

51 山腹土層の粒径成分とその土量変化

— 東河内流域の土砂収支検討の前提として —

筑波大学農林工学系 〇 眞坂秀二
農林学系 内田 煌二

1 はじめに

土砂の移動過程と溪流形態との関連を解明するため、大井川上流東河内流域内に設定した実験溪流において渓床変動量等の計測を続けていた。ところが1982年8月に数十年に一度というような豪雨に出合い、主として崩壊地の拡大により山腹から大量の土砂が流出し、溪流の状況が一変した¹⁾。このような大規模な土砂の移動は、流域の土砂収支を検討するうえで絶好の機会と見え、筆者らも土砂収支の検討をはじめている。ところで土砂収支式は(1)式のように表され²⁾、 H と $V_2 - V_1$ (渓床変動量)の測定から R を推算するのが通例である。

$$R = H - (V_2 - V_1) \cdots (1)$$

R : 対象区域外への流出土砂量 (m^3), H : 対象区域内の崩壊地流出土砂量 (m^3), V_1 : 変動前の渓床堆積量 (m^3), V_2 : 変動後の渓床堆積量 (m^3)

この R の推算にあたって注意しなければならないのは、 H と $V_2 - V_1$ とは間隙の量および粒径成分が大きく異なり、見かけの体積をそのまま差し引いたのでは誤りと考えられることである。しかしこの土量変換に関する研究は、従来必ずしも十分に検討されているとはいえないようである。そこで今回、東河内流域の土砂収支を検討する前段として土量変換について考えてみた。

2 調査の方法

2.1 山腹土層

林野土壤調査法による内田らの調査データ³⁾の活用を試みた。この際問題になるのは、土壤サンプルが断面積 100 cm^2 、高さ 4 cm の円筒採土管で採取されているため、我々が必要とする土層のひろがりよりかなり小さいひろがりでの土層組成データであることである。このため礫成分の含有量が過少に評価されている可能性が高く、このチェックと補正が必要である。そこで新たに堆積様式別に断面積 1000 cm^2 程度で $20 \sim 30 \text{ cm}$ の深さにわたり A, B 層の土壤を採取 (これを大土量サンプルと呼ぶ) し、粒径分布を調べた。また崩壊地については、以前の調査で流送部の土層の粒径分布を調べており、このデータを利用した。

2.2 渓床堆積物

1982年8月の豪雨によって一面に渓床上昇をおこした堆積物の表面に $6,000 \sim 10,000 \text{ cm}^3$ の穴を掘り、水置換法によって容積を測定し、間隙量を算定した。また粒径分布も調べた。

3 結果と考察

3.1 粒径分布と wash load 成分

山腹土層 (大土量サンプル) と渓床堆積物の粒径加積曲線の一例を示したのが図-1 である。当然のことながら粒径分布には大きな違いが示されている。また、図-1 からは山腹土層と渓床堆積物の wash load 成分の量を読みとることができる。ここで問題のは、wash load 成分の限界粒径をいくらにとるかである。村本⁴⁾は 0.2 mm 、江頭⁵⁾は 0.1 mm をその限界粒径としている。今回は林野土壤調査法によるデータを使用する便宜上 0.2 mm の値を採用することにした。従って ϕ スケール

では wash load 成分に対処するのはほぼ 2ϕ 以下の成分である。以上から山腹土層と溪床堆積物の wash load 成分の量を検討すると、山腹土層が固相に対する重量比で 20% 以上であるのに対して溪床堆積物で 1% 以下となり、当調査の溪床堆積物については wash load 成分をほとんど無視しても良いと言える。このことは逆に $0.2mm$ を限界粒径としたことが、ほぼ妥当であったことを示すことになる。

3.2 林野土壌調査法によるデータの活用

3.2.1 間隙量

内田ら³⁾は東河内流域に 26 の試孔点を選び、 $1m$ 程度までの深さで前述の円筒採土管によるサンプル土壌の採取を行い、土 ($2mm$ 以下)、礫、根の固相と孔隙量 (間隙量) および土の機械的組成を調べている。このデータから土 (V_s) に対する間隙量 (V_v) の体積比と礫 (V_g) に対する間隙量の体積比との関係を示したのが図-2 である。図-2 は V_v/V_s が 3.9 ± 0.7 のほぼ一定の値を示すのに対して、 V_v/V_g の値が極めて大きくバラツキを示している。これは間隙 (但し礫内部の間隙は考慮しない) が土によって支配されていることを意味する。また、 V_v/V_s の値は匍行土、残積土といった堆積様式による違いもほとんど認められない。このことから山腹土層においては、土と間隙量の間には (2) 式のような関係が成立し、土の量が判明すれば間隙量の推定が可能になる。

$$V_v = 3.9 V_s \quad \dots (2)$$

3.2.2 円筒採土管による土壌サンプルデータの礫成分の補正

図-3 は円筒採土管によるサンプルと大土量サンプルおよび崩壊地サンプルの V_g/V_s の値を示したものである。円筒採土管によるサンプルでは、明らかに礫成分が過少に評価されており、その補正が必要になる。補正方法として礫成分が土成分に対して表示されれば都合が良い。図-3 からわかるように V_g/V_s の値にはかなりバラツキがあること、山腹土層の大土量サンプルについてはその数が少ないことと問題点は残されているが、一定の目安を得る意味で V_g/V_s の平均値を使うことにした。大土量サンプルの平均値が 1.8 、崩壊地流送部の平均値が 3.5 であるので、山腹土層の礫成分は (3) 式

