

広島湾における有機懸濁物質の沈降過程のモデル化

広島大学 正会員 日比野忠史

広島大学 正会員 駒井克昭

北海道電力 高御堂良治

国土交通省中国地方整備局 正会員 松永康司

広島大学 学生会員 ○西村尚哉

1. はじめに

広島湾のような閉鎖性の強い海域の海底には有機物を多量に含んだ泥が多く堆積している。このような海底堆積泥は底層流などによって巻き上げられることにより海中に栄養塩を溶出するなど水環境に与える影響は大きいと考えられる。そのため、今後、効率的・効果的な自然環境の保全施策を実施するためには、一次生産により生成される有機物の動態を把握する必要がある。しかし、一次生産によって生成された有機物の沈降・堆積に至る過程には、不明な点が多いのが現状である。本研究では2005年度の広島湾周辺海域におけるセディメントトラップを用いた有機物の沈降調査結果から、これまで、有機懸濁物質の沈降過程には懸濁粒子と海水の密度差が大きな影響を与えること、貧酸素水塊の形成や栄養塩の生成に大きく寄与している底泥は、沈降後、数ヶ月から数年かかって分解されることが明らかとなっている(永尾ら, 2005)。さらに、粒径と密度の間には負の相関があり、懸濁粒子の密度は有機物が付着して粒径が大きくなったものほど密度が低下するということが示唆されている。本研究では懸濁粒子の沈降過程のモデル化について検討を行う。

2. モデル作成の方法

一次生産により生成された有機物は無機物から構成される微細土粒子と付着することによって沈降すると仮定する。計算手順は以下の通りである。①有機物分解に伴う C/N 比の時間変化を導出, ②一次生産されデトリタス化した後に分解した懸濁態粒子の密度, 中央粒径と C/N 比から求まる経過時間の関係から粒子密度と D_{50} の変化式を導出, ③初期粒子密度および初期中央粒径は懸濁態に含まれる Chl-a 量, すなわち Chl-a / SS 比を用いて導出, ④ストークス則より求まる沈降速度算出式と, ③で導出される粒子密度と D_{50} の変化式の連立により沈降速度の算出をする。

3. 沈降過程における懸濁粒子性状の変化

式(3),(4)に示す植物プランクトンの分解・無機化に関する Multiple-G モデルを用いて、有機懸濁物質の沈降過程における性状変化について検討を行う。一次生産起源の有機物の C/N 比は Redfield 比の 6.625 とする。POC と PON については分解性の違いにより 3 つの fraction に分画し、分解量を算出する。

$$C_T(t) = C_1[\exp(-k_{C,1}t)] + C_2[\exp(-k_{C,2}t)] + C_3[\exp(-k_{C,3}t)] \quad (1)$$

$$N_T = N_1[\exp(-k_{N,1}t)] + N_2[\exp(-k_{N,2}t)] + N_3[\exp(-k_{N,3}t)] \quad (2)$$

k : 分解速度, C : 有機炭素, N : 有機窒素, 1: fast-labile fraction, 2: slow-labile fraction, 3: refractory fraction

各有機物の fraction 量の時間変化を算出し、そのときの C/N 比の変化を求めた。ここでは表 1 に示す好気条件下での分解速度パラメータを用いている(永尾, 2005)。計算結果を図 1 に示す。有機

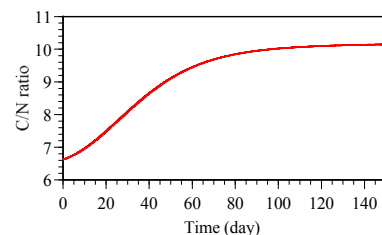


図1 C/N 比の時間変化

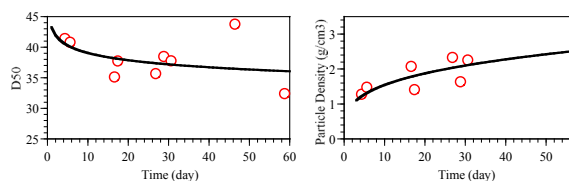


図2 懸濁粒子の粒径・密度の時間変化

キーワード 広島湾, 沿岸域, 一次生産, 有機懸濁物質, 沈降速度

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1

広島大学大学院 工学研究科 社会環境システム専攻 海岸工学研究室 TEL 082-424-7816

物生成後、90～100 日で 10 程度まで C/N 比が上昇することがわかる。セディメントトラップに捕集された有機懸濁物質の C/N 比と図 2 から、捕集された有機物の生成後からの経過日数を推定した。推定時間に対する D_{50} と有機泥密度の関係を図 3 に示した。補足されたセジメントの粒径は有機物生成後の有機物の分解に伴った減少、粒子の密度は有機物の分解に伴った傾向を示しており、妥当な結果を示している。これらの関係から粒径、密度の時間変化を式 (3) , (4) のように定式化した。

$$D_{50} = D_{50b} \cdot t^{-0.045} \quad (3)$$

$$\rho_s = \rho_{sb} \cdot t^{0.28} \quad (4)$$

ここで、 D_{50b} は初期粒径、 ρ_{sb} は初期粒子密度、 t は時間(day)である。

表 1 分解速度パラメータ (広島湾底泥)

