

○権田豊(新潟大学農学部)

宮田秀介・長谷川祐治・堤大三(京都大学防災研究所)

中谷加奈(京都大学農学部) 今泉文寿(静岡大学農学部)

## 1. はじめに

現在、砂防工学の分野では、河川の総合土砂管理を背景に Step-Pool が存在する溪流における流砂量の定量的な把握が重要な課題となっている。Step-Pool の存在する溪流における流砂量式は、藤田ら(2000)により式1(以下藤田式)のように提案されているが、この式は、実河川への適用性の検証が不十分という課題を抱えている。そこで本研究では、現地排砂実験を実施し、藤田式により推定される流砂量と実測値それぞれを比較し、藤田式の実河川への適用性を検討した。

$$q_{so} = 2.015 \times 10^{-6} \times \sqrt{(\sigma/\rho - 1)gd_m^3} \times$$

$$\left\{ \frac{7.207\alpha^2 q^{\frac{4}{3}}}{(\sigma/\rho - 1)gd_m(0.745V_w^{\frac{1}{2}} + 0.37q^{\frac{2}{3}})} \right\}^{6.62} \quad (1)$$

ここで、 $q_{so}$ :プールから流出する単位幅流砂量( $m^2/s$ )、 $\sigma$ :砂礫の密度( $kg/m^3$ )、 $\rho$ :水の密度( $kg/m^3$ )、 $g$ :重力加速度( $m/s^2$ )、 $d_m$ :砂礫の平均粒径( $m$ )、 $q$ :単位幅流量( $m^2/s$ )、 $V_w$ :プールの単位幅未堆砂容積( $m^2$ )、 $\alpha$ :係数(=0.41)である。

## 2. 調査地および調査方法の概要

2015年11月25日、2016年7月3日に京大防災研穂高砂防観測所ヒル谷試験流域において、試験堰堤及びその周辺から溪流に土砂を供給した(表1)。試験堰堤の約40m下流のPool(幅0.6m、長さ1.2m)において、30cm間隔で堆砂面の高さを10分~20分間隔でレベル測量してPoolの未堆砂容積を算出した。流砂量はPool下流において、ポータブルハイドロフォンで1~30分間隔で、Helley-Smith Sampler(以下サンプラー)で(10~20分間隔)で計測した。

表1. 実験条件

	2015.11.25	2016.7.3
流量	0.072m <sup>2</sup> /s	0.17m <sup>2</sup> /s
排砂時間	4.5時間(10:15~14:40)	50分(9:25~10:15)
平均粒径(サンプラー)	2.5mm	5.7mm
総土砂量	約22m <sup>3</sup>	約6m <sup>3</sup>
排砂方法	試験堰堤に溜まった土砂をかき出して下流へ排出	実験用の土砂(購入)をバケツで河道に下ろし、投入

## 3. 結果

2015年11月25日の実験では、排砂を開始した44分後の10:59から未堆砂容積は減少をはじめ、それから40分後の11:39でほぼ最小値(満砂)となった(図1)。2016年7月3日の実験では、排砂を開始した62分後の10:27から減少をはじめ、それから30分後の10:57でほぼ最小値(満砂)となった。

Poolから流出した流砂量の時間変化を図4-11に示す。2015年11月25日の実験では、サンプラー・ハ

イドロフォンの値とともに満砂する約10分前から増加したが、サンプラーの値は増加を続け、ハイドロフォンの値は増減を繰り返した。2016年7月3日の実験では、サンプラーの値は満砂する直前に増加し、その後増減を繰り返した。

Poolから流出した流砂量の平均粒径の時間変化を図4-12に示す。2015年11月25日の実験では、サンプラーとハイドロフォンの値は11:30まではほぼ一致していたが、それ以降はハイドロフォンの値が著しく大きくなる結果となった。2016年7月3日の実験では、サンプラーの値は開始直後に一時的に高い値をとったが、その後はほぼ一定の値をとった。

式2.9に計測した流砂の粒径(ハイドロフォン・サンプラー)、Poolの未堆砂容積、流量を代入して推定した流砂量と、ハイドロフォン・サンプラーで計測した流砂量の実測値を比較した。流砂量の推定値は、Poolの未堆砂容積・流量は計測値をそのまま用い、粒径は与え方を様々に変えて計算した(図2)。

