

II—34 薄別川流域における微細砂の生産に関する研究

北大・工 正会員 森 明 巨

北大・工 正会員 長谷川 和 義

北大・工 正会員 黒 木 幹 男

北大・工 正会員 岸 力

北大・工 学生員 四十谷 利 浩

微細砂はダム堆積量のかなりの割合を占めるためダム計画ではその生産量の予測が必要である。芦田(1)によれば、土砂および微細砂の生産様式には、裸地および崩壊地の侵食、河岸、河床の侵食、土石流、斜面の崩壊、剝離などがあり、外力として降雨、表流水、凍上、風、地震、風化、火山の爆発などが考えられる。これらの諸要因に対し、流域の地質、地形、気象などの地域的条件により土砂生産に関する流域の特性が形成される。これらの様々な要因のために、土砂の生産性には多くの空間的スケールが存在する。例えば、大きく見ると、壮年期の高山地帯を有する中部山岳地帯の比流砂量は、老年期のなだらかな地形の多い中国地方に比べ、おおよそ1000倍である。一方、流域を細かく見ると隣接する流域間でも僅かな地形構造の違いにより生産量が大きく異なることが多い。従って、微細砂の生産量を予測するには、まず、流域の地質学および気象学的なマクロな特徴を調べた上で、小流域の個別的な特性を明らかにする必要がある。本研究では、初めにこれまでの研究のReviewを行って微細砂生産の多様性を示し、ついで本州とは異なる地質構造を持つ豊平川流域の構造について述べ、豊平川の支川である薄別川流域の三川について土砂生産様式の比較を行う。

1 従来の微細砂生産量の予測方式

微細砂とその生産の定義 本報告で言う微細砂とは粒径が 0.1~0.2mmのもので、流水中での移動形式は浮遊で、ウオシュ・ロードと呼ばれるものである。微細砂は山地の表土に多量に含まれ、また、岩石の崩壊によっても生産されるため、一般に土砂の生産において微細砂が占める割合は少ない。生産された土砂における微細砂と大礫の違いは、斜面崩壊などで溪床に土砂が堆積した場合、堆積地点から更に下流に運搬されるのに要する時間が大きく異なることである。これは、河道に堆積した土砂中の微細砂は小規模の出水でも流出するが、大礫は規模の大きな出水でなければ再移動しないからである。

本研究ではダムへの堆砂量の予測を考えるが、この場合タイムスケールは50~100年程度である。このようなタイムスケールでは河道内に堆積した土砂中の微細砂成分は総て貯水池に運搬されるとみなし、本研究では河道外から河道内への微細砂の移動を微細砂の生産と定義する。

従来の研究 アメリカ農務省は、降雨による畑地からの土壌侵食量Aの予測式を(1)式で与えた。

$$A = R \cdot K \cdot S L \cdot C \cdot P \quad (1)$$

ここに、R: 降雨係数、K: 受食性係数、SL: 形状係数、C: 作物係数、P: 保全係数。

これらの係数は試験畑地での実測資料から得られたもので有次元量であるためそのまま山地の裸地斜面に適用するのは困難である。

村本ら(2)は、降雨流出のうち表面流出による裸地斜面の侵食量式を導いた。彼らは、斜面上では流砂は平衡状態にあり、河道への流出土砂量は裸地斜面下流端での有効摩擦速度によって決まると考え、流砂量式にはBrown式を用いている。この方式を淀川水系瀬田川支川の大戸川の昭和44、47年出水に適用し良好な結果を得ている。大戸川流域一帯は花崗岩の風化地帯であり、河床砂の粒径は1.5~4mmで小さく、流出土砂量は多い。土砂の生産様式は、凍土の融解後浮上したものが降雨により侵食されるものと大出水時における斜面崩壊である。この方式では斜面崩壊による土砂生産及び土砂の粘着性は考慮していない。

村本ら(3)は大戸川において毎日1~2回、出水時には1~2時間毎の観測を継続し、1975年4月から1981

年7月の観測資料をまとめて検討しているが、この中で流量 Q とウオッシュ・ロードの濃度 C の関係を見ると、同じ Q に対して C は $10 \sim 10^2$ のオーダーのバラツキがあった。村本らはこれらの資料を細かく検討し、同じ流量でも、

