

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月20日現在

機関番号：13701

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21760384

研究課題名（和文）土砂流出ポテンシャルパワーを用いた小規模流域における土砂流出特性の評価

研究課題名（英文）Characteristics estimation of sediment runoff in small scale catchments by using sediment runoff potential power

研究代表者

大橋 慶介 (OHASHI KEISUKE)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号：20452170

研究成果の概要（和文）：

山地小流域の多数の砂防堰堤の測量資料から年平均土砂流出量を推算した。一方、流域の年平均降水質量（降雪も含む）と堰堤までの標高差および重力加速度との積で表わされる年平均降水位置エネルギーを、土砂を流出させる潜在的な駆動力の意味から土砂流出ポテンシャルパワーと定義して比較した。大規模流域の経験式に一致するものの、小規模流域ではポテンシャルパワーに対する土砂流出量の応答が弱いという結果を得た。

研究成果の概要（英文）：

Annual mean sediment runoff volume is estimated from check dam survey data in a lot of mountainous small catchments. Moreover, sediment runoff potential power is defined as annual mean potential power which means annual mean energy precipitation including snow, and it is compared with annual mean sediment runoff volume. As the result, the relationship between the sediment runoff and the potential power is almost same as a practical formula of huge river basin, and has more sensitive response.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
21年度	2,100,000	630,000	2,730,000
22年度	400,000	120,000	520,000
23年度	500,000	150,000	650,000
総計	3,000,000	900,000	3,900,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工水理学

キーワード：（1）流域土砂流出，（2）土砂流出ポテンシャルパワー，（3）地理情報システム（GIS），（4）粒度分布調査，（5）画像処理。

1. 研究開始当初の背景

土砂流出量を著しく増加させる大出水や沿岸崩壊は、台風や集中豪雨といった決定論的に扱うことの難しい現象が引き金となって発生する。ゆえに流域土砂流出現象は統計的手法によって解析され、その資料には現象を捉えられる十分な統計期間が要求される。これまでも、ダム貯水池の堆砂測量から地域もしくは水系毎の比流砂量 q_s （流域面積と流砂量との関係）を明らかにし、ストリームパワ

ーによって q_s を流域面積 A の関数として評価する試みが芦田・奥村（1974）によってなされている。しかし、この手法は同じ地域係数を持つ水系内では単に流域面積に比例することになるため、同一水系内の地形の違いを考慮した詳細な解析に向いていない。そこで研究代表者は、GISによって取得した標高と降水質量および重力加速度の積から年平均降水位置エネルギーを求め、土砂流出ポテンシャルパワーと定義した。そして、それを

大規模水系におけるダム堆砂量から推定した土砂流出量と比較して、物理的意味付けを強めた土砂流出評価式 ($Q_s=KP^{0.4}$) を提案してきた (図-1)。ここで、 Q_s は年平均土砂流出量、 P は土砂流出ポテンシャルパワー、 K は流域係数である。しかし、この大規模水系での評価式が小規模流域において成立するかどうかは不明であった。

2. 研究の目的

小規模流域においても土砂流出ポテンシャルパワーと土砂流出量との間に大規模水系と同じ関係が成り立つか検証することが本研究の目的である。また、河床へ作用する水流の仕事率 (ストリームパワー) のうち土砂流送として消費される効率 e_b を求め、マクロな土砂流出現象との関わりを調べる。そして、 e_b 算定の際に必要な河床粒径を効率よく調査するため、コンピュータ画像処理による粒度分布調査方法の開発も目的の一つとして位置づけた。

3. 研究の方法

(1) 砂防堰堤集水域に着目したポテンシャルパワーと土砂流出量との関係

揖斐川流域における約 100 基の堰堤から、観測可能な立地条件を有して堆砂が進行しておらず、且つ、降雨の程度によっては大きな堆積が見込めると予想される堰堤を抽出した。その堆砂量から平均土砂流出量を算定し、GIS を使って降雨データと地形量から土砂流出ポテンシャルパワーを計算し、両者の関係を調べた。

(2) 流砂量計算を用いた e_b の推定

降雨記録から堰堤集水域における雨水流出解析を実施したうえで、簡易な掃流砂量計算による堰堤堆砂域の堆砂過程の再現を実施した。この流砂量計算の結果から、各砂防堰堤におけるストリームパワーが土砂流送に消費されるエネルギー効率 e_b が得られた。

(3) コンピュータ画像処理による粒度分布調査法の開発

この流砂量計算には粒度分布の情報が必要であるため、砂防堰堤において計測した代表的な粒度分布を支川毎に与えている。加えて、調査の効率化を図るため画像処理による粒度分布調査法も並行して開発を進めた。

