

平成 21 年 5 月 27 日現在

研究種目：若手研究（スタートアップ）

研究期間：2007～2008

課題番号：19860037

研究課題名（和文）流域の高度分布と降水量分布および地質構造に着目した土砂流出量の推定

研究課題名（英文）Estimation of sediment discharge focused on distribution of height and precipitation and geological feature in river basin

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：

河川流域への降水の位置エネルギー年平均値と、流域から流出する土砂量の年平均値との間に相関があることが確かめられているが、河口地点すなわち流域全体のエネルギーのみが明らかであった。本研究では、流域内の任意地点でのエネルギーを明らかにし、土砂流出量分布を得るために、支川の合流順序を反映した解析方法を提案してそれを実現した。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,190,000	0	1,190,000
2008年度	370,000	111,000	481,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,560,000	111,000	1,671,000

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：水工水理学，流域土砂流出，地理情報システム（GIS），土砂流出ポテンシャルパワー

1. 研究開始当初の背景

河川計画を実施する上で重要となる土砂流出量を年平均値として求めようとしたとき、大規模な土砂生産や流出のきっかけとなるのは台風や季節的な大雨といった気象現象である。それらは長期間に亘って決定論的に扱うことができないため、土砂出現象も必然的に確率論的に取り扱われることになり、その場合、十分に長い統計期間の資料が必要とされる。これまで、長期間に亘る平均的な流出土砂量のチェックポイントとしてダム貯水池に着目し、地域もしくは水系毎

に分類された比流砂量（流域面積と流砂量との関係）を得る試みが1970年代半ばになされている。しかし、このようなマクロな視点からのアプローチは、当時の計算機能力の限界もあって、これ以上の発展は見られず、現在ではミクロな土砂移動現象から土砂流出モデルを構築し、数値計算によって流域全体に拡張するといった手法が主流となっている。後者の方法では、厳密に物理モデルを取り扱うことから膨大なパラメータと計算時間が要求されるが、必ずしも良好な予測結果が保証されないばかりでなく、特に長期予測

になるに従い、生起頻度が小さい大規模土砂生産イベントによって予測精度が落ちる問題がある。本研究はマクロな視点での土砂流出現象の解明を目標とし、近年発達した GIS に代表される地形解析技術を駆使し、特に流域高度分布、降水分布による降水の位置エネルギーに着目し、流砂量との関係を明らかにすることを目的として始められた。

研究代表者は、木曾川上流域における降水の位置エネルギーの年平均値を土砂流出ポテンシャルパワーと定義して、それをダムサイト毎に積算したものと貯水池堆砂量との比較を行った (OHASHI et al., 2005)。その結果、それらの間に明確な相関を見出すことができたため、更に、全国の一級河川水系において土砂流出ポテンシャルと流域面積との関係を調べたところ、従来の研究で明らかになっている水系ごとの比堆砂量と流域面積との関係に良く一致する結果が得られた (大橋ら, 2006)。これらの研究を通して、土砂流出ポテンシャルに着目した流出土砂量予測が可能であることが示唆されたが、流域内の任意地点でのポテンシャルの評価には至っておらず、従って流域内での土砂流出量の分布を評価することはできなかった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、流域内任意地点において降水の位置エネルギーに着目した解析によって、土砂流出量を実用的な精度で推定することであり、社会資本整備計画、流域総合土砂管理に資することである。

(1) 河川の合流順序を反映した土砂流出ポテンシャルの算出法の開発

これまでのポテンシャルパワーは河口地点の標高、すなわち、海水準を基準高として求めたものであり、流域/水系全体での評価にとどまるものであった。そこで、流域内の任意地点でのポテンシャルの評価をするために、これまでの面積高度曲線を用いたポテンシャルの計算方法を、合流順序を考慮した計算方法に拡張する。また、これらの結果を WEB データベースとして整備し、その活用を図る。

(2) 全国貯水池における流砂量とポテンシャルパワーとの関係の把握

全国のダム貯水池堆砂資料から、各集水域の年平均土砂流出量を推算し、それらとダムサイトにおけるポテンシャルパワーの値との比較を行って、地域や水系による土砂流出特性を明らかにする。