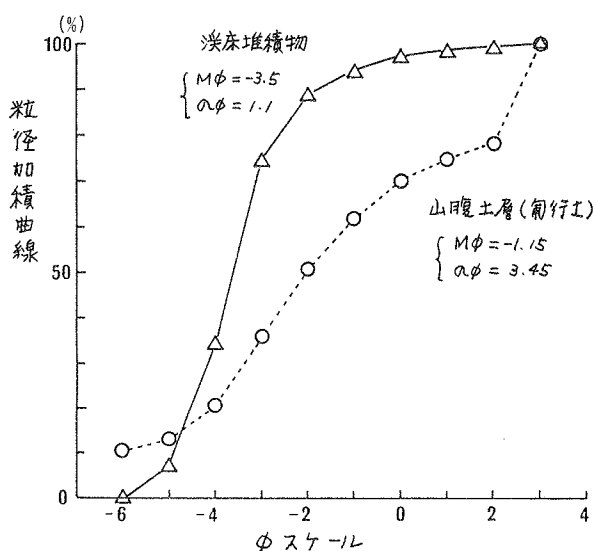


図-1 山腹土層と溪床堆積物の粒径加積曲線

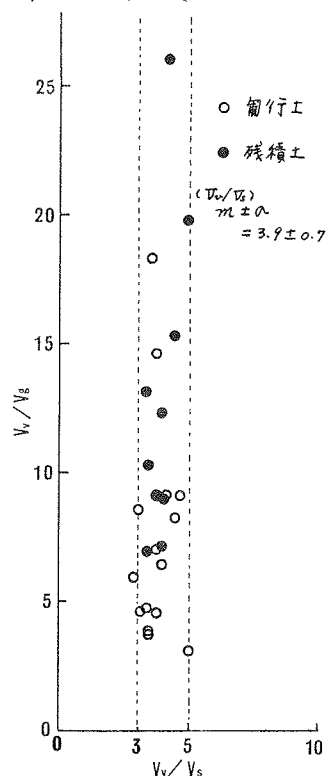


図-2 V_v/V_s と V_v/V_g との関係

により、崩壊地流送部の礫成分は(4)式により推定できることになる。

$$V_g = 1.8 V_s \text{ ---- (3)}$$

$$V_g = 3.5 V_s \text{ ---- (4)}$$

3.2.3 根量

山腹土層の根量(V_r)は、土および礫の量に比べて極めて微量で無視し得るほどのものであるが、円筒採土管によるサンプルでは V_r/V_s の値が0.05±0.04と得られているので、土成分に対して一応(5)式のように表示することができる。崩壊地流送部については根量はさらに少ないと考えられるので、 $V_r=0$ とする。

$$V_r = 0.05 V_s \text{ ---- (5)}$$

3.3 土量変化

3.3.1 浚床堆積物の間隙率

浚床堆積物の間隙率を2ヶ所で調べた。この結果、83%, 85%の値が得られた。計測の精度がそれほど高くないこととサンプル数も少ないことからこれ一つの目安ということになるが、東河内流域の粒径の比較的小さい(図-1)浚床堆積物での間隙率は85%前後と考えることができる。

3.3.2 山腹土層の模式的組成

土の機械的組成は林野土壤調査法による東河内流域のデータでは、粗砂(8~0.2mm)が体積比で83.5±5.9(%), 細砂以下(0.2mm以下)が17.1±5.9(%)である。また、崩壊地流送部では、8~0.25mmの成分が体積比で65.1±5.0(%), 0.25mm以下の成分が34.9±5.0(%)である。(3)~(5)式より山腹土層の模式的な固相組成および間隙率が得られるので、土の機械的組成と考えあわせれば、山腹土層の模式的な物理組成を表わせることになる。この結果を示したのが表-1である。なお、表-1の細砂

以下はwash load成分に相当するので、固相中に占めるwash load成分の体積比は山腹土層で32.2%, 崩壊地流送部で7.7%となる。

3.3.3 山腹土層が崩れて浚床に堆積する際の土量変化

仮りに1%の山腹土層が崩れ、浚床変動に因与しないwash load成分以外がすべて浚床に堆積した場合の土量変化を考えてみると表-2のようになる。表-2は、(1)式の適用にあたってHと $V_s - V_r$ の見かけの体積をそのまま差し引きするのは大きな誤りである

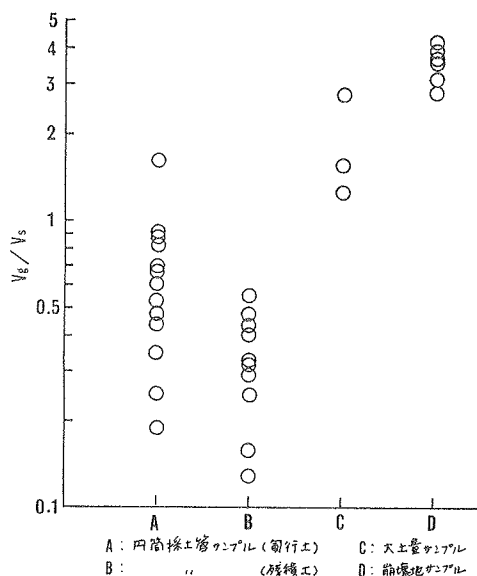


図-3 サンプル量の違いによる V_g/V_s 値の違い

表-1 山腹土層の模式的物理組成

	固 相			間隙率	機械的組成		固相中に占めるwash load成分
	V_s	V_g	V_r		粗砂	細砂以下	
山腹土層	14.8	26.7	0.7	57.8	8.3	91.7	32.2
崩壊地(流送部)	11.9	41.7	0	46.4	65.1	34.9	7.7

単位: 体積%

表-2 土量変化の一例

	山腹土層		浚床堆積物	崩壊地流送部	浚床堆積物
固相	V_s	0.136 0.012	0.148 0.012	0.042 0.077	0.077
	V_g	0.267	0.267	0.417	0.417
	V_r	0.007	0.007	0	0
間隙率		$(0.012+0.267+0.007) \times \frac{2.5}{10} = 0.075$		0.464	$(0.077+0.417) \times \frac{2.5}{10} = 0.165$
計		1	0.381	1	0.659

ことを示している。また、(1)式は山腹土層あるいは渓床堆積物の固相部分に適用してはじめて正しいものとなることも示している。

3.3.4 wash load成分を分離した土砂収支式と土量変換係数

wash load成分は渓床変動に關与しないので、これを分離して土砂収支を考えるほうがより明確に問題を把握できる。そこで wash load成分を分離して(1)式を表現すれば(1)'式のようになる。さらに(1)'式はダム域以外では、(6)、(7)式のように表わせる。(1)'式および(6)、(7)式とも(1)式と同様に、山腹土層あるいは渓床堆積物の固相部分に適用してはじめて正しいものとなる。従って、これらの式により土砂収支を検討するためには、山腹土層あるいは渓床堆積物の見かけ体積に対する固相部分の土量変換係数が wash load成分も考慮して求められていることが前提となる。

表-3は、山腹土層の模式的物理組成(表-1)より東河内流域での土量変換係数を求めたものである。

表-3 土量変換係数

$$R_b + R_w = H_b + H_w - (V_2 - V_1) \dots (1)'$$

$$\begin{cases} R_b = H_b - (V_2 - V_1) \dots (6) \\ R_w = H_w \dots (7) \end{cases} \quad \text{但し, } R = R_b + R_w \quad H = H_b + H_w$$

H_b : 山腹土層中の wash load成分以外の量

H_w : 山腹土層中の wash load成分の量

R_w : wash load成分の対象区域外への流出量

	山腹土層	崩壊地流域	溪床堆積物	
見かけ体積	1	1	1	
固相体積	wash load 成分 上記以外	0.14 } 0.42 0.28	0.04 } 0.53 0.49	0 } 0.75 0.75

R_b : 渓床変動に關与しながら対象区域外へ

流出する量

4 おわりに

今回の報告は、山腹土層に限られており、岩盤が崩れた際の土量変化については別途検討する必要がある。また、大土量のサンプル数あるいは渓床堆積物の間隙率測定のためのサンプル数が少ないので、今後サンプル数を増やす必要がある。しかし、土砂収支式は山腹土層あるいは渓床堆積物の固相部分に対して適用すべきことの指摘、wash load成分を分離した(1)'式あるいは(6)、(7)式の提案は、これからの東河内流域の土砂収支検討をより明確なものにさせるであろう。最後になったが、現地調査に対して多大の御便宜を計って下さった砂坂元平氏をはじめとする筑波大学農林技術センター・井川渡智林の職員の皆様によりお礼申し上げる。

引用文献

- 1) 眞板秀二ほか: 溪流河道における土砂の自然調節量の実測例, 94回日林論, 1983
- 2) 武尾有恒ほか: 地すべり・崩壊・土石流, 鹿島出版会, 1980
- 3) 坂田煌二・中村義司: 大井川流域の土壌, 文部省科研報告書, 1980
- 4) 眞板秀二: 崩壊地における岩屑の移動・堆積と植生侵入, 砂防学会発表要集, 1983
- 5) 村本嘉雄ほか: 大戸川における微細土砂の流送過程について, 京大防災研年報 16B, 1973
- 6) 江頭達治・芦田和雄: 山地流域における微細土砂の生産場と流出過程に関する研究,

京大防災研年報 24B, 1981