

基盤岩質の異なる4つの小流域における 浮遊土砂の流出特性の差異

Characteristics of Suspended Sediment Discharge in Four Small Catchments with Different Bedrock Types

廣瀬 孝*・瀬戸 康裕**・松倉 公憲***

Takashi HIROSE*, Yasuhiro SETO** and Yukinori MATSUKURA***

I はじめに

筆者等は、ここ数年にわたり阿武隈山地中部において、基盤岩質の異なる4つの小流域を対象に、水文地形的研究を積み重ねてきた(廣瀬ほか, 1993; 金野ほか, 1993; Hirose *et al.*, 1994; 寺田ほか, 1994)。それらの研究の最終目的の一つは、これら4流域における侵食速度(地形変化速度)の差異を明らかにすることである。ところで、小流域から物質が流出する形態としては、溶存物質・掃流土砂・浮遊土砂の3つがあげられる。このうち、溶存物質と掃流土砂の流出特性については、それぞれ Hirose *et al.* (1994) および金野ほか (1993) において報告した。本研究では残された「浮遊土砂の流出特性」を研究対象とした。

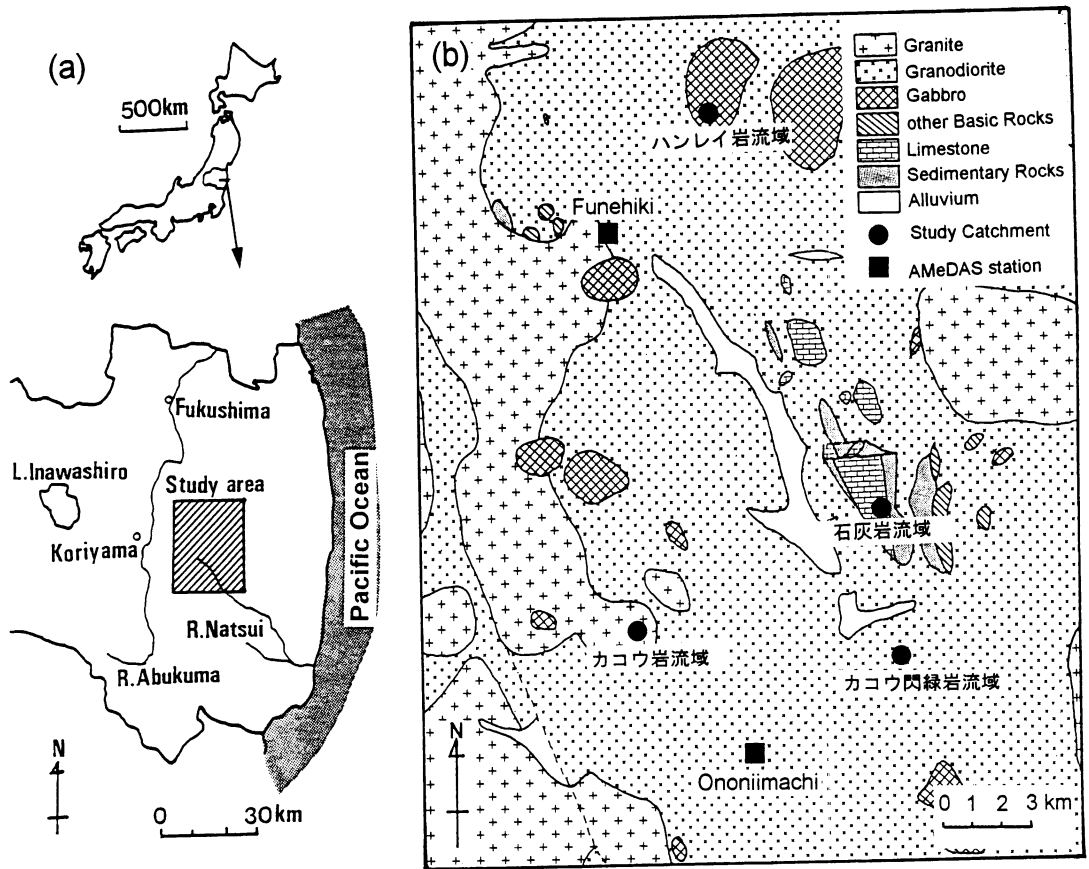
浮遊土砂の生産は、山地小流域からの土砂生産の中で、大きなウエイトを占め、降雨イベントなどの流量増加時には通常時の何百倍もの濃度になることが知られている。また、降雨イベントや流量変化に対する浮遊土砂の挙動に関しても、多くの研究がなされており(たとえば、倉茂, 1985; Kurashige, 1985; 朴, 1991)、土砂の供給源の問題や浮遊土砂