(4) 出水時における土砂移動および粒度分布変化と水量との対応関係の調査

対象流域周辺を H22 年の台風 9 号が通過し、その強い降雨によって出水が発生した。その出水前後に堆砂形状の測量および粒度分布調査を実施して、堆砂状況や粒度分布の変化を調べた。地形測量には写真測量と光波測距

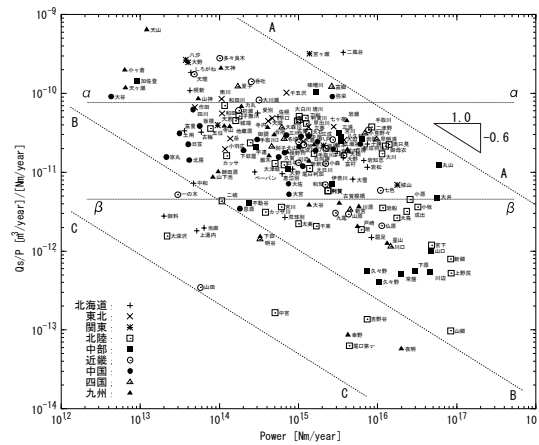


図-1 大規模水系における年平均土砂流出量 Q_s と土砂流出ポテンシャルパワー P との関係 ($Q_s=KP^{0.4}$)。

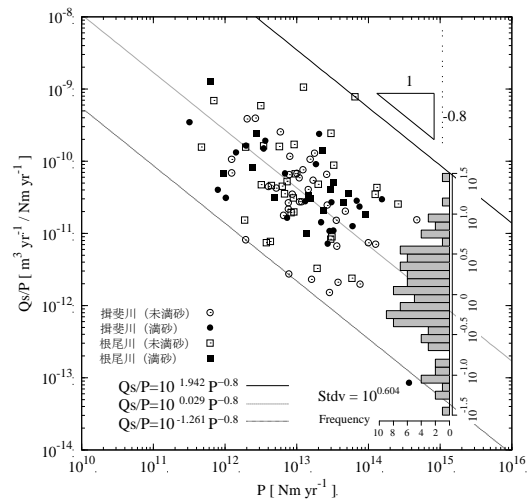


図-2 山地小流域における年平均土砂流出量 Q_s と土砂流出ポテンシャルパワー P との関係 ($Q_s=KP^{0.2}$)。

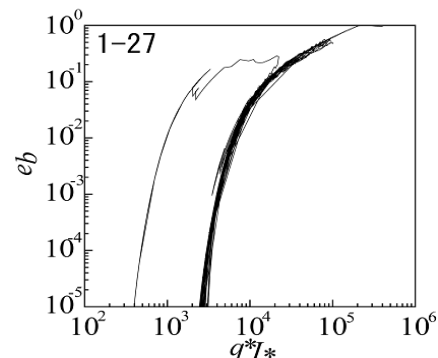


図-3 無次元ストリームパワー q^*I^* と効率 e_b との関係 (流出解析で得た流量を河道に与えて計算したストリームパワーのうち土砂移動に使われた仕事率への変換効率 e_b の堆砂進行に伴う変化予想。)

儀を用い、粒度分布調査では、実用的な効率と精度を確保できるようになった画像処理法を粗粒成分に使い、細粒成分については従来法のふるい分け試験を用いた。

4. 研究成果

(1) 砂防堰堤集水域に着目したポテンシャルパワーと土砂流出量との関係

砂防堰堤での堆砂量から推算した土砂流出量とポテンシャルパワーを比較した結果が図-2 である。これは、図-1 と同じ傾向を示しており、大規模水系と同じ土砂流出予測式の適用可能性を示唆している。しかし、土砂流出係数は若干異なり、小流域では、ポテンシャルパワーの変化に対する土砂流出量の応答は弱いという結果が得られた。

(2) 流砂量計算を用いた e_b の推定

流砂量式による解析の対象堰堤約 80 基のうち、20 基について実測堆砂量に概ね近い再現結果を得ることができた。このときの効率 e_b と実測による比堆砂量を比較すると良い相関が得られ、このことから e_b は土砂の移動しやすさの定性的評価指標として有用であると考えられる(図-3)。しかし、広域の粒度分布調査が十分でなく、計算に与えた代表粒径の不確かさが計算結果に大きく影響することも判明し、広域の調査を効率よく行う調査法の必要が明らかになった。

(3) コンピュータ画像処理による粒度分布調査法の開発

土砂移動に関連する計算には、河床粒度が不可欠であるため、画像処理を使った実用的な効率・計測精度を有する調査手法を開発した。現段階において自動粒度分析では十分な精度を得るには制約が多いため、手動輪郭検出による画像処理分析法が有効であることが確かめられた。また、いずれの手法でもふるい分け試験より高精度な分析が可能であることが示された(図-4)。

(4) 出水時における土砂移動および粒度分布変化と水理量との対応関係の調査

出水イベント前後の地形および粒度分布調査によって、出水前後の堆砂状況が大きく変化する様子を記録することができた。また、画像処理粒度分布調査によって調査効率が飛躍的に上がったことで流路の調査点数を増やすことが可能になった。そして、砂防堰堤堆砂区間(図-5)における出水ピーク時の流量を与えた水面形の計算を経て求めて移動限界粒径と実際の平均粒径との比較が図-6 である。実測の粒度分布は、上流から順に堆積を伴う為、水理計算によって推定された限界粒径より縦断的に滑らかに変化していることが明らかになった。

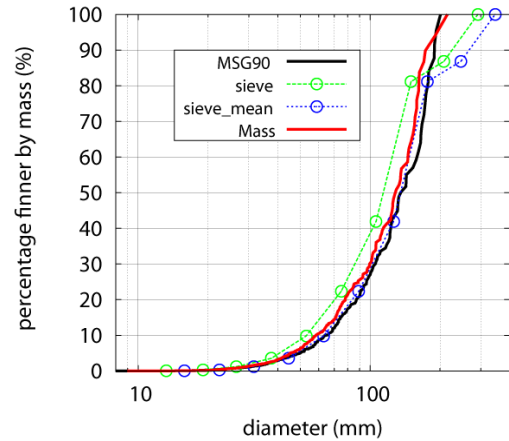


図-4 コンピュータ画像処理を使った粒度分析とふるい分け試験との比較。この検証では画像処理法がより真値に近く、特に大きな粒径でよく一致している。

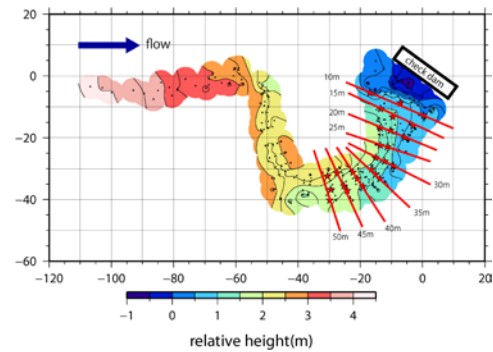


図-5 台風通過前後に測量・粒度分布調査を行った流路の平面形および比高コンター図。出水時に掃流砂が供給され、堆砂デルタが前進した様子が測量から分かった。また、流路が右岸側に偏っており、それを反映して右岸側の粒度は、左岸や中央と比較して大きい結果となった。

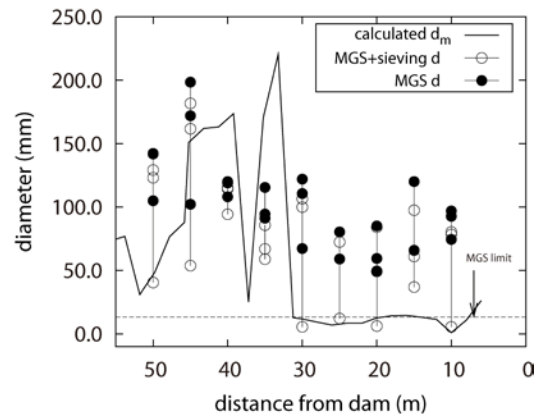


図-6 移動限界粒径 d_c と計測された平均粒径 d_m との比較。移動限界粒径 d_c は、出水ピーク時の水面形を計算し、そのときの河床底面摩擦速度から求めている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 13 件)

(2011 年度)

1) 大橋慶介・伊原一樹・安田真悟, 画像処理による河床粒度分布情報の高空間解像度化, 土木学会論文集 F3, 第 67 巻 No. 2, 査読有り, pp. I_111-I_118, 2011.

2) 大橋慶介, 安田真悟, 伊原一樹, 児島利治, 篠田成郎, 河床粒度分布調査における画像処理法と全表面抽出法との比較, 第 66 回年次学術講演会講演概要集, 66 巻, pp. II113-114, 2011.

3) 大橋慶介・安田真悟・伊原一樹, 斜め画像を使った河床粒度分布調査における撮影俯角推定技術と精度検証, 河川技術論文集, 第 17 巻, 査読有り, pp. 47-52, 2011.

4) 大橋慶介, 安田真悟, 伊原一樹, 斜め撮影による画像処理粒度分布調査, 平成 23 年砂防学会研究発表会概要集, 58 巻, pp. 224-225, 2011.

(2010 年度)

5) 安田真悟・大橋慶介・伊原一樹, 河床粒度分布調査における斜め画像の処理に伴う石礫輪郭の歪み補正, 水工学論文集, 第 55 巻, 査読有り, pp. S1159-S1164, 2011.

6) 大橋慶介・安田真悟・伊原一樹, OpenCV を用いた画像処理による河床粒度分布調査および石礫検出精度について, 土木情報利用技術論文集, 第 19 巻, 査読有り, pp. 115-124, 2010.

7) 伊原一樹・大橋慶介・安田真悟, 山地河川における土砂流出特性のエネルギー的考察, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, 第 65 巻, 査読無し, pp. 499-500, 2010.

8) 安田真悟・大橋慶介・伊原一樹, 画像処理による河床粒度分布調査法に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会講演概要集, 第 65 巻, 査読無し, pp. 495-496, 2010.

9) 大橋慶介・安田真悟・伊原一樹, 画像処理による河床粒度分布調査, 平成 22 年砂防学会研究発表会概要集, 第 57 巻, 査読無し, pp. 286-287, 2010.

(2009 年度)

10) 伊原一樹・大橋慶介・安田真悟, 山地河川における土砂流出特性のエネルギー的考察, 平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 査読無し, pp. 141-142, 2010.

11) 安田真悟・大橋慶介・安田真悟, 河床粒度分布調査への画像処理技術の応用, 平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, 査読無し, pp. 143-144, 2010.

12) 大橋慶介・都築恭子・藤田裕一郎, 砂防ダム堆砂量に基づく土砂流出量推定方法の検討, 土木学会第 64 回年次学術講演会講演概要集, 第 64 巻, 査読無し, pp. 33-34, 2009.

13) 大橋慶介・都築恭子・藤田裕一郎, 山地河川における土砂流出ポテンシャルパワー

を用いた土砂流出量予測, 河川技術論文集, 第 15 巻, 査読有り, pp. 423-428, 2009.

〔学会発表〕(計 13 件)

(2011 年度)

1) 大橋慶介, 画像処理による河床粒度分布情報の高空間解像度化, 第 36 回情報利用技術シンポジウム, 2011 年 9 月 30 日, 土木学会(東京四ツ谷).

2) 大橋慶介, 河床粒度分布調査における画像処理法と全表面抽出法との比較, 第 66 回年次学術講演会, 2011 年 9 月 9 日, 愛媛大学.

3) 大橋慶介, 斜め画像を使った河床粒度分布調査における撮影俯角推定技術と精度検証, 河川技術に関するシンポジウム, 2011 年 7 月 24 日, 東京大学.

4) 大橋慶介, 斜め撮影による画像処理粒度分布調査, 平成 23 年砂防学会研究発表会, 2011 年 5 月 19 日, 神奈川県民ホール.

(2010 年度)

5) 安田真悟, 河床粒度分布調査における斜め画像の処理に伴う石礫輪郭の歪み補正, 第 55 回水工学講演会, 2011 年 3 月 10 日, 東京大学.

6) 大橋慶介, OpenCV を用いた画像処理による河床粒度分布調査および石礫検出精度について, 情報利用技術シンポジウム, 2010 年 10 月 22 日, 土木学会(東京四ツ谷).

7) 伊原一樹, 山地河川における土砂流出特性のエネルギー的考察, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 3 日, 北海道大学.

8) 安田真悟, 画像処理による河床粒度分布調査法に関する研究, 土木学会第 65 回年次学術講演会, 2010 年 9 月 3 日, 北海道大学.

9) 大橋慶介, 画像処理による河床粒度分布調査, 平成 22 年砂防学会研究発表会, 2010 年 5 月 26 日, 長野県若里市民文化ホール.

(2009 年度)

10) 伊原一樹, 山地河川における土砂流出特性のエネルギー的考察, 平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会, 2010 年 3 月 1 日, 金沢工業大学.

11) 安田真悟, 河床粒度分布調査への画像処理技術の応用, 平成 21 年度土木学会中部支部研究発表会, 2010 年 3 月 1 日, 金沢工業大学.

12) 大橋慶介, 砂防ダム堆砂量に基づく土砂流出量推定方法の検討, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009 年 9 月 2 日, 福岡大学.

13) 大橋慶介, 山地河川における土砂流出ポテンシャルパワーを用いた土砂流出量予測, 土木学会河川技術に関するシンポジウム, 2009 年 6 月 12 日, 東京大学.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大橋 慶介 (OHASHI KEISUKE)

岐阜大学・工学部・助教

研究者番号: 20452170