

排砂によるスメクタイトの海洋拡散に関する研究

日本大学大学院生産工学研究科 学生会員 ○太田 吉陽
日本大学生産工学部 正会員 和田 明

1. はじめに

現在、ダム排砂が下流環境を悪化させるとし問題とされている。それはダムの湖底に堆積した土砂中に含まれる粘土鉱物（スメクタイト）が排砂により下流へと運ばれることで、海洋生物に悪影響を及ぼすものとされているからである。

本研究では、スメクタイトの海域での挙動を表わすために、スキヤベンジングを考慮した鉛直一次元沈降モデルを使用し、パラメータ解析を行うことで後の三次元化への指標とする。

2. スキヤベンジングモデル

スキヤベンジング効果とは、粒子が一樣に拡散・沈降せずに、凝集・崩壊などを繰り返しながら不規則的に拡散・沈降の挙動を示すことである。本研究では、Clegg & Whitfield モデルを用いて検討する。

スキヤベンジング効果を伴った海水中でのスメクタイトの粒子濃度の変化量を次式で表す。

$$\frac{\partial P_s}{\partial t} = Pr - P_s(\gamma + r_1) + r_{-1}Pl + K_v \frac{\partial^2 P_s}{\partial z^2} = 0.0$$

$$\frac{\partial Pl}{\partial t} = r_1 P_s - Pl(\gamma + r_{-1}) - S \frac{\partial Pl}{\partial z} = 0.0$$

ここで、 P_s ：有機質浮遊物質小粒子濃度 (g/m^3)、 Pl ：有機質浮遊物質大粒子濃度 (g/m^3)、 Pr ：生物生産による小粒子増加量 ($\text{g}/\text{m}^3/\text{sec}$)、 γ ：粒子の無機化速度 ($1/\text{sec}$)、 r_1 ：小粒子の凝集速度 ($1/\text{sec}$)、 r_{-1} ：大粒子の崩壊速度 ($1/\text{sec}$)、 K_v ：鉛直拡散係数 (m^2/sec)、 S ：大粒子の沈降速度 (m/sec)、 t ：時刻 (sec)、 z ：水深 (m) である。

海水中の吸着物質濃度の変化量を次式で表す。

$$\frac{\partial Cd}{\partial t} = Csk_{-1}' - Cdk_1' + (Cs + Cl)\gamma + K_v \frac{\partial^2 Cd}{\partial z^2} + R_{Cd}$$

$$\frac{\partial Cs}{\partial t} = Cdk_1' + Clr_{-1} - Cs(k_{-1}' + \gamma + r_1) + K_v \frac{\partial^2 Cs}{\partial z^2} + R_{Cs}$$

$$\frac{\partial Cl}{\partial t} = Csr_1 - Cl(\gamma + r_{-1}) - S \frac{\partial Cl}{\partial z} + R_{Cl}$$

ここで、 Cd ：溶存態吸着物濃度 (g/m^3)、 Cs ：小粒子吸

着物濃度 (g/m^3)、 Cl ：大粒子吸着物濃度 (g/m^3)、 R_{Cd} ：溶存態吸着物の河川負荷量 ($\text{g}/\text{m}^3/\text{sec}$)、 R_{Cs} ：小粒子吸着物の河川負荷量 ($\text{g}/\text{m}^3/\text{sec}$)、 R_{Cl} ：大粒子吸着物の河川負荷量 ($\text{g}/\text{m}^3/\text{sec}$)、 k_1' ：小粒子への吸着速度 ($1/\text{sec}$)、 k_{-1}' ：小粒子からの脱着速度 ($1/\text{sec}$) である。

また、数値シミュレーション後の SS 濃度値は以下の式で求める。

$$SS = Cd + (Cs + Cl) + (Ps + Pl)$$

3. SS 濃度初期値に対するパラメータ解析

排砂前の K 河川河口部における SS 濃度は年別及び月別で大きな変化を示すため、SS 濃度初期値に対するパラメータ解析を行うこととする。検討したケースは表-1 に示す通りである。これは D ダムにおいて初めて排砂が行われた 1991 年から 1999 年までの K 河川河口部における月別平均 SS 濃度より設定したものである。

また、河川負荷量の負荷時間は 24 時間とし、計算期間は 7 日間とした。

表-1：SS 濃度初期値

Case1	基準濃度値×0.5
Case2	基準濃度値
Case3	基準濃度値×2.0
Case4	基準濃度値×5.0
Case5	基準濃度値×10.0
Case6	基準濃度値×100.0

3.1 解析結果

Case2 における 7 日後の鉛直濃度分布を図-1 に示す。

Case6 を除く全てにおいて計算開始後 24 時間で各粒子共に最大濃度値を示す同様の傾向が見られた。また、全てのケースにおいて最大濃度値を示した後、徐々に減少していく結果となった。

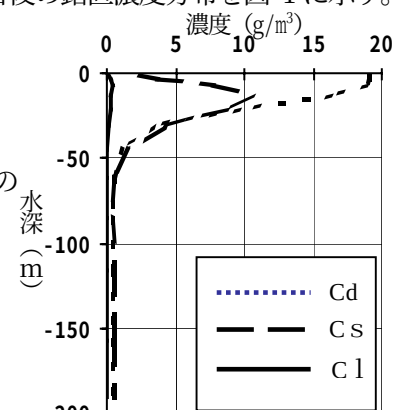


図-1：7 日後の各粒子鉛直濃度分布図 (Case2)

4. 河川負荷量に対するパラメータ解析

表-2 は、D ダムの第 2 回から第 8 回排砂に関するデータである。これらの排砂条件より河川負荷量を算出し、

キーワード 排砂, スメクタイト, スキヤベンジング

連絡先

〒275-8575 千葉県習志野市泉町 1-2-1 日本大学大学院生産工学研究科 TEL047-474-2420

パラメータ解析を行った。なお、第1回排砂についてはデータ不足のため使用していない。

表-2：排砂データ

排砂	排砂量 (m^3)	流量 (m^3/s)	負荷時間 (h)	SS 濃度 (mg/l)
第2回	80000	33.35	53	706.27
第3回	20000	365.09	4	406.67
第4回	1720000	142.95	96	7037.31
第5回	800000	200.49	56	2383.80
第6回	460000	194.88	54	1292.25
第7回	340000	126.61	55	2331.07
第8回	700000	160.58	58	6785.79

4.1 解析結果

堆積量は、第3回排砂では $4.000(\text{g}/\text{m}^2)$ 、第4回排砂では $107.710(\text{g}/\text{m}^2)$ 、第5回排砂では $31.533(\text{g}/\text{m}^2)$ となり、それぞれの河川負荷量に対応した増減を示した。

5. 比率（排砂量/流量）を用いた河川負荷量のパラメータ解析

実際に排砂を行う中で人為的に操作できるのは排砂量と流量である。そこで、一つの数値として ϕ （排砂量/流量）とした時、 ϕ とSS濃度との関係を検討するために、 ϕ を用いた河川負荷量のパラメータ解析を行うこととした。表-2に示した観測データより ϕ を求め、負荷時間とSS濃度との関係を図-2に表した。

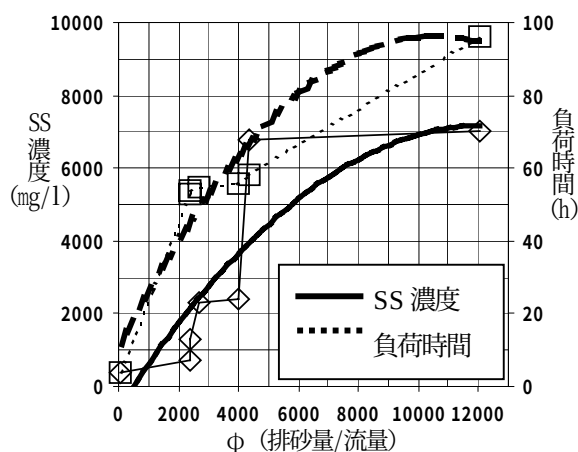


図-2：比率 ϕ と負荷時間及び、SS濃度相関図

図-2における ϕ の値が同じでも、流量の大小によって河川負荷量が変わるため、1991年から1999年までに観測されたK河川の流量年表より、流量を $50(\text{m}^3/\text{s}) \sim 400(\text{m}^3/\text{s})$ と設定した。

5.1 解析結果

図-3は、代表的な計算結果である。表層、中層、深層ともSS濃度分布図はそれぞれ異なる流量でも同様な形状を示した。表層ではいずれも負荷終了時にピークを迎え、それ以後は下降していく。中層、深層では時間経

過と共に上昇する傾向となった。計算結果としては、いずれの場合も生物に影響を及ぼすSS濃度値を上回る結果となった。その原因として考えられることは、本研究における一次元沈降モデルでは移流を考慮していないため、このような高濃度の結果を表したと思われる。

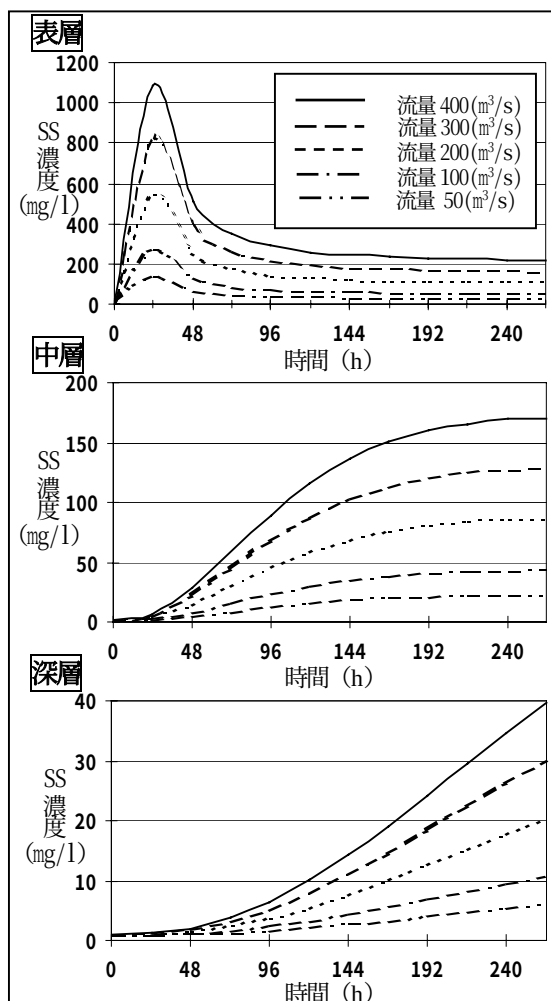


図-3：SS濃度の時間変化

6. まとめ

解析結果より、パラメータの変化に対し、堆積量是对応した増減を示し、いずれの粒子も上中層で最大濃度値をとりながら徐々に減少していくスキャベンジング効果を表現できたと思われる。よって、スキャベンジング沈降モデルの感度は良好であるといえる。

また、水深の設定や河川負荷量を変化させても各粒子最大濃度値は上層から中層の範囲でのみ推移すること、さらにSS濃度は排砂量と流量の係数に依存すること等がわかった。今後は本研究の結果を踏まえ、三次元モデルの構築を進めていきたい。

参考文献

- ・Simon L.Clegg and Michael Whitfield A generalized model for the scavenging of trace metals in the open ocean Deep-Sea Research.Vol.38.No.1.pp.91-120.1991