濃度増加のメカニズムなどが議論されている。しかし、基盤岩質の異なる流域で、浮遊土砂の流出特性を比較した研究はほとんどない。そこで本研究では、「基盤岩質の異なる小流域での侵食速度の差異という研究の最終目的」の視点に立ち、基盤岩質の異なる4つの小流域で、特に降雨イベント時の浮遊土砂の測定を行った。本稿は、その結果の一部を報告し、合わせてそれらについての若干の考察を加えることにする。

II 調査地域および調査方法

調査地域は、阿武隈山地中部の田村郡小野町付近である(第1図)。阿武隈山地は標高500mほどのなだらかな丘陵面と、そこから突出したいくつかの孤立峰からなる。地質は主にカコウ岩、カコウ閃緑岩からなり、そのほかハンレイ岩、石灰岩などが分布している(第1図)。カコウ岩、カコウ閃緑岩、ハンレイ岩、石灰岩のそれぞれ単一の地質からなる4つの小流域を調査対象の流域として選んだ(流域の位置を第1図に、流域の地形を第2図に示す)。流域面積は、2ha~7.2haで、それぞれの流域は最大でも20kmほどしか離れておらず気候条件はほぼ等し

*筑波大学大学院地球科学研究科 **筑波大学自然学類(現 大学院環境科学研究科) ***筑波大学地球科学系



第1図 調査地域の位置および地質

く、また標高や植生なども類似している。

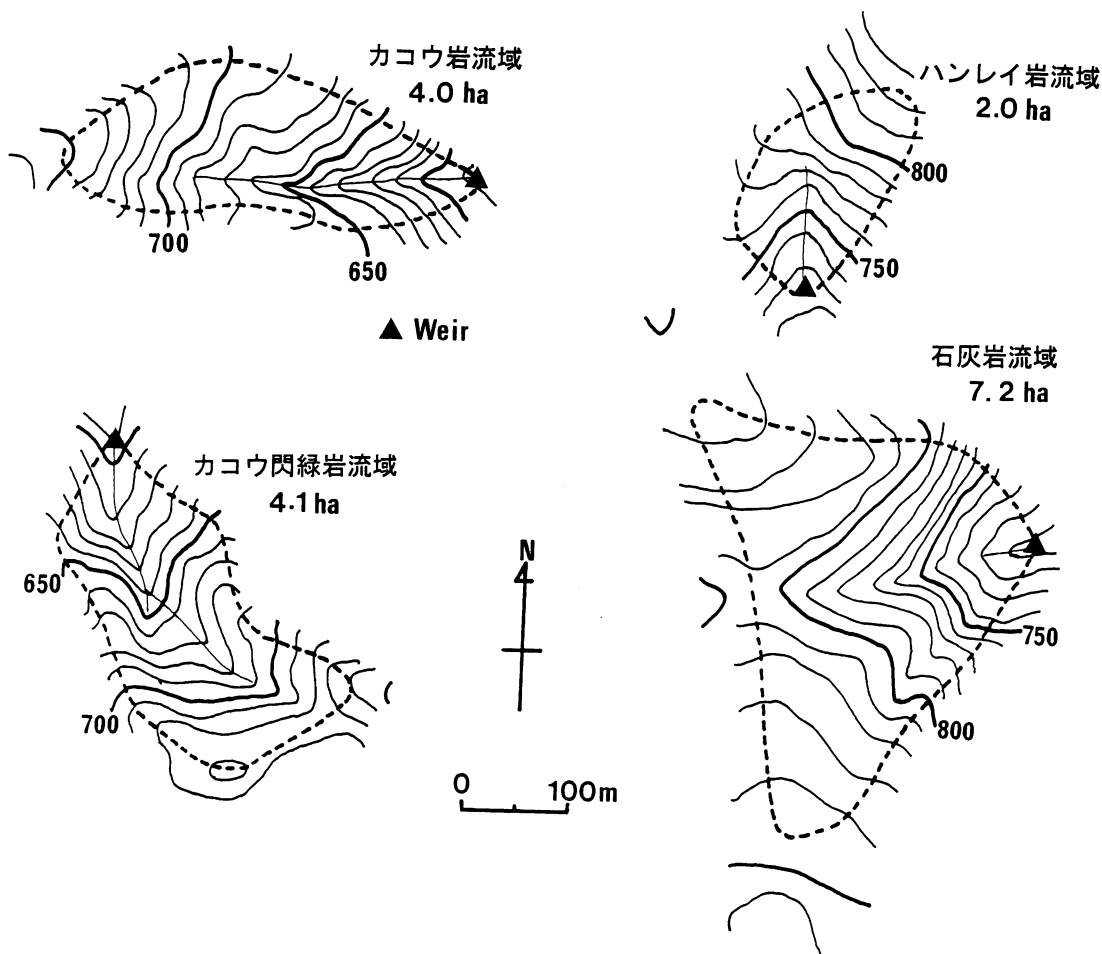
それぞれの流域の出口に90°Vノッチ堰を設置し、そこで水位計による流量の自記と浮遊土砂濃度測定のための採水を行った。採水には1lのポリ瓶を用い、水位センサーによって水位上昇を検知して作動する自作のウォーターサンプラー（廣瀬ほか、1995）と一部手採水によって特に降雨イベント時の採水を行った。採水した水は実験室に持ち帰り、ミリポア製の吸引濾過装置と約1μのフィルターを用いて吸引濾過を行い、乾燥重量を計測して浮遊土砂濃度を求めた。

