

河道における濁度物質の生産・流出機構に関する研究

京都大学防災研究所 正員 芦田 和男
 京都大学防災研究所 正員 江頭 進治
 日本建設コンサルタント 正員 小川 義忠
 京都大学工学部 学生員 ○大槻 英樹

1. まえがき 微細土砂の輸送量や流水濃度に関する水理学的な予測法を確立するには、河道における微細土砂の流出機構の究明が必要である。主要な流出機構として、河道堆積物の侵食・堆積および流水と間隙水との交換現象¹⁾が考えられ、本報においては、これらの機構を考慮した微細土砂の流出モデルを提案するとともに、モデルに含まれるパラメータについて、実験的検討を行う。

2. 微細土砂の流出モデル

上述の機構による微細土砂の流出は、側岸侵食量 $\partial x/\partial t$ 、河床変動量 $\partial z_b/\partial t$ 、側岸および河床における交換速度 V_{es} 、 V_{eb} を用いて表示でき、これを模式的に示すと図-1のようである。ここで、添字 a および b は、側岸および河床における諸量を意味するものとし、側岸における現象について説明を加えれば、つぎのようである。堆積物中の微細土砂の含有率を p_{fs} 、これをさらに、侵食と同時に流出する成分 δ_{is} 、粗い粒子の輸送過程において剥離する成分 δ_{ss} および最後まで剥離しない成分 δ_{bs} に分けると、 $\delta_{is} + \delta_{ss} + \delta_{bs} = 1$ である。側岸侵食に伴う流出成分は、間隙水中に浮遊している成分の流出も考慮して、 $\rho_e C_s f_s + \sigma \delta_{is} p_{fs} f_s$ と表示される。(図-1①)ここに、 ρ 、 σ ：水および土砂粒子の密度、 e ：堆積物の間隙比である。また、粗い粒子の輸送過程における流出(③)は、剥離過程に要する時間が短かければ、近似的に $\sigma \delta_{ss} p_{fs} f_s$ と置けるので、 $\delta_{is} + \delta_{ss} = \delta'_{is}$ として、機構①に含めることができる。交換による流出量は、流水濃度 C 、間隙水濃度 C_s とすれば、 $2\rho\lambda sh(C_s - C)V_{es}$ と表示できる。(②)河床における流出も同様に議論できる。以上の機構を考慮して作られる微細土砂の収支式と、

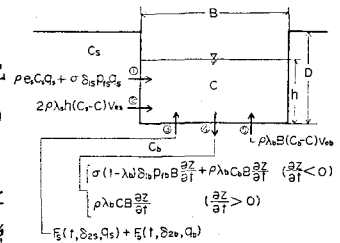


図-1. 微細土砂のフラックス

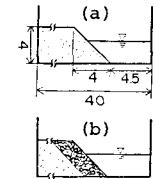


図-2. (Exp. II) 初期河床横断面

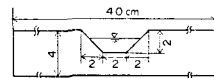


図-3. (Exp. III) 初期河床横断面

流体に関する連続式 $\partial Q/\partial x + \partial Q_s/\partial x = C_s f_s - \lambda_b B \partial^2 z_b/\partial x^2$ を用いると、次式が導かれる。

$$\partial C/\partial t + Q/A \cdot \partial C/\partial x = k_1 - k_2 C \quad (1)$$

ここに、 $k_1 = \{ (e C_s + \sigma p_{fs} \delta_{is}) f_s + \lambda_b B C_b V_{eb} + 2 \lambda s h C_s V_{es} - [\lambda_b C_b B \partial^2 z_b/\partial x^2 + \sigma p_{fs} \delta_{ss} (1 - \lambda_b) B \partial^2 z_b/\partial x^2 - \lambda_b B \partial^2 z_b/\partial x^2] \} / A$ 、 $k_2 =$

$(e C_s f_s + \lambda_b B V_{eb} + 2 \lambda s h V_{es}) / A$ である。ただし、河床上昇 $\partial z_b/\partial t > 0$ のときは、[] の項は0となる。上式において、一般に $C_s \div C_b \div 0$ とでき、 p_{fs} および p_{fb} を与えて、 f_s 、 $\partial z_b/\partial t$ 、 V_{es} 、 V_{eb} 、 δ'_{is} および δ'_{ss} を設定すれば、微細土砂の濃度および輸送量が算定される。これらのパラメータのうち、現象に対して最も支配的なものは、 f_s 、 V_{eb} および δ'_{is} ($= \delta_{is} + \delta_{ss}$) であり、以下 V_{eb} および

表-1. 実験条件 (a) Exp. I

NO.	I_b	Q_s	C_s	B	G_s	λ	duration
		(cm ³ /s)	(g/cm ³)	(cm)	(cm)		(min)
1	0.01	850	9.23	40	0.045	0.45	3.15
2	"	825	10.13	"	"	"	3.24
3	"	634	10.17	20	"	"	5.18
4	"	481	10.22	46	0.145	0.42	8.57
5	"	695	11.55	20	"	"	4.44
6	"	257	11.93	"	"	"	3.93
7	"	232	11.62	40	0.255	0.42	24.54
8	"	464	11.39	"	"	"	9.30
9	"	823	11.82	"	"	"	7.26
10	"	952	11.24	20	"	"	4.10

(b) Exp. II

I_b	Q	d_m	λ	Bank
	(cm ³ /s)	(cm)		
0.01	795	0.049	0.45	erodible
"	"	0.557	"	fixed

(c) Exp. III

I_b	Q	d_m	λ
	(cm ³ /s)	(cm)	
0.01	124	0.049	0.46

KAZUO ASHIDA, SHINJI EGASHIRA, YOSHITADA OGAWA, HIDEKI ÔUTSUKI

δ_b に関して実験的に考察する。

3. 実験およびその結果の考察 幅40cm、深さ15cmのアクリル製長方形断面水路を用いて、表-1に示すような3種類の実験が行われた。また、微細土砂としてパールクレイが、堆積物中の粗い成分として平均粒径 $d_m = 0.049, 0.143, 0.259$ および 0.557 cmの砂が用いられた。Exp. I は、粗い砂を水路床に敷きならし、パールクレイを用いて作られた濁水 (C_0 ppm) を上流端から定期的に給水し、その濃度の縦断変化から、交換速度 V_{ex} を調べるための実験で、Exp. II は、水路右岸の1mの区間にパールクレイと $d_m = 0.049$ cmの砂の混合物を図-2(a)のような断面に整形して受食性区間を設け、その上流部0.5mと下流部2.5m区間の右岸に、 $d_m = 0.557$ cmの砂を図-2(b)のように敷きならして固定側岸とし、上流端から清水を給水して、流水濃度の変化や側岸から侵食されて河床に堆積した材料の粒度分布より、 δ_{b1} 、 δ_{b2} および δ_{b3} を調べることを目的とした実験である。Exp. III は、(1)式の検証をするために行われた実験である。この実験では、パールクレイと $d_m = 0.049$ cmの砂の混合物を4m区間にわたって、図-3のような断面に敷きならし、上流端より清水を給水して流水濃度や河道変動量の場所的・時間的变化が測定されている。

図-4は、 V_{ex} に関する実験値を示したもので、間隙率 α が一定の場合、次元解析の考察より V_{ex}/u_* は、 u_*d/ν および k/d の関数になることが導けるが、図より明らかなように、 V_{ex}/u_* は、ほぼ一定で、 V_{ex} は摩擦速度にほぼ比例することがわかる。図-5は、河床に堆積したものに含まれるパールクレイの含有率 p_m の場所的变化を示したもので、同図より、受食性区間の下流部において、 p_m は0.1~0.2%の範囲にあり、しかも、ほぼ一定であることがわかる。これは、この種の実験条件においては、 δ_{b1} が小さく、また、 $p_m \delta_{b1}$ の剥離過程に要する時間が短く、 $\delta_{b1} + \delta_{b2} = \delta_{b1}'$ とし、 δ_{b1}' とし、 δ_{b1}' とし、さらには δ_{b1}' を与えて、(1)式より算定される水路下流端における輸送量の累加分布と、Exp. II の結果とを比較したものであって、同図より、両者は、よく一致していることがわかる。

4. あとがき 河道における微細土砂の流出モデルを提案するとともに、モデルに含まれる二~三のパラメータについて実験的考察を加え、図-4,5に示すような興味ある結果を得るとともに、本流出モデルの妥当性も示された。なお、流出モデルに関する種々の適用例については、講演時に述べる。

〈参考文献〉1) 芦田・江頭・小川：土木学会関西支部年次学術講演会，II-59，1978

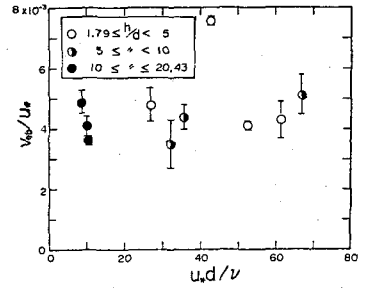


図-4. k/d をパラメータとする交換速度の無次元量と砂粒レイルス数の関係

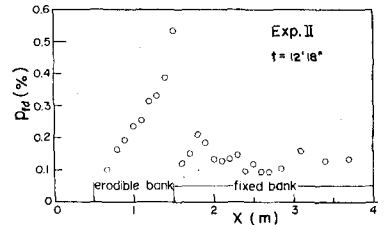


図-5 河床堆積物における微細土砂の含有率の場所的变化

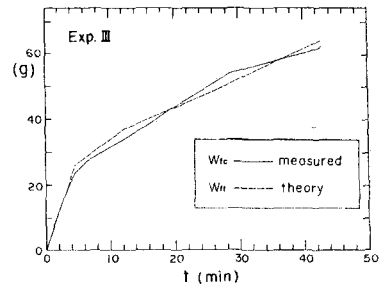


図-6 実験濃度および計算濃度より見積られる、微細土砂の流出量に関する累加曲線