

大阪大学大学院工学研究科

学生員 ○中谷 祐介

大阪大学工学部

森川 知波

大阪大学大学院工学研究科

正会員 西田 修三

1. はじめに

閉鎖性海域における水質予測の精度向上のためには栄養塩動態の的確なモデル化が必要となる。海域で起こっている栄養塩循環に関して、溶存態物質の動態については既往の研究により良好な予測精度が得られつつあるのに対し、懸濁態物質については吸脱着・分解という生物化学的過程に加え、凝集・沈降・堆積・再懸濁といった物理的過程が関わってくるため複雑な動態を示し、精度の高い予測が困難である。本研究では、大阪湾沿岸域における有機懸濁物質の沈降・分解過程に着目し、その特性を室内実験により定量化する。さらに、実験結果を基に、大阪湾奥部における有機懸濁物質による鉛直方向の栄養塩輸送の実態を明らかにする。

2. 実験概要

(1) 分解実験

内部生産によって生成された植物プランクトン起源の有機懸濁態物質は、微生物によって分解・無機化され、海水中に無機態栄養塩を供給する。本研究では大阪湾で採取した有機懸濁物質を含む現地海水試料を用い（採水地点は図-1）、水温を変化させた各条件下（20℃、25℃、30℃）における分解速度を室内実験によって求めた。採取した海水を冷蔵・暗条件下で持ち帰り、容器内で条件別に状態を保ちながら1日毎または2日毎に各容器内の無機態栄養塩濃度の経時変化から分解速度を算出した。実験は約1ヶ月間にわたって行った。

(2) 沈降実験

粒子の沈降速度は一般にストークスの速度式に従うことが知られている。粒子径はレーザー散乱・回折式の粒度分析機等を用いることにより直接測定することができる。また、海水の密度と粘性係数は塩分と水温に依存し、種々の算定式が提案されている。しかしながら、懸濁粒子の密度については直接測定することが難しい。そこで、本研究では、大阪湾沿岸域で採取した海水試料を用い、室内実験により粒子の沈降速度および粒子径を直接測定した。その結果をストークスの沈降速度式に適用することにより、逆算的に粒子径ごとの粒子密度を算定した。得られた粒子密度を再度ストークス則に当てはめることにより、様々な塩分、水温の海水中における粒径毎の沈降速度を定式化した。

塩化ビニル製の円筒（直径10cm、高さ150cm）に採水した海水を入れ、数時間おきに水深110cmの点から一定水量を採水し、SS濃度と粒度分布を測定した。粒子径ごとのSS濃度の経時変化から沈降速度を算出した。

3. 実験結果

(1) 分解速度

図-2に20℃における溶存無機態（DIN, DIP, DSi）の濃度変化を示す。図中の各プロットは各時刻に測定した濃度から初期濃度を差し引いた濃度変化を示しており、最小二乗法により得た近似曲線も合わせて図示した。リンは約10日、窒素およびケイ素は約20日で濃度上昇が収まり、分解が終了していることがわかる。また、25℃、30℃の場合によっても同様の傾向が見られ、温度の上昇に伴い分解速度が大きくなる傾向を示した。水温条件の結果から温度補正係数を求め、分解速度を(1.1)～(1.3)のように定式化した。ここで R_N : PONの分解速度(日⁻¹)、 R_P : POPの分解速度(日⁻¹)、 R_{Si} : PSiの分解速度(日⁻¹)、 T : 水温である。

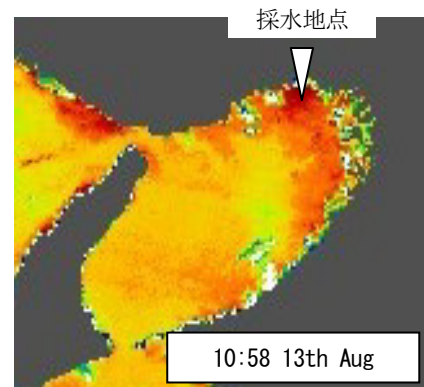


図-1 採水地点とChl-a. 衛星画像
(提供: JAXA/東海大学)

$$R_N(T) = 0.08 \times 1.059^{(T-20)} \quad (1.1)$$

$$R_P(T) = 0.236 \times 1.014^{(T-20)} \quad (1.2)$$

$$R_{Si}(T) = 0.064 \times 1.047^{(T-20)} \quad (1.3)$$

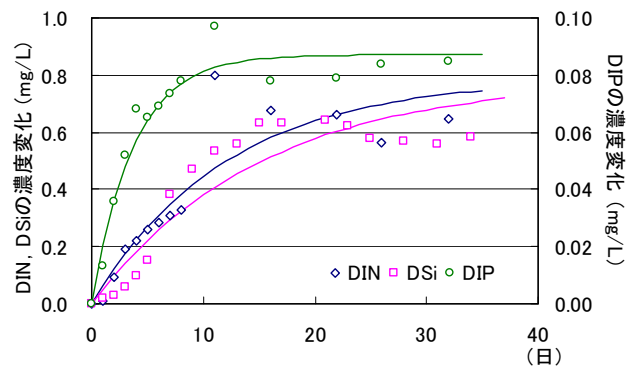


図-2 DIN, DIP, DSi の濃度変化 (水温 20°C)

(2) 沈降速度

今回用いた有機懸濁物質の粒子径は 2~80 μm で、沈降速度は 1~4m/day の範囲内にあった。粘性係数の水温依存性を考慮し、海水密度には Millero and Poisson(1981)による状態方程式を用いる。実験結果から粒子密度を粒径の関数で表すことにより、最終的に沈降速度を (1.4) のように定式化することができる。これより粒子径が一定ならば、沈降速度は塩分と水温のみに依存することになる。

$$W_{PON, POP, P_{Si}} = \frac{(10^3 \times \exp(-0.152 \cdot d) + 144 - \rho)}{18 \times \frac{(0.0007T^2 - 0.054T + 1.799)}{1000}} g \cdot \left(\frac{d}{10^6}\right)^2 \quad (1.4)$$

ただし $W_{PON, POP, P_{Si}}$: 沈降速度 (m/day), d : 粒径 (μm), ρ : 海水密度 (kg/m^3), T : 水温 ($^{\circ}\text{C}$) である。

4. 解析概要

室内実験により構築した分解速度式 (1.1) ~ (1.3) と