Ⅲ 調査結果および考察

調査期間（1994年6月から9月まで）の間に、カコウ岩流域で4回、カコウ閃緑岩とハンレイ岩流域で3回、石灰岩流域で5回の降雨イベントにお

る浮遊土砂濃度変化のデータが得られた。まずはじめに、流量ピークと浮遊土砂濃度ピークの時間的ずれについて考察する。第3図にカコウ閃緑岩流域について、2回のイベントのデータを浮遊土砂濃度、流量、降水量の時間変化データとして示した。図中の Q_1 、 Q_2 はそのイベントにおける流量の1番目と2番目のピークを示し、 S_1 、 S_2 はそれぞれ1番目と2番目の流量ピークに対応すると思われる浮遊土砂濃度ピークを示す。

流量ピークと土砂濃度ピークの時間的ずれに注目してみると、同じカコウ閃緑岩流域においても、第3図aのように流量ピークより浮遊土砂濃度ピークが先行する場合もあれば、その反対に第3図bのように遅れる場合もある。ほかの岩質の流域においても同様に、降雨イベントによって時間的ずれの傾向が異なることが観察された。このように、同じ流域



第2図 各流域の地形

でも流量ピークに対して土砂濃度ピークは、先行する場合（先行型）、同時の場合（同時型）、遅れる場合（後行型）と種々の型がみられた。また、本研究においては、後行型が何度か観察されたが、従来後行型の報告例は極めて少ない（たとえば Labadz *et al.*, 1991 ; Kurashige, 1993）。