- 1) 10、11月は $C \rightarrow$ 小、2、3、6、8月は $C \rightarrow$ 大、
 - 2) 出水期では、逓減期より上昇期の方が $C \rightarrow$ 大の傾向が見られる、
 - 3) 継続出水における上昇期の C は、前期降雨のない場合に比べて $C \rightarrow$ 小、
- であることを指摘している。また、急斜面（崖）、緩斜面（山腹）、崩壊土（崖錐）および道路面の粒度分布の季節変化を調べ、緩斜面では春期から秋期にかけて微細砂が流出して表層の土砂が粗粒化しており、上記1)の関係に対応している、と述べている。

河村(3)は、流砂に関する運動方程式と連続式、降雨を伴う雨水流の運動方程式と連続式、及び降雨を伴う雨水流の境界せん断応力の式から侵食量 E_v を(2)式で与えた。

$$E_v = \frac{476 \cdot C_A \cdot C_E}{d} \cdot Q_*^{15/8} \cdot L^{3/8} S_0^{3/2} \quad (2)$$

ここに、 C_A ：裸地面積率、 C_E ：侵食性係数、 Q_* ：斜面上への降雨流入量、 L ：斜面長、 d ：平均粒径、 S_0 ：斜面勾配。

特に C_E に関しては、土の締固め係数、粘土比、分散比等の土質によって定められる係数として導入している点が注目される。すなわち

$$C_E = C_1 \cdot C_M \cdot C_{CR} \cdot C_{Rd}$$

ここに、 C_1 ：比例定数、 C_M ：土の締固め係数、 C_{CR} ：粘土比(CR)と分散比(DR)によって決定される係数、 C_{Rd} ：リル密度(Rd)によって決定される係数として実測データから

$$C_E = 0.17 C_M \frac{(1+3.67 Rd)}{(CR/DR)} \quad : \quad \frac{CR}{DR} > 0.0425$$

$$C_E = 4 C_M (1+3.67 Rd) \quad : \quad \frac{CR}{DR} \leq 0.0425$$

を与えた。

この方式では Q_* として(雨量強度によって定まる係数) $\times$ (流出率) $\times$ (平均雨量強度)で表すことにより任意のタイムスケールについて侵食量 E_v を求めることができる。河村は、この方式を天竜川右岸上流域の花崗岩風化地帯に適用して、実測値とかなりの一致をみた。

芦田ら(4)は、昭和41年に穂高砂防観測所を設け、以来、足洗谷流域(7.5km²)における降雨一流出—土砂生産—土砂輸送の過程を観測し多くの機構を解明している。足洗谷流域のうち白水谷、黒谷および割谷では土石流が発生するが、それぞれで岩種が異なる。土石流は直進性が強いので湾曲部では溪岸を侵食し、湾曲部から河道に土砂を供給する。

ヒル谷の土砂は、本川ではアーマ—コートによる階段状河床が形成されているため通常の出水では土砂生産がなく、支川の崩壊地から供給される。

足洗谷本川では、山体基岩類による礫層(10m前後)の上に焼岳の火山噴出物による堆積層(約30m)が重なった所を侵食して流路が形成されている。この流路の土砂生産は、冬期間における溪岸表土の凍上による崩落である。河道に堆積した土砂は夏期の出水で輸送されるが、流路が蛇行しているため冬期と夏期で流路が変化する。

芦田らは足洗谷では粒度の大きいものを対象にしているが、微細砂の生産、輸送についても継続的に研究を進め、従来、裸地斜面の侵食が微細砂生産の主要因とみなされていたが、溪岸堆積物からの微細砂の流出