(2) 流域土砂流出量の推定

ポテンシャルパワーを用いて流域の土砂流出量を推算し、その精度について検証を行う。

3. 研究の方法

(1) 土砂流出ポテンシャルパワー算定のためのデータベースの構築

単位流域、水系網、高度分布、平均降水量分布がこれまでにデータベースとして整備されており、新たに地質分布である産業技術総合研究所の「シームレス地質図」のレイヤーを追加した。地質は流域形状と無関係に分布しているため、まず単位流域ごとに地質レイヤーを分割する作業を進めた。この作業はプログラミングによって自動に行われるものであるが、1 台の PC では処理に時間がかかるので、新たに導入した GIS ソフトを利用して複数台の PC によって演算処理を行い作業時間の短縮を図った。

一方、合流順序のデータ作成の自動化は既存のデータベースでは困難であることから、手作業によって河口から上流へ遡って河川/流域番号を付与した。以上のデータを用いて、単位流域ごとの面積高度曲線を合流順に足しあわせた合成面積高度曲線を作成し、任意地点でのポテンシャルパワーの計算を可能にした。

(2) 土砂流出ポテンシャルパワーと土砂流出量との関係の把握

全国の約 300 の貯水池におけるポテンシャルパワーと、堆砂資料を基に算定した土砂流出量との関係を調べた。

(3) 地質による土砂流出特性の違いと小流域における土砂流出量の評価について

全国の地質をその成因によって大別し、それらの面積高度曲線を調べることで、それぞれの地質が有する高度分布の特徴を調べた。また、ダム貯水池での P とダム集水域内に占める各地質の割合と、年平均堆砂量とを比較し、地域による特徴を把握した。

さらに、ポテンシャルパワーによる評価が、小流域でも成立するかを確かめるために、揖斐川上流域において、砂防ダムの堆砂量を基に大流域と同様の評価を試みた。

4. 研究成果

(1) 合成面積高度曲線による流域内任意地点での土砂流出ポテンシャルパワー算定
面積高度曲線を用いてポテンシャルパワーは、

$$P = \rho g \int_0^{A_{\max}} Rh(A)dA \quad (1)$$

のように計算することができる。ここで、 ρ は水の密度、 g は重力加速度、 h は比高、 R は降水量、 A_{\max} は集水域面積である。通常の面積高度曲線（図-1）は、“流域内の標高が高い順に並び替えた累積面積によって表される曲線”という定義上、河川の合流点の位置情報が失われている。それに対して、合成面積高度曲線（図-2）は河口から上流に向かって右支川から単位流域の面積高度曲線を合成するという手続きを行うため、合流地点の高度、全流域面積に占める上流側面積の情報が保存されている。そして、合成曲線上のダムが存在する地点から $h = h_0$ の水平線を引いたとき、その水平線と合成曲線によって囲まれて閉じた領域の面積から、流域内任意地点のポテンシャルパワーは、

$$P = \sum_{i=1}^n \left(\rho g \int_0^{A_{\max i}} R_i(h(A) - h_0) dA \right) \quad (2)$$