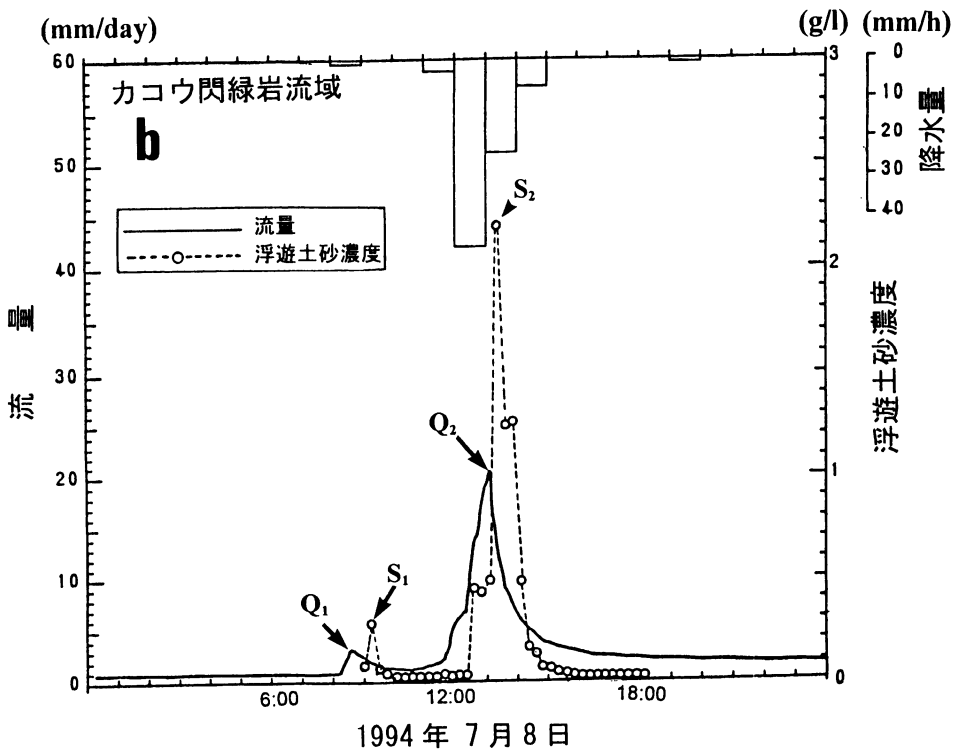
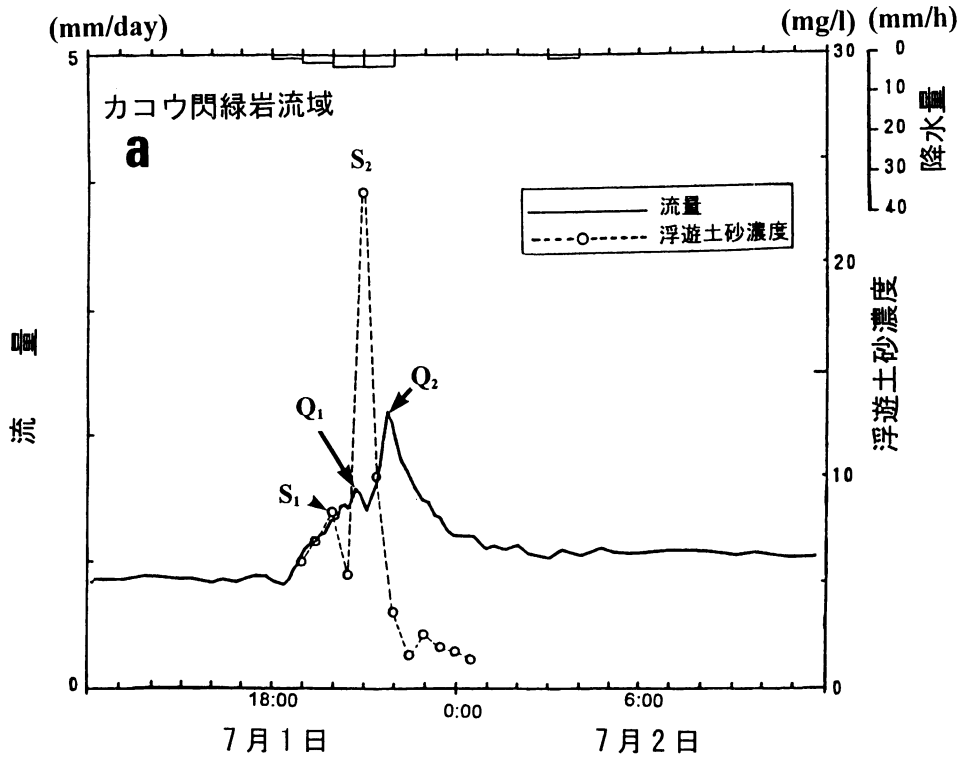
このような時間的ずれが現れる原因については、先行型の場合でも細粒物質の消費（たとえば、朴, 1991）や巻き上げモデル（Kurashige, 1985）など従来より様々な議論がなされている。本研究では、このずれに対する先行降雨の影響を考えてみることにする。先行降雨の指数としては、Mosley (1979) の提案した API を用いる。API は、先行降雨指数