2015年の結果については、粒径にハイドロフォンの実測値  $dmh$  を与えて計算した場合(①)は、Poolが満砂するまでは流砂量の推定値とハイドロフォンの実測値は概ね一致していたが、それ以降実測値は増加するのに対し推定値は減少し、両者が著しく異なる結果となった。これは、Poolが満砂した後の  $dmh$  がそれ以前に比べ1オーダー程度大きくなり、推定値が著しく小さくなったためだと考えられる。粒径にサンプラーの実測値  $dms$  を与えて計算した場合(②)は、流砂量の推定値の時間変動が大きく計測期間を通してサンプラー・ハイドロフォン両方の実測値と合わない時間帯が多かった。①では、Poolが満砂する以前、以後の時間帯で  $dmh$  が同オーダーの値をとっているのに対し、②では計測時間によって  $dms$  が変化し異なるオーダーの値をとることが多く、それが流砂量式に反映されたためだと考えられる。粒径を  $dmh$  の平均値で一定として計算した場合(③)と、粒径を  $dms$  の平均値で一定として計算した場合(④)は、実測値と推定値の時間変化の傾向はほぼ一致しているが、実測値より推定値が小さかった。

2016年の結果については、粒径に  $dms$  を与えて計算した場合(⑦)は、実測値と推定値が合っている時間もあるが、満砂後、実測値はほぼ一定値をとるが推定値は徐々に減少した。粒径を  $dms$  の平均値で一定として計算した場合(⑧)は、満砂するまでは推定値と実測値が合っているところもあるが、満砂後は推定値が実測値よ

りも小さくなった。粒径を  $d_{ms}$  の最小値で一定として計算した場合(㉑)は、実測値と推定値の時間変化の傾向はほぼ一致しているが、実測値より推定値が大きかった。

#### 4. おわりに

本研究により、藤田式により Step-Pool が存在する溪流の流砂量を推定しようとする場合、粒径の与え方が重要な鍵となることが示唆された。また、Pool が満砂後、実測値と推定値が合わない傾向がみ

られた。これは満砂後の Pool では河床が上昇し Pool が平坦になっているため、Pool の底の土砂が侵食されて Pool から流出することを想定している藤田式では、Pool の満砂後の流砂量は正しく推定できなかったためと推測される。藤田式の実河川への適用性の検証をさらに進めるためには、ハイドロフォンとサンプラーで計測値に差異が生じた原因、特に粒径の計測値に著しい差が生じた原因を明らかにし、その上で計測事例を積み重ねる必要がある。