として、通常的面積高度曲線と同じように求められる（図-3）。

また、この合成面積高度曲線はポテンシ

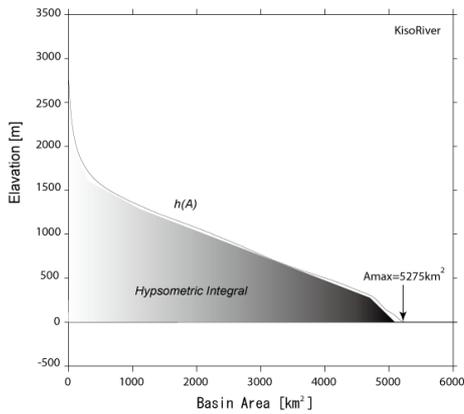


図-1 面積高度曲線（例：木曾川）

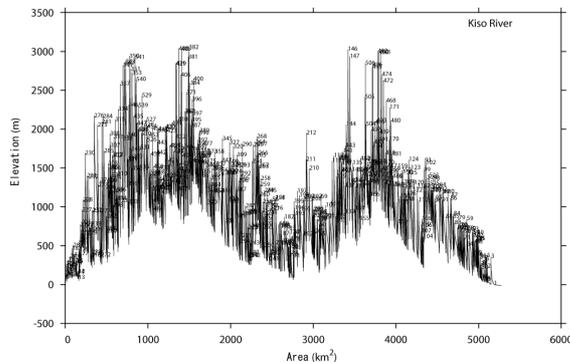


図-2 合成面積高度曲線（例：木曾川）

ルパワーの算出だけにとどまらず、河道の合流が曲線形に現れることから、流域形状係数といったパラメータでは区別できない流域形状を表すことが確認された。

(2) 土砂流出ポテンシャルパワーと土砂流出量との関係の把握

全国の主なダム約 300 におけるポテンシャルパワー P と、堆砂資料を基に算定した土砂流出量 Q_s との関係性を調べた結果、図-4 に示すように全体の傾向として $Q_s/P = KP^{-0.6}$ であることが分かり、従来の研究の流域面積 A による評価に替えて、流域形状、高度分布、降水量分布から求まる降水の年平均位置エネルギーという物理的な意味を持った指標による評価として整理することができた。ただし、 K 値は降雨頻度や地質の違いによって決定される係数であると考えられるが、その詳細について明らかにできず、今後の検討課題である。

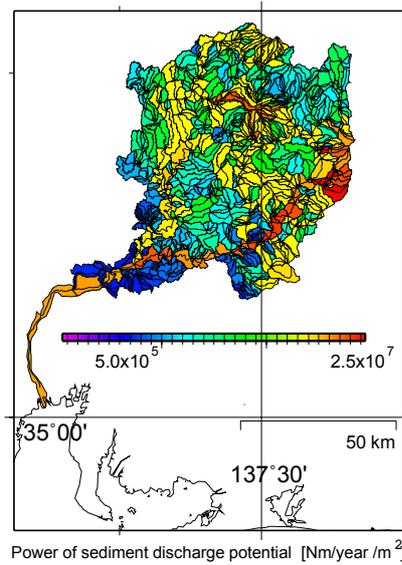


図-3 単位流域における累積面積あたりの土砂流出ポテンシャルパワー

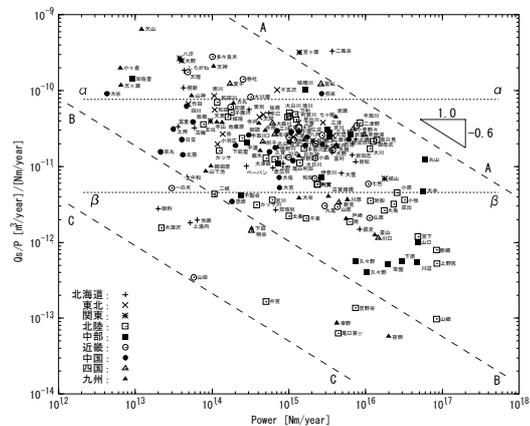


図-4 ポテンシャルパワーあたりの年平均堆砂量

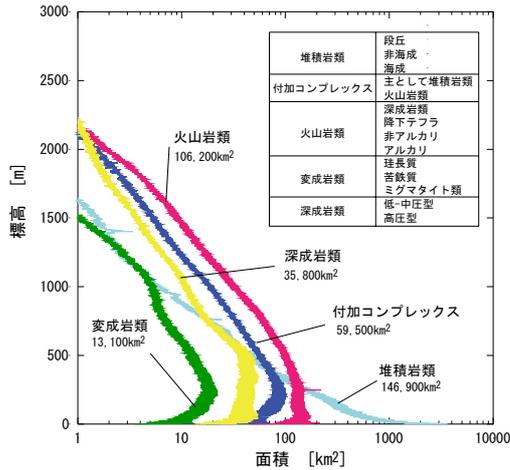


図-5 表層地質別の日本の国土の高度分布ヒスト

グラム

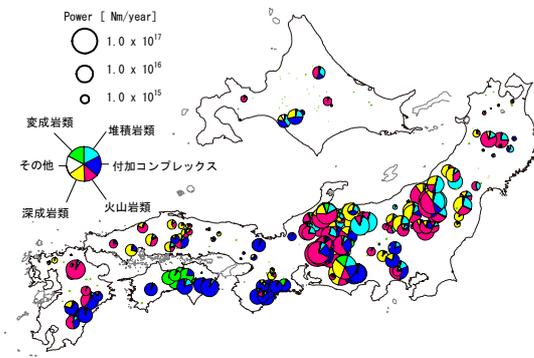


図-6 ダム貯水池における土砂流出ポテンシャルパワーと流域面積に占める各地質の割合

(3) 地質による土砂流出特性の違いと小流域における土砂流出量の評価について

全国の地質をその成因によって、堆積岩類、付加コンプレックス、火山岩類、変成岩類、深成岩類の5種類に大別し、それぞれ面積高度曲線の特徴を調べた結果、流域高度分布は地質成因に則した特徴を備えていることが確認できた(図-5)。また、ダム貯水池でのPとダム集水域内に占める各地質の割合と、年平均堆砂量とを比較した結果、中部地方では火山岩類が、中央構造線沿いでは付加帯コンプレックスのPが卓越しており、地域による特徴を把握することができた(図-6)。