がかなりの割合を占めることを指摘している(5)。

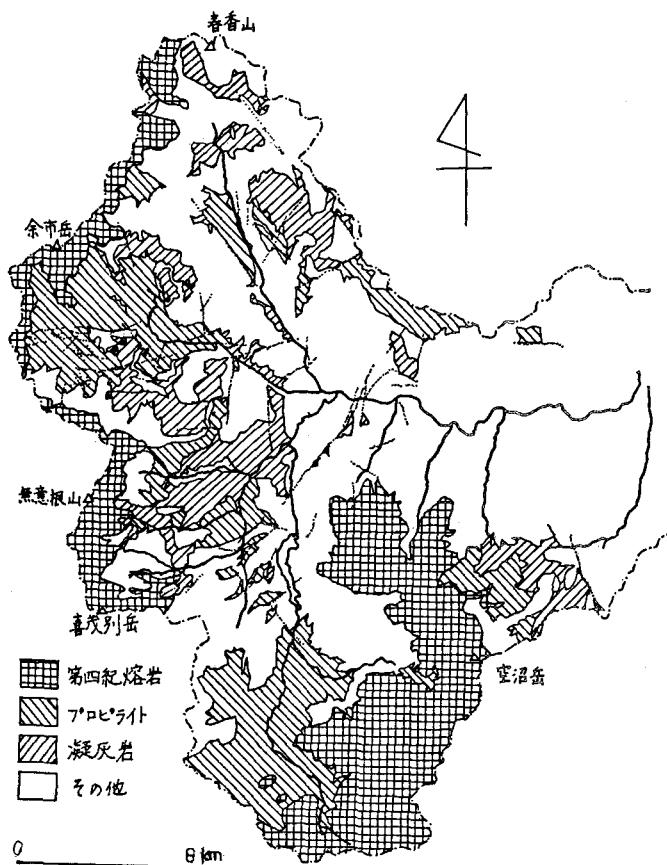
Neillら(6)はカナダ、アルバータ州の Oldman River 上流域の土砂の生産形態の調査を行っている。彼らは、航空写真の解析と現地踏査から土砂の生産形態を、1) 流路変動による側岸侵食、2) 溪流の溪岸侵食、3) 牧草地のガリ侵食、4) 風食、5) 地滑り、などに分けたが、土砂の生産形態が流域により大きく異なり個別性が極めて強いため、一般的な土砂生産の予測は困難であると述べている。

以上述べた様に土砂あるいは微細砂生産の様式は小流域の特性に強く依存するが、一方で、受食性や外力に大きな影響を与える地質構造の特性や気象条件は、より広い地域にわたって共通性を持つ。従って、この研究では、より広い地域に成立する共通法則の発見と小流域の特性の解明の両面からの接近が必要である。

2 豊平川流域の地質構造

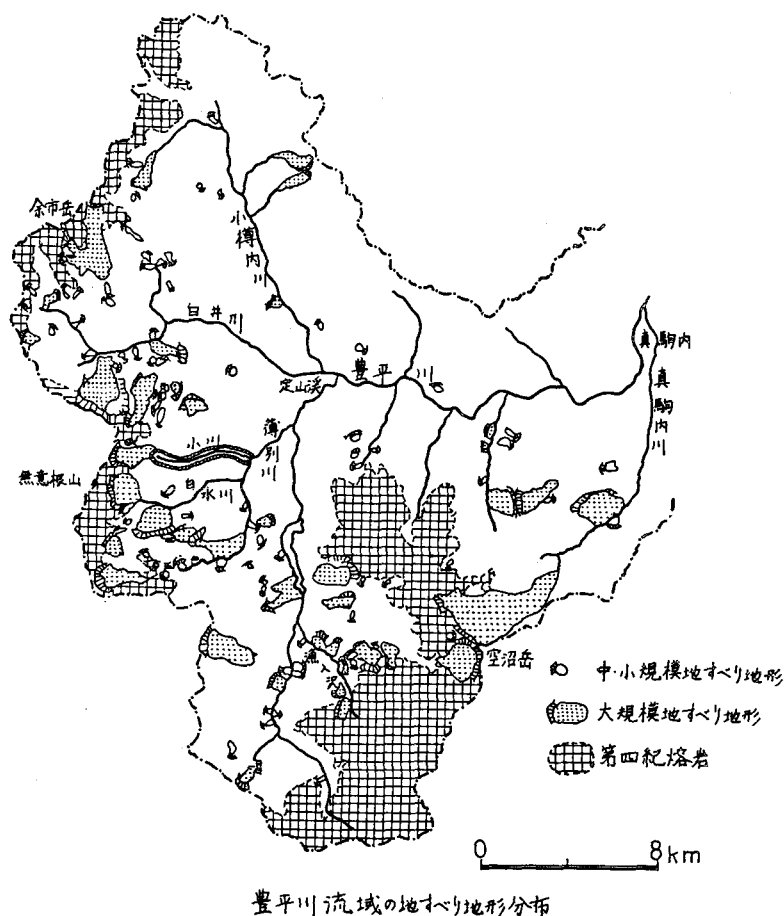
豊平川流域の地質は図-1に示す様に主に新第三紀の火山岩、堆積岩が基盤となり、これを覆って第四紀の安山岩質熔岩が分布している。新第三紀のなかではプロピライトと凝灰岩が多いが、両者とも粘土化し軟弱となっている部分がある。高橋(7)によると、前者は豊平川流域の16%、後者は10%を占め、これらの地域で多くの斜面崩壊が発生している。特に、第四紀熔岩の縁辺部では崩壊の規模が大きくなっている。図-2に豊平川流域の崩壊地の分布を示した。

