

広島県庁 正会員 ○脇本 修 自
大阪大学工学部 正会員 末石 富太郎
大阪大学工学部 正会員 盛岡 通

1. はじめに

従来, Sediment — 濁質・底質・汚泥など — の輸送特性に関しては, ストックとフローの相にわけて別に取り扱われる場合が多く, 前者に対しては現存密度で, 後者に対しては掃流量公式などで把握されてきた。しかし, 水とSedimentとの交互作用をみると, ストックがその空間的特性に, 逆にフローが時間的特性によって特徴づけられる面が強いために両者の隔たりが大きくなり, 一括した取り扱いを困難にしてきた。本研究は, この両者の間を埋めるため, 輸送特性に關する時空間尺度をその階層性に注目して整理した上で, Sedimentの量的尺度をこの時空間尺度に対応した境界概念により規定・評価しようとする一つの試みである。

2. 「時空間尺度」

Sediment の輸送特性は, 表-1に示すように, 様々な時空間尺度により把握される現象のなかに見いだされる。しかし, その関連は複層的であり, 単一指標・現象の理解は可能としても, 各指標・現象の時空間尺度の齊合化なしに全体の特性の理解は困難である。一般的には, ある時空間尺度に対して小さい尺度により把握されるような現象は積分値で, 逆に大きな尺度によるものは微分値で, 複合現象の齊合化が試みられる。その過程では確率・統計量を導入するなどを含め, 何らかの新しい原則・方法を確立する必要がある。

ストックの指標である現存密度はその次元に直接には時間を含まないが, ある時間尺度に対応した境界概念を導入することにより時間的に規定することができる。例えば, 山地におけるSedimentの現存密度は時間を考慮しない場合は無限大に近いが, 年平均産出量は0.1 (mm/年)程度であり, 1年オーダーでは0.1 (mm) をSedimentの境界と考えることができる。このような境界内のそれをLiving Sedimentと名づけ, “ある時間尺度に対して水との交互作用に關与する領域に存在するSediment”と定義する。(以下L.S.と略記する。表-2参照)

現象の変量の動的変動特性を検討することにより, 対応する時空間尺度を推定できる。表-3は淀川の6ヶ月連続データをもとに解析した結果であり, SS負荷量については7~10日が1つの基本的な時間尺度といえる。

表-1 時空間尺度の階層的関係

時間尺度	空間尺度	Sedimentation	水文・水理現象 etc.	制 御	数 学 的 事 象
minute	末端K路	限界掃流力 局所掃流量	波浪の強度 降雨強度 粗度係数	(構造負荷の)カット	$\frac{dx}{dt}$ 確率量 X
hour		水深/流速速度 汚濁負荷量	G-value ピーク流量	的 制沈物池 (制)	X max.
day	単位排水区	発生原単位 雨天時流速量	降雨量 降下蒸発比数	流量コントロール 水 制 (非 掃 流 深 な 如 制 社会計画	
week	流域下水道	汚濁物流速率	晴天蒸発比数		
month	河川システム		月周潮		$\int x dt$
year	流域	平均堆積量 平均発生量	平均降雨量 流域開発 気象変動		統計量
decade	地域	原単位変化率	富栄養化 植生の変化		$\frac{d(\int x dt)}{dt}$

表-2 L.S. の具体例

位 置	交互作用	要因・因子	時間尺度	L.S.の性格
山地・裸地	雨滴による はく離	降 雨 (日変動大)	年	平均量 (0.1~1mm)
都市河川	流水による 掃流	海潮速度 (潮汐)	日	時間変動大 (10 ⁻² g/m ²)
下水道	降雨流水に よる掃流	降 雨 晴天蒸発比数	週	無降雨時には 直線的に増加
海 域	海 出 掃 流	温度・生物 潮汐・波力	月 年	季節変動大(10cm) 平均量(1mm)
表層水	沈 降	波浪強度 (空間変動大)	時	SSからwash- loadを除いたもの

表-3 負荷特性解析結果

平均到着間隔		1	4	7	10
アラン・グ の公式	河川流量	4.23	4.73	4.84	5.01
	SS-load	0.70	0.83	0.97	1.02

現象の変量は、時空間尺度を大きくとるにしたいが、確率量⇔平均量⇔トレンドにより把握されよう。逆に、このような変量により時空間尺度の階層的関係を規定できる。L.S.の概念を基礎に出生死滅過程のモデルを用いて検討した例を図-1に示す。ここでは出生はSedimentの到着を、死滅はSedimentが水の力学的作用により系から除去されることを表わす。この簡単なモデルで現存密度の動的変動特性を検討し、期待値や変動係数などの指標を用いることにより、L.S.の定量的把握ならびに時空間尺度の階層的関係の整理が可能である。

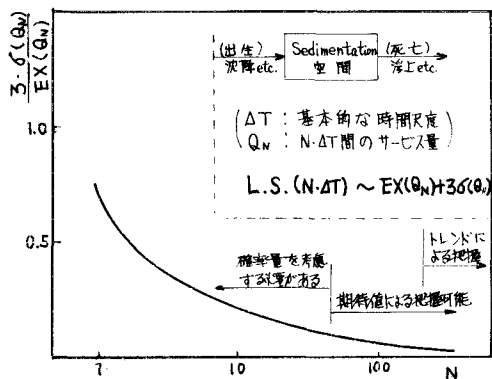


図-1 モデル計算例

図-2はSedimentの現存・移行形態を模式的に表現したものである。固相と液相中の濁質とをあわせて、調整した時空間尺度のもとで、L.S.に関する物質収支式

$$\frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial uS}{\partial x} = Q \quad \left(\begin{array}{l} S: \text{L.S.の現存密度 (mm)} \\ u: \text{移動速度 (m/年)} \\ Q: \text{発生速度 (mm/年)} \end{array} \right) \quad (1)$$

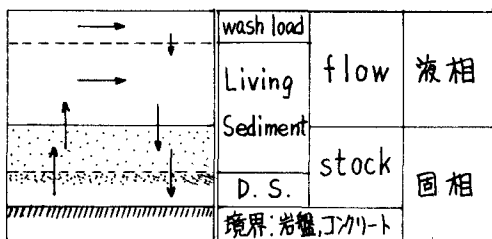


図-2 存在・移行形態の模式図

をたてれば、L.S.の概念が時空間尺度各々化過程を含むため、(1)式で輸送特性を把握しうる。ここでは流達率は動的概念に転換されよう。

表-4 調査概要

3. 神崎川での濁質収支調査

調査・解析方法： 2地点で同時連続観測をおこなった。(表-4参照) 物質収支式をもとにして、差分式

	調査日時	調査地点	区間長	潮汐	Wa (g/m²)
1	52. 12. 8 11:00 ~ 17:00	吹田橋 ~ 大吹橋	2400	中潮(大潮)	15
2	52. 12. 12 11:00 ~ 17:00	大吹橋 ~ 橋分橋	1400	大潮	140
3	52. 12. 15 10:00 ~ 16:00	吹田橋 ~ 橋分橋	3800	中潮(大潮)	24

$$\bar{g} = \frac{\Delta(\bar{C} \cdot \bar{h})}{\Delta T} + \frac{\Delta(\bar{C} \cdot \bar{U} \cdot \bar{h})}{\Delta x} \cdot \frac{\Delta x \cdot \Delta \bar{h}}{\Delta T \cdot \Delta(\bar{U} \cdot \bar{h})} \quad (2)$$

(C: SS濃度(ppm), h: 水深(m), U: 流速(m/sec), Δx: 区間長(m), ΔT: 測定間隔(sec), $\bar{X}$: 時間平均, $\bar{X}$: 区間平均)

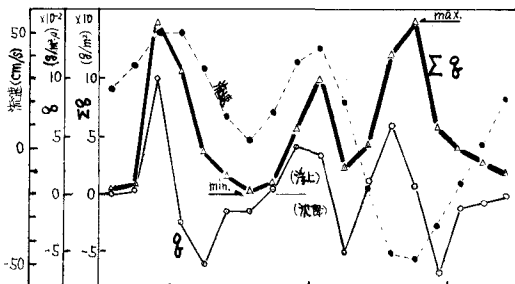


図-3 g, Σg の変動

により底質との交換量 $\bar{g}$ (g/m²·sec) を求めた。

考察： 比較的流速が大きく、流れの状態が限界掃流力を上回っていると考えられる場合でも、沈降が卓越するとき($\bar{g} < 0$)がある。その理由の1つとして、浮上可能な底質量に限度があるのではないかと考え、各時刻の $\bar{g}$ を積分して $\Sigma \bar{g}$ を求め、その変動を観察した。図に示すように $\Sigma \bar{g}$ は上限値と下限値をもち、この差を浮上可能な底質量 W_a (g/m²)と推定した。 W_a は1潮汐周期—半日周期—に対応するL.S.の値に相当する。これらの値は潮汐の状態により異なり、大潮で最大値をとり、中潮では1桁小さい値となっている。つまり、河川上流よりの供給が一定と考えた場合、 W_a は大潮付近で最大となり、大潮直後に急減し、その後は徐々に増加するパターンを繰り返していると判断できる。濁質の流下量はこの浮上可能な底質に支配され、底質量 W_a の変動は月周潮周期で予測しうる。2つの時間尺度—半日周潮、月周潮周期—は先に述べた時空間尺度の階層的関係の一例である。

調査は鎮西昌弘氏(現 奈良県庁)の特別研究として共同で実施されたので、成果への寄与をここに明記する。参考文献 盛岡, 山田, 末石: 現存特性からみた汚泥環境に関する基礎的研究, 水処理技術, vol 16, No. 9 (1975)