

流砂量比と堆積地の変形過程について

土工らし

国土防災技術北海道株式会社

〇九石公道

松山洋平

森 美佳

中葉 保

朝日敏治

北海道稚内土木現業所利尻出張所

斉藤友幸

台丸谷潤

1 はじめに

河道内の土砂移動の実態を把握する上で困難なことは、土砂移動現象そのものを直接観察する機会が非常に稀であり、實際上ほぼ不可能であることが一つの理由である。河道内には、河床変動に伴って形成される河床堆積地が無数に存在しているが、この堆積微地形は、一連の土砂移動痕跡として河道内に残存したものである。河道内における土砂移動の現象を説明する上では、この堆積微地形の形成と変形（消失）過程を知ることが非常に重要となる。本報告はこの堆積微地形に注目し、河床変動調査をもとに、形成と変形について検討したものである。

2 堆積地の変形過程

新谷(2001)によれば、堆積地変形過程について、堆積地の形成は不連続性の高いランダムな土砂移動現象の中で、ある地点における増水時の一時的な土砂流入による河床上昇と、減水時における洗掘を含んだ堆積作用によっており、一旦急激に上昇した河床堆積地面は、その後の移動時に変形を受けて段丘化していく¹⁾。本検討ではこの推定に着目し、河床変動について検討する。

いま、ある規模に対する河道形状を模式的に図-2のように表す。このとき、堆積或いは洗掘量を ΔQ_B とすれば、 $\Delta Q_B = Q_{B1} - Q_{B0}$ と表され、これを Q_{B0} で除して整理すれば、次式を得る。

$$\left. \begin{array}{l} Q_{B1}/Q_{B0} > 1 : \text{洗掘} \\ = 1 : \text{変動なし} \\ < 1 : \text{堆積} \end{array} \right\} \quad (1)$$

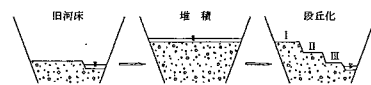
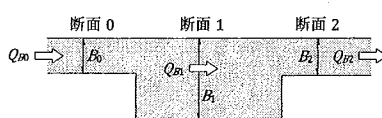
図-1 堆積地の変形過程¹⁾

図-2 幅が変化する河道の模式図

式(1)の流砂量比は、Brown式及びManning式に基づいて幅及び勾配のみの関数として表すことができる。即ち

$$Q_{B1}/Q_{B0} = p^m q^n = \alpha \quad \text{ただし、} p = B_1/B_0, q = i_1/i_0 \quad (2)$$

となる。河床変動は Q_{B0} と Q_{B1} の差であり、これは幅 B 及び勾配 i の変化として表されることを示す。ここで、この勾配 i についていえば、上流からの土砂供給による動的な平衡勾配として理解される。

一方、上流からの土砂の供給が無い場合には、河床は静的平衡勾配を形成するといわれている。静的平衡勾配は、限界掃流力から算定することができる。掃流力及び限界掃流力を与え、両者を等しいとして勾配について整理すれば、次のようになる。

$$u_*^2 = ghi \quad , \quad u_{*c}^2 = 80.9d \quad , \quad i = \frac{80.9d}{gh} \quad (3)$$

これを上下流の勾配の比で表すと、

$$\frac{i_1}{i_0} = \frac{h_0 d_1}{h_1 d_0} \quad (4)$$

水深比及び礫径比を $p = B_1/B_0$ 、 $q = i_1/i_0$ として h_1/h_0 、 $d_1/d_0 = p^m q^n$ の形式で表し、式(4)に代入すれば、式(5)を得る。

$$i_1 = \frac{\alpha_h}{\alpha_d} i_0 \quad (5)$$

これが減水時の勾配として算定される、いわゆる静的平衡勾配となる。

3 堆積・洗掘勾配の算定

図-3に示すように、ある一定勾配上で河床幅が変化した場合、流砂量比 α は次式(6)のように幅のみの影響として与え、その量を流しうる勾配として式(7)より堆積勾配、いわゆる動的な平衡勾配を算定することができる。

$$\alpha = \left(\frac{B_1}{B_0}\right)^m \quad (6) \quad , \quad i_1 = \alpha^{\frac{1}{n}} i_0 \quad (7)$$