図-1



豊平川流域の地質

図-2



豊平川流域の地形は、900～1500 mのほぼ定高性のある山稜を河川が侵食して峡谷を刻んでいるという、いわゆる壮年期の状態にある。流域には、ところによって河岸段丘がみられるが、それは最終氷期（ウルム氷期）末にいくつか発生した大規模崩壊（滑落崖幅 500 m 以上）に伴う土石流堆積物によって形成されたものと考えられている。その後、大規模崩壊地の2次侵食及び、河岸段丘の侵食が進行し、現在では、それらの侵食に伴う中小規模の地すべり崩壊地（滑落崖幅 500 m 未満）が卓越している。

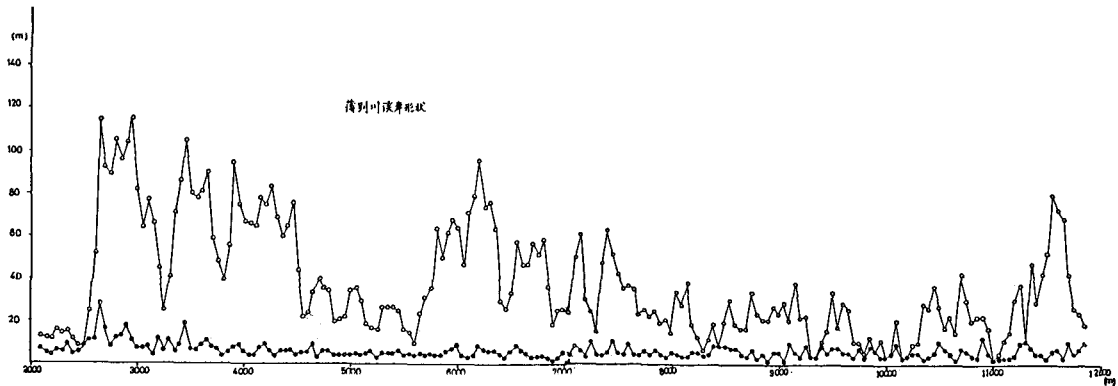
地すべり崩壊地は豊平川流域における主要な微細砂の生産場であるので、地すべりの発生と地形の関係に着目する。高橋は中小規模の地すべり崩壊の発生と地形との関係を調べ、起伏量（単位メッシュ中の高低差）

350～450 m の範囲および、谷密度（単位メッシュの4辺を横切る谷線の本数）では 26～30 の範囲に多く発生することを示した。高橋の資料から各起伏量および谷密度での地すべりの発生率を求めると、高橋が指摘した範囲で地すべりの発生率の高いことが確認された。起伏量が350～400では95%の発生率を示した。

3 薄別川3川の土砂生産に関する特徴

本研究では、豊平川流域の中小規模の地すべり崩壊地の代表として薄別川流域を選び、薄別川本川、白水川、小川の3川について微細砂の生産場としての特性を調べる。3川の流域面積と流路長はそれぞれ（63.8 km²、14.8 km）、（16 km²、8.2 km）、（11 km²、7.0 km）である。

図-3



北海道開発局石狩川開発建設部では昭和57年9月～10月に薄別川流域の堆積調査を行った。この調査では、50m間隔の溪岸の写真撮影も行っている。これらの資料から溪岸の状況と流路幅の変化を調べた。

表-1は、流路単位長さ当たりの露頭数と崩壊地数を示したものである。図-3は、流路の全幅 B_f (○)と常時水流のある幅 B_m (●)の変化をプロットしたものである。

小川では、 B_f は波長が約300～500mで周期的に変化し、最小値は約10m、振幅は30mである。また、 B_m は5～10mであり B_f の最小値とほぼ一致している。

白水川では、地点によらず $B_f \gg B_m$ である。薄別川では、小川と白水川の中間的性質を示している。

これらの3川の相違は以下に述べるように流路に沿った地すべり地形の分布の割合による。すなわち図-2からわかる様に、3川の源頭部には比較的規模の大きい崩壊が発生しているが、小川ではさらに、流路が大規模な崩壊によって土砂に埋まり、流路全体が地すべり地形になっている。また、薄別川では流路に沿って所々地すべり地形がある。これに対して白水川の地すべり地形は源頭部のみである。