さらに、ポテンシャルパワーによる評価が、小流域でも成立するかを確かめるために、揖斐川上流域において、砂防ダム集水域とその堆砂量を基にポテンシャルパワーによる評価を試みた結果、流域面積による評価と比較して、ポテンシャルパワーによるQsの評価のばらつきは小さくなり、小流域においてもポテンシャルパワーによる評価の有用性が確かめられた(図-7)。

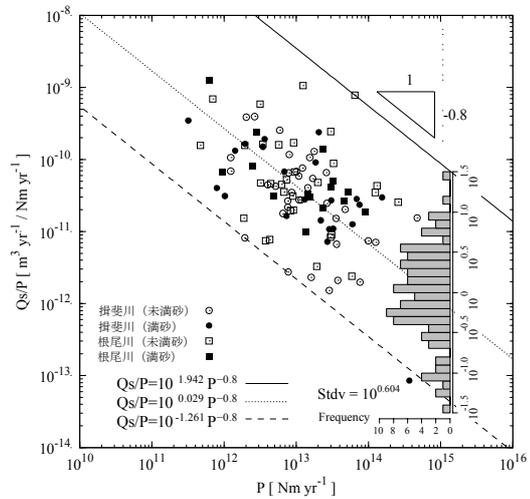
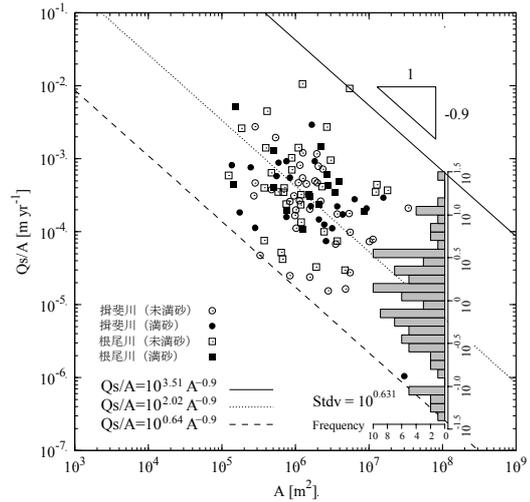


図-7 流域面積によるQsの評価(上)とポテンシャルパワーによるQsの評価(下)

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- (1) 大橋慶介, 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流出土砂量予測, 河川技術論文集, 第15巻, 印刷中, 2009年, 査読有り
- (2) 大橋慶介, 藤田裕一郎, 土砂流出ポテンシャルパワーに基づく流域地質構造と土砂流出量の考察, 水工学論文集, 第53巻, pp. 667-672, 2009, 査読有り
- (3) Keisuke OHASHI, Yuichiro FUJITA, SEDIMENT TRANSPORTATION ESTIMATED WITH POTENTIAL POWER THROUGH TRIBUTARIES CONFLUENCE, ADVANCES IN HYDRO-SCIENCE

AND ENGINEERING, Vol. 8, pp. 1331-1339,
2009, 査読なし

〔学会発表〕（計 3 件）

- (1) 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流出土砂量予
測, 2009 年度河川技術に関するシンポジ
ウム, 2009 年 6 月 11~12 日, 東京大学
農学部弥生講堂
- (2) 大橋慶介, 土砂流出ポテンシャルパワー
に基づく流域地質構造と土砂流出量の考
察, 第 53 回水工学講演会, 2009 年 3 月 6
日, 芝浦工業大学
- (3) Keisuke OHASHI, SEDIMENT TRANSPORTA-
TION ESTIMATED WITH POTENTIAL POWER
THROUGH TRIBUTARIES CONFLUENCE, The
International Conference on
Hydro-Science and Engineering 2008,
2008 年 9 月 11 日, 名古屋大学

〔図書〕（計 0 件）

〔産業財産権〕

○出願状況（計 0 件）

○取得状況（計 0 件）

〔その他〕

ホームページ

<http://www.cive.gifu-u.ac.jp/lab/he2/gis/>

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

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし