らかにできれば、土壌保全対策の効果を評価し合理的な流域管理計画への道も拓かれるであろう。

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ける土砂生産形態を表層土浸食のプロセスと河道をとおして流送される全流出土砂量（ウォッシュロードを含まない）のプロセスの双方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）土壌浸食量の観測値に対して降雨・流域条件から推定した計算値の適合度検証と計算値の全流域への拡張、2）全流出土砂量に占める土壌浸食量の割合、3）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、4）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。

### 2 調査対象流域

東京大学愛知演習林の白坂流域(88.6ha)とその内部の表層土浸食観測施設(北谷 0.39ha・南谷 0.49ha)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2002年8月-2003年7月であり、年降水量は、1,863mm、年流量は、867mmである。

### 3 手法

土砂流出の過程は、表層土の浸食と河道の土砂流送に分けられ、山腹斜面(表層土浸食観測装置)と流域の出口(貯水池)とで概ね月に一回観測された。本研究では、表層土の浸食過程をUSLE(Universal Soil Loss Equation)で、河道における土砂流送過程をEinstein式で表現した。USLEは、流域を50m\*50m格子点(10m\*10mを併用)に分割した上で、河道網の構成を考慮して流域全体に拡張した。こうして河道上の任意の点での流送土砂量を推定するEinstein式との擦り合せができる。

表層土浸食は、USLEを適用し、単一斜面での浸食量(Wischmeier & Smith)を格子点が河道網で連結された斜面で自在に推定する形式(Desmet & Govers)に拡張されたものである。降雨因子・土壌浸食性因子・斜面長傾斜因子・被覆因子・保全因子を決定する必要がある。それぞれの因子の決定には、土地利用図・地形図・粒度分析結果・炭素含有量の情報を必要とし、資料あるいは室内実験から因子が決定された。

また、河道における流送土砂は、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。最終的には流量-全流送土砂量と流量-浮遊土砂量の較正曲線を求め、年間を通じた時間単位ハイドログラフに応用して年間の流送土砂量が求められた。

### 4 結果と考察

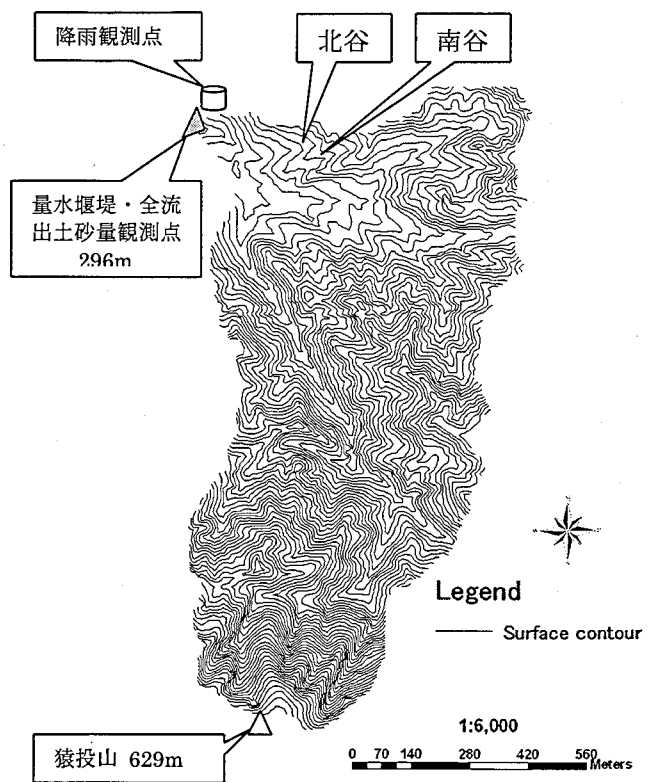


図-1 白坂量水観測試験地の流域の地形と観測点

USLE による土壌浸食量の推定値は、最終的には C-factor を 0.00015 として北谷南谷の双方で観測値と推定値がほぼ一致するようにキャリブレーションを行った。良好な森林の場合 C-factor は、推定値に敏感に作用する。白坂の全流域における流送土砂量では、Einstein 式は、白坂で 4.52ton/ha/yr（観測値：4.65ton/ha/yr）と良好な推定ができた。

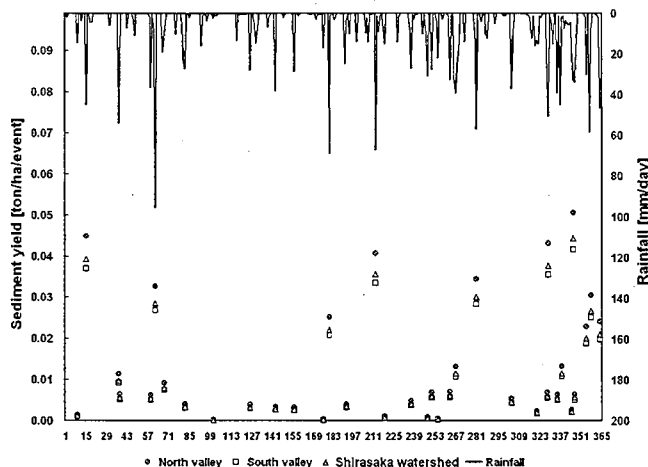


図-2 USLE 式で計算された年間の土壌浸食量とイベント降水量（2002年8月-2003年7月）

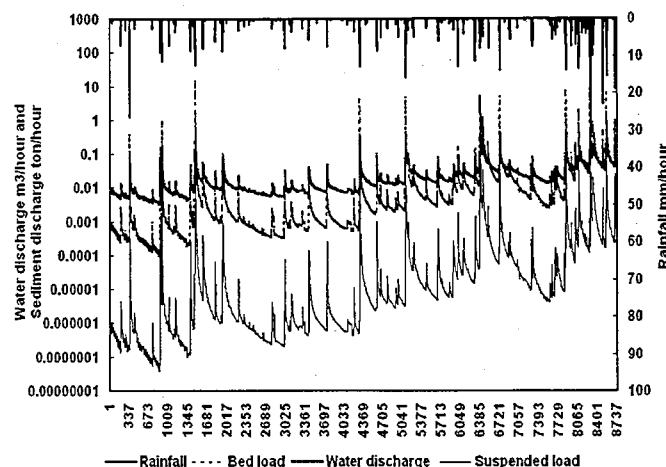


図-3 Einstein 式で計算された時間単位掃流砂量と浮遊砂量（2002年8月-2003年7月）

表層土浸食を全流域に拡張した値と比較すると、白坂では、0.45ton/ha/yr であった。流送土砂量の 1 割程度にとどまっている。表層土の浸食からの供給は相対的に少なく、流送土砂量の大部分が山腹崩壊・溪岸浸食・土石流などの様々な形態のマスウェイステイングによってもたらされていることを伺わせる数値である。白坂の表層土浸食が極めて低いのは、流域が森林であることで説明でき、保全要因が低いことで数式上でも示されている。

白坂では、掃流砂が 4.38ton/ha/yr で浮遊砂が 0.14ton/ha/yr である。白坂で浮遊砂が少ないことはその粒径分布が 2.5mm 付近で均一であるためである。

表-1 年間の土壌浸食量・河道からの全流出土砂量の観測値・計算値（2002年8月-2003年7月）

白坂小流域（北谷 0.39ha・南谷 0.49ha）				白坂本谷流域(88.6ha)			
土壌浸食プロセス	単位	北谷	南谷	土壌浸食	河道流送プロセス	単位	最下流
土壌浸食量（観測値）	ton/ha/yr	0.44	0.40	観測なし	全流出量（観測値）	ton/ha/yr	4.65
土壌浸食量（計算値）	ton/ha/yr	0.51	0.43	0.45	全流出量（計算値）	ton/ha/yr	4.52
R-factor(イベント平均)	MJ mm/ha	6427	6427	6427	掃流砂量（計算値）	ton/ha/yr	4.38
K-factor	ton/MJ/mm	0.0109	0.0109	0.0109	浮遊砂量（計算値）	ton/ha/yr	0.14
S-factor（流域平均）	less	19.4	16.2	17.3	河床勾配	%	1.4
C-factor	less	0.0015	0.0015	0.0015	D65	mm	3.5
P-factor	less	0.25	0.25	0.25	D35	mm	1.7

注：緩く充填した土砂の単位体積重量 1.44kg/l

## 5 まとめ

USLE を格子点で連結することにより、表面浸食と河道の流送土砂という二つのプロセスを同一のスケールで比較した。また、Einstein 式により河道における流送土砂量の内訳が明らかにされた。表層土浸食量は、全流送土砂量の 1 割程度を供給しているに過ぎず、森林化された流域からは極めて抑制された量になる。河道における土砂流出の形態は 97% が掃流砂としてもたらされており、風化花崗岩地域の特徴として認識することができる。ただし、降雨強度が大きい場合は、高水流出も大きくなりこの内訳は浮遊砂を増大させる方向に作用すると考えられる。

## 6 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、測量に参加した大学院生内田紗由里さん他学生の皆さんのご協力によるものです。記して謝意を表します。