(antecedent precipitation index) と呼ばれるもので、次のような式で表される。

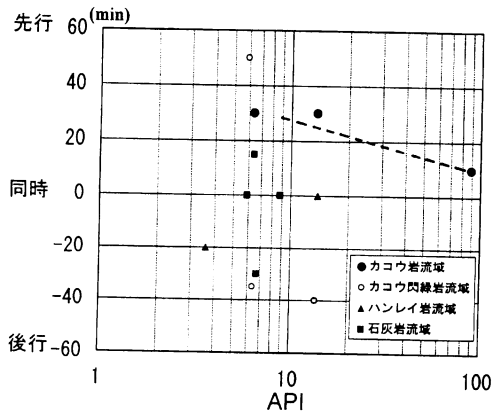
$$API = P_1/1 + P_2/2 + \dots + P_{30}/30$$

$$= \sum_i^{30} P_i/i \quad (P_i \text{ は } i \text{ 日 前 の 降 水 量})$$

この指数は、大きいほど先行降雨の影響が大きい（直前の先行降雨量が多かった）ことを示している。調査期間中に得られたデータをもとに、横軸にこの API の値をとり、縦軸にずれの時間（先行を正、後行を負とする）をとったものを第4図に示した。この図には、採水したイベントの内、流量の最初のピークに対応する土砂濃度ピークのデータが得られたも



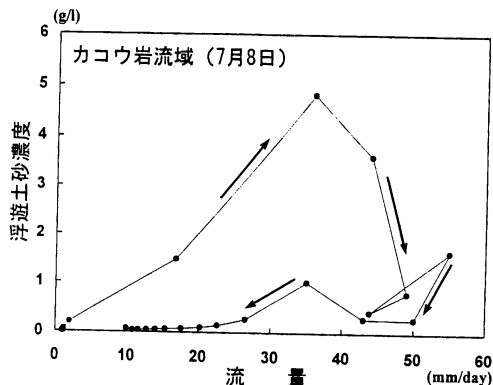
第3図 流量、浮遊土砂濃度、降水量の時間変化



第4図 流量ピークと土砂濃度ピークの時間的ずれと先行降雨指数

のみプロットした。この図を見ると、カコウ岩流域を除く3流域では、類似のAPIの値に対して先行型・後行型の両方が観察され、先行・後行に対するAPIの影響は不明瞭である。一方、カコウ岩流域では図の点線のように右下がりの傾向、すなわち、APIが小さいほど濃度ピークは流量ピークに先行する傾向が若干認められる。これは、先行降雨が少なく流域が乾いた状態の方が、河道や河岸には浮遊土砂となりうる細粒物質が準備されており、流量の増加に対して、細粒物質がより敏感に反応して流出してくるためではないかと考えられる。そのような傾向は、カコウ岩流域のように、流域内の物質が比較的乾いた砂質のマサの場合に観察されるものと示唆される。しかし、データ数も少ないので詳しい議論は今後の課題としたい。