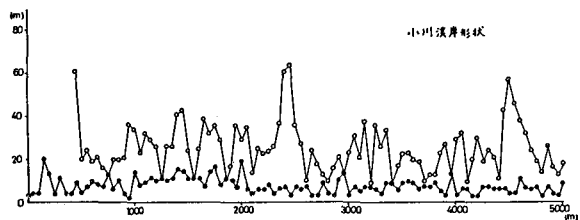
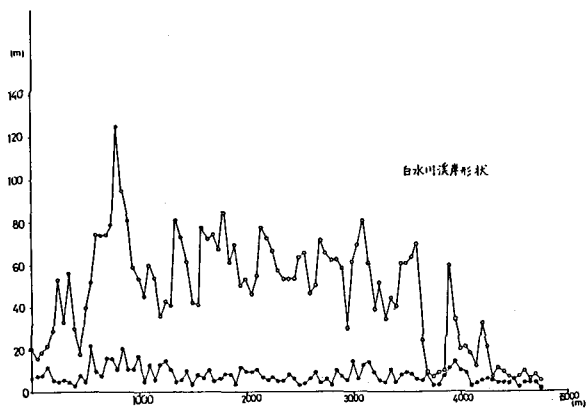
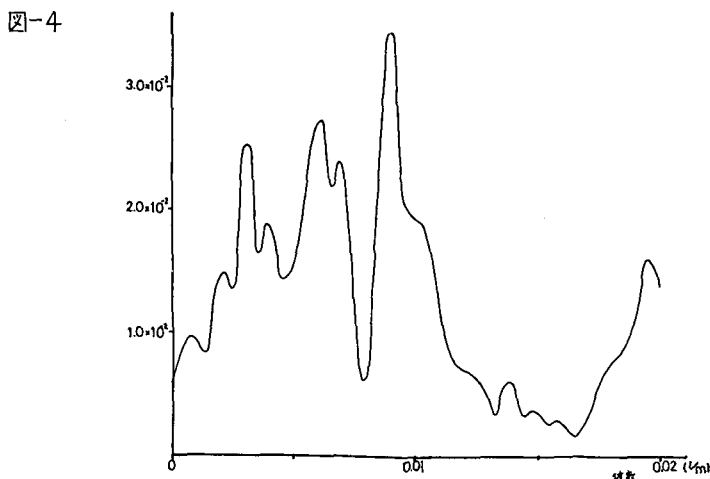


表-1

	露頭数 (個 / km)	崩壊地数 (個 / km)
小川	0.40	8.00
白水川	10.32	0.84
薄別川本川	6.84	4.39

4 小川の流路形状のスペクトル

小川の溪岸は前節で示したように地すべり地形であるために受食性が強く、流路は蛇行している。図-4は小川の流路中心線の曲率のスペクトルであるが、110、160、320m付近に孤立したピークがみられ、山地河川では側岸侵食に関して、複数の要因があることを示している。清水ら⁸⁾は、小川での土石流堆積幅変化の相関係数を求め、波長が約500mの周期的変動があることを示しており、土石流も1つの長さのスケールを持っているものと思われる。



おわりに

微細砂の生産には様々なスケールの要因が複合している。本研究では豊平川流域の地すべり地形に着目し、マクロなスケールではその発生が地形の特性と相関があることを示した。一方、小流域について見ると、地すべり地形がそれぞれの流域で異なった生産性を持っていることを示した。

参考文献

- 1) 芦田、高橋、道上：河川の土砂災害と対策、森北出版、1983年
- 2) 村本、道上、下島：大戸川における微細砂の流送過程について、京大防災研究所年報、第16号、1983年
- 3) 村本、藤田、中村：大戸川における濁りの季節変化、京大防災研究所年報、第25号、1982年
- 4) 河村：山地流域の土砂生産量の推算、第20回水工学に関する夏期研修会講義集Aコース、1984
- 5) 芦田：山地流域における出水と土砂流出(4)、(5)、(6)、(8)、(9)、京大防災研究所年報、第18号～23号
- 6) C. R. Neill, J. D. Mollard: Erosional processes and sediment yield in the upper Oldman River basin, Alberta, Canada, pro. I A H S publ. no. 137, 1982
- 7) 高橋：豊平川流域における地すべり地形—その形成環境と形成時期—、北海道大学大学院環境科学研究科、環境基礎学講座、修士論文、1984
- 8) 清水、中村、新谷：薄別川流域における堆積土砂の分布特性、日本林学会北海道支部会講演集、1983年