

Wash Load 算定のためのモデルについて

京都大学防災研究所 正員 村本 嘉雄

同上 正員・道上 正規

同上 正員 下島 栄一

1. まえがき 河川における流送土砂のうちの掃流砂および浮流砂量の予知法は、河床砂の粒度構成と河道の水理量に基づいて行なわれてきており、その結果これらを算定することがある程度可能となっている。しかし、wash load に関しては、その粒度範囲のものが河床材料に存在しないために、上記の予知法は適用できず、定量的な予測は困難視されている。著者らは、大牟川流域(流域面積189km²)の流域調査および治水観測に基づいて、wash load の実態把握をはじるとともに、水理学的方法による出水はらびに wash load の計算を行なったので、その結果について報告する。

2. 流送土砂の特性 流送土砂、河床砂および山腹斜面の粒度分布を示したものが図-1 であるが、浮遊形式で流送される土砂のうちで、河床材料に含まれていない微細粒子のものが存在していることがうかがえる。ここでは、微細粒子の上限の粒径を0.2mmと設定して、これ以下の粒子の輸送形態を wash load と定義した。一方、山腹斜面の粒度構成においては、このような wash load にがりうる粒子が存在すること図-1は示しており、wash load の算定にたいして、山腹斜面の粒度構成も水理量に重要な役割を演じていることを暗示しているといえよう。

3. 流域のモデル化 全流域を主要な支川の合流に注目して、13流域に区分し、1/2万の地形図から流域形状を求めた。裸地分布は、昭和39年に作製された1/1万の地形図と昭和45年の空中写真を対比しながら各流域ごとに求めた。流域区分と裸地面積比率(%)が図-2に示されており、平均裸地面積比率は4.9%で、それ以上の流域はハッチングで示している。流出計算に必要な特性量は、大鳥居地先の昭和40～44年の約50出水の観測資料より求めた。

4. 流出計算 山腹斜面における土砂の流送は、表面流によって生じると考えて、流出計算は中間流、表面流および河道流を分離して、kinematic wave法によった。初期損失は、大鳥居における基底流量が1.3 m³/s以上で、0mm、1.3 m³/s以下で20mmと1区。有効降雨は、流出率を0.4として算定するとともに、中間流の最大流量を30 m³/s(大鳥居)、A区の厚さ $\gamma D=16$ mm、 $k/\gamma=3.9$ cm/s(k :浸透係数)として、中間流の計算を行なった。また、表面流には、算個粗度係数0.3、 $P=0.6$ 、河道流には、断面定数として、 $P=0.69$

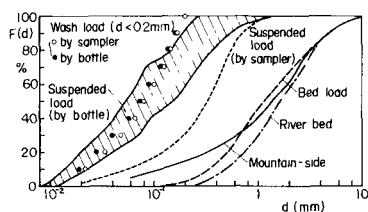


図-1 流送土砂の粒度特性

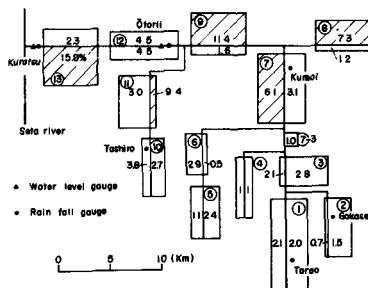


図-2 流域のモデル化

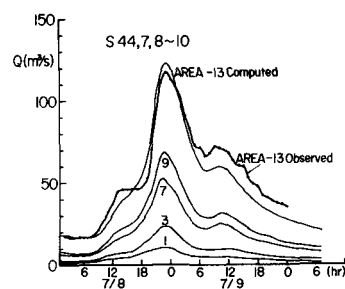


図-3 各流域のハイドログラフ

～0.77, $K=0.55 \sim 1.60$ を用いて計算を行なうと、流域下流端で計算値と実測値と比較した結果が図-3, 4である。ピーク流量の小い場合は、計算値と実測値は比較的一致しているが、流量の大きい場合には若干ずれが生じている。

5. wash load の算定 斜面下端での微細粒子の流砂量は次式で表わされるものとする。

$$g_s = 10 U_{*c}^5 P_s (A_b/A) / (\sigma/\rho - 1)^3 g^2 d_m \quad (1)$$

$$= 10 e^5 g^{1/2} (\sin \phi)^{3/4} (n')^{1/2} (A_b/A) P_s / (\sigma/\rho - 1)^3 d_m \quad (1')$$

ここに、 U_{*c} :有効摩擦速度, P_s : 0.2mm 以下の粒子の占める割合, A_b/A : 裸地面積比率, $e = U_{*c}/U_{*}$, $\sin \phi$: 斜面こう配, n' : 等価粗度係数, g : 表面流の流量である。つまり、wash load の河道伝播に関しては、すべて浮遊形式で輸送され、濃度の一分布、拡散項の省略など仮定すると、

$$\left. \begin{aligned} \partial C/\partial t + \partial QC/\partial x &= g_s \sin \phi \\ \partial F/\partial t + \partial Q/\partial x &= g \sin \phi, \quad F = KQP \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

のように表わされ、 $e=0.5$ として計算した結果が図-5である。ここに、 g : 横流入量, $\sin \phi$: 流入角, F : 河道断面積, C : wash load の濃度である。この図から、両斜面長の間に大きな差があるため、中間流と表面流の流量割合に差異が生じ、河道流量が同一であっても、濃度が相違して、濃度～流量曲線がループをえがくことが理解される。図-6は、wash load の流達過程をおしきもって、流域の最下流端において実測値と計算値が比較されているが、両者はかなりよく一致しており、このような方法で wash load を算定できることを示しているといえよう。しかし、このような計算法は経験があるので、大平川流域を1つの斜面で置換できるものと考え、(1)式を変形した

$C = 10 e^5 g^{1/2} (\sin \phi)^{3/4} (n')^{1/2} (1 - Q_{sub}/Q)^{3/2} (Q/L)^{1/2} P_s (A_b/A) / (\sigma/\rho - 1)^3 d_m \quad (3)$ を用いて、濃度を計算した結果が図-7の実線である。ここに、 Q_{sub} : 中間流の流量, L : 河道長である。(3)式と特性曲線法による結果とはほぼ一致しており、流域面積の小さいところではこうした近似的方法で wash load を算定できるものと考えられる。その詳細については、講演時に述べる。

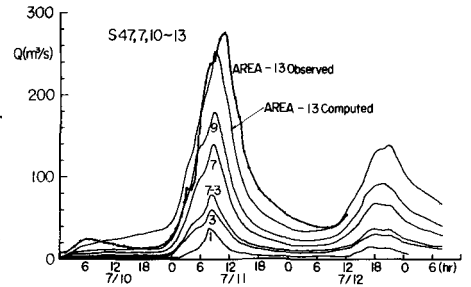


図-4 各流域のハイドログラフ

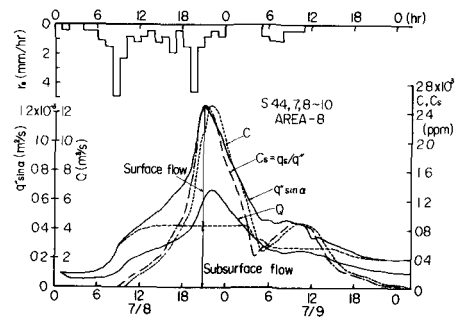


図-5 斜面下端の水理特性と濃度の形成過程

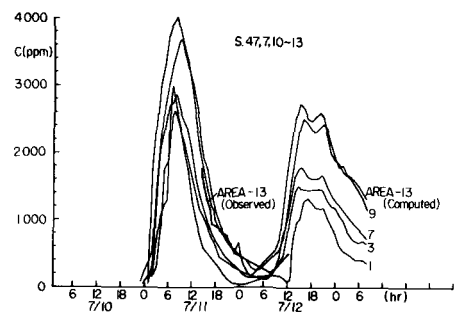


図-6 各流域の wash load 特性

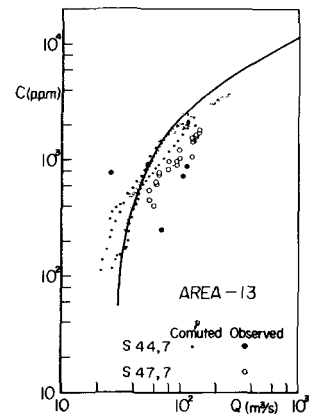


図-7 濃度と流量の関係