次に、降雨イベントにおける流量と土砂濃度の関係の一例を第5図に示す。この図は、一般にヒステリシスループとよばれ、浮遊土砂濃度と流量間のヒステリシスな関係を示す方法として用いられている。この図は、全体を一つのループとして、流量ピークに濃度ピークが先行するループとみることもできるが、二つのループに分けることもできる。濃度ピークが約5 g/lの大きなループとそれに続く濃度ピーク約2 g/lの小さなピークである。二つめのループの方が、流量ピークが大きいにもかかわらず濃度ピークは小さい。これは土砂の供給源となる細粒物質の消耗という現象が現れたものと思われる。同様な現



第5図 流量と浮遊土砂濃度の関係

象は、7月8日の石灰岩流域でもみられた。

IV おわりに

本研究から得られた結果をまとめると次のようになる。

- (1) 流量ピークと濃度ピークの時間的ずれには、岩質の差異による影響はみられない。
- (2) カコウ岩流域ではAPIが小さい（先行降雨が少ない）ほど濃度ピークは流量ピークに先行する傾向が認められた。
- (3) 流量と土砂濃度の関係をみたとき、土砂の供給源となる物質の消耗の効果が現れたと思われる2つのループを描く場合が観察された（2つめのループの方が、流量ピークが大きいにもかかわらず濃度ピークが小さい）。

このように、浮遊土砂の流出特性に関しては、データ数が少なかったこともあり、岩質の影響は特に観察されなかった。しかし、明らかに水の流出特性が岩質によって異なるため、浮遊土砂として流される物質の量には違いが現れると思われる。今後は、最初に挙げた研究の最終目標の視点に立ち、溶存物質・掃流物質・浮遊物質の量的な関係についての研究を行いたいと思う。

謝辞

野外調査において、自然学類の寺田憲一（現 大学院・理工学研究科）と高屋康彦（現 大学院・地

球科学研究科)の両氏には、大雨の中での採水をお手伝いいただきました。深く感謝いたします。

文 献

- 倉茂好匡 (1985) : 北海道盤溪川流域の土砂供給機構, 地形, **6**, 45-64.
- 金野 博・廣瀬 孝・恩田裕一・松倉公憲 (1993) : 阿武隈山地小流域における土砂流出について. 筑波大学水理実験センター報告, **18**, 99-104.
- 寺田憲一・廣瀬 孝・松倉公憲 (1994) : 阿武隈山地における二, 三の土の力学的性質と崩壊に対する斜面の安定性について, 筑波大学水理実験センター報告, **19**, 19-31.
- 朴 鐘瑄 (1991) : 浮流土砂濃度の変動パターンからみた山地河川における土砂流出特性, 地形, **12**, 51-67.
- 廣瀬 孝・恩田裕一・松倉公憲 (1993) : 異なる基盤岩石からなる小流域の流出特性について, 筑波大学水理実験センター報告, **17**, 57-64.
- 廣瀬 孝・恩田裕一・岩下広和・瀬戸康裕・木村時政・松倉公憲 (1995) : 水位上昇検知型自動採水器の試作・改良とそれを用いた浮遊砂濃度の一測定例, 筑波大学水理実験センター報告, **20**, 79-84.
- Hirose, T., Onda, Y. and Matsukura, Y. (1994): Runoff and solute characteristics in four small catchments with different bedrocks in the Abukuma Mountains, Japan. *Transactions of the Japanese Geomorphological Union*, **15A**, 31-48.
- Kurashige, Y (1985): Model for pulling up fine particles from armour coated gravel bed in the early snowmelt season, *Transactions of the Japanese Geomorphological Union*, **6**, 287-302.
- Labadz, J. C. Burt, T. P. and Potter, A. W. R. (1991): Sediment yield and delivery in the blanket peat moorlands of the Southern Pennines, *Earth Surface Processes and Landforms*, **16**, 255-271.
- Mosley, M. P. (1979): Streamflow generation in a forested watershed, New Zealand, *Water Resources Research*, **15**, 795-806.