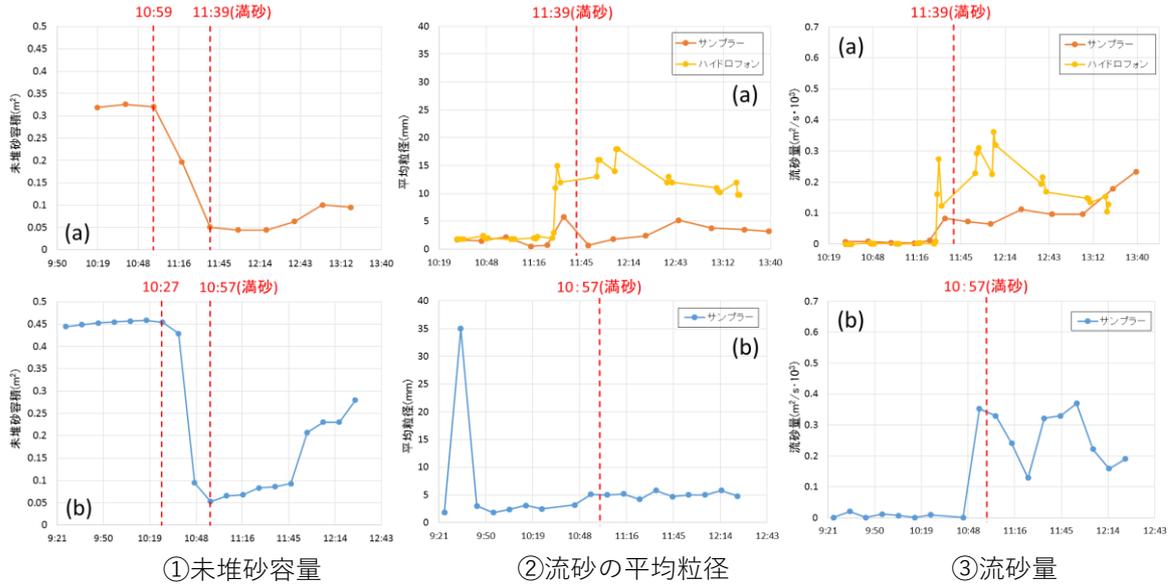


図 1. 未堆砂容量，平均粒径，流砂量の経時変化 (a:2016 年 11 月 25 日，b:2016 年 7 月 3 日)

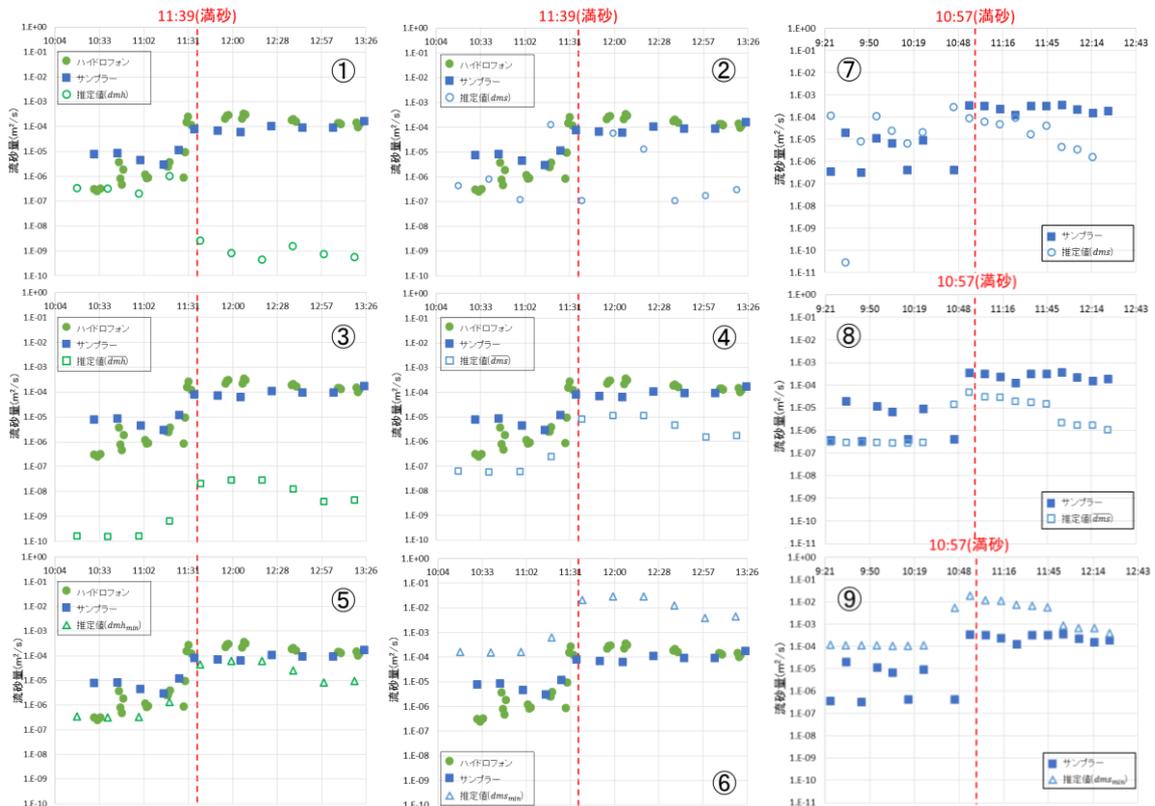


図 2. 粒径の与え方が藤田式による流砂量の推定値に与える影響