ただし、 α は流砂量比、 B は流下幅、 i は河床勾配であり、添字0は上流側、1は下流側を表す。ここで、図-3に示すように、幅の拡大及び縮小の場合について考える。幅比 B_1/B_0 をパラメーターとして式(6)及び(7)の関係を示すと、以下ようになる。

$$\begin{aligned} B_1/B_0 > 1 & : \alpha < 1 \text{ (堆積)} & \therefore i_1 < i_0 \text{ (緩くなる)} \\ = 1 & : \alpha = 1 \text{ (変動なし)} & \therefore i_1 = i_0 \text{ (変わらない)} \\ < 1 & : \alpha > 1 \text{ (洗掘)} & \therefore i_1 > i_0 \text{ (急になる)} \end{aligned}$$

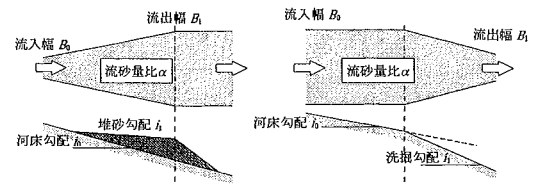


図-3 幅の変化による堆積・洗掘と河床勾配

4 現地形の堆積地形形状

平成18年10月に北海道利尻富士町のアフトロマナイ川で土石流が発生し、北海道ではこの直後に現地調査を実施した。上流域においては、堆積・洗掘作用による典型的な階段地形が形成されている。平成14年と平成18年に実施された横断測量結果から、堆積・洗掘を示したものを図-5に示す。上流2断面では現流路部の河床低下が著しく500m程度下流の2断面では幅広く土砂が堆積している。これは幅が狭い地点では洗掘が生じ、幅が広い地点では堆積を示す一例となる。

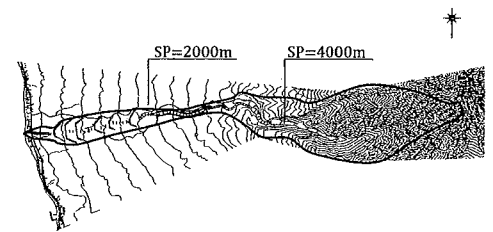


図-4 アフトロマナイ川流域

ここで、横断地形に着目すると、SP=4667.83mでは左岸側に大きく2つの面があり、SP=4587.83mでは高いほうの面はほとんど消失している。下流側のSP=4127.83mでは左岸側に狭い階段地形が形成されており、SP=4047.83mではその面が若干広くなる。このことから、いくつかの幅があることがわかるが、この幅はそれぞれある規模に対する幅を表している。これらの形成過程は、堆積地の形成年代と流砂量比を用いて検討することができる。さらに、上流側2断面における洗掘幅 B_0 、下流側2断面における堆積幅 B_1 は、それぞれ概ね一致している。

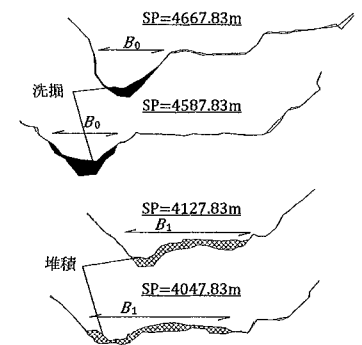


図-5 上流域の横断地形

図-6に堆積地の縦断形状を示す。堆積地はその年代規模に応じた幅が狭くなると消失している。堆積地上面はある一定勾配を呈しているが、幅の縮小によって下流側で堆積地が消失する地点では、堆積地前面の勾配が急になっており、上述のような勾配の考え方も一致する。さらに、その堆積地が多段に重なるように形成されていることも窺い知ることができる。

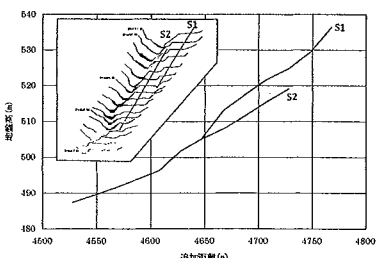


図-6 堆積地の縦断形状

5 おわりに

新谷は、土砂移動の特徴として、時間的・空間的に不連続な現象であると述べている。一方、本報告では河床変動を河道形状から説明した。この違いは、土砂移動規模が発生毎に異なること、一洪水時においても流域間で異なること、さらに流域内において、地形条件、特に河道幅がそれぞれの地点で発生頻度毎に異なること等から生じているものと推定される。

1) 新谷 融ほか(2001): 流域動態の認識とその方法、北海道大学図書刊行会、p.145.