	CARBON			NITROGEN		
1/year (0°C)	$k_{C,1}$	$k_{C,2}$	$k_{C,3}$	$k_{N,1}$	$k_{N,2}$	$k_{N,3}$
Oxic	19	0.159	0.0022	23	0.15	0.00063

4. 一次生産起源の懸濁物性状の推定

有機懸濁物質の沈降過程を明らかにするためには有機懸濁物質の密度・粒径を把握することが重要である。そこで、海面表層において生成される有機懸濁物質の性状把握を目的として一次生産量と懸濁粒子の密度・粒径の関係について検討する。

懸濁粒子の密度・粒径を決定する要因として、懸濁粒子に付着した有機物の量が影響を与えていると考えられるが、ここでは、有機物を植物プランクトン量 (Chl-a 量) として考え、植物プランクトン量と有機懸濁物質の性状との関係について検討を行う。図 3 は、沈降物捕集調査において捕集された全水深の懸濁粒子濃度 (SS) 中に含まれている植物プランクトン量 (Chl-a 量) が懸濁粒子の密度や粒径にどのような影響を与えるかを示したものである。図 3 より、懸濁粒子密度は懸濁粒子中の Chl-a 量が大きくなるにしたがって減少する傾向に見られた。これは、懸濁粒子中の Chl-a 量が増大することによって懸濁粒子中に有機物の占める割合が増え、粒子の密度が低下するためであると考えられる。粒径は懸濁粒子中の Chl-a 量が増大するにつれて増大する傾向が見られた。これは、懸濁粒子中の Chl-a 量が増大することは微細土粒子に付着する有機物量が増加することを示しており、有機物量が増加することによって粒径が増大し、逆に懸濁粒子密度は低下すると考えられる。図 3 の関係を定式化すると式(5)、(6)のようになる。

$$D_{50b} = 39.76 \left(\frac{\text{Chl} - a}{\text{SS}} \right)^{0.065} \quad (5)$$

$$\rho_{sb} = 1.47 \left(\frac{\text{Chl} - a}{\text{SS}} \right)^{-0.069} \quad (6)$$

5. 懸濁粒子性状の変化に伴う沈降速度の推定

ストークス則($Re < 1$)より導かれる沈降速度の算出式 (7) に式(5) , (6)より算出される初期粒子密度および初期中央粒径を代入することで初期沈降速度を算出でき、式 (3) , (4)と連立することで沈降過程での有機懸濁物質の性状変化を考慮した沈降速度のモデル化をすることができる。

$$w = \frac{4g}{135} \frac{(\rho_s - \rho)}{\mu} d^2 \quad (7)$$

ρ_s : 沈降粒子の密度、 ρ : 海水密度、 d : 粒径 (ここでは D_{50} を用いる)、 μ : 海水の粘性係数

6. おわりに

Multiple-G モデルを用いて算出される C/N 比の時間変化より、捕集された有機物の生成後からの経過日数を逆算し、粒径と土粒子密度の時間変化を定式化することができ、ストークス則から求められる沈降速度算出式と連立することで、沈降過程における懸濁粒子の性状変化が沈降速度に与える影響を考慮したモデル化をすることができた。Chl-a/SS 比に対して D_{50} 、 ρ_s には一定の関係が認められ、定式化することで初期沈降速度を算出することができた。

参考文献：永尾謙太郎・日比野忠史・松本英雄 (2005) : 広島湾における有機物の変動解析と栄養塩生成形態の把握，海岸工学論文集，第 52 巻，pp.916-920

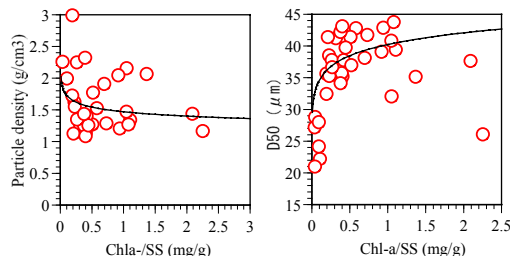


図 3 SS 中の Chl-a 量と懸濁粒子の密度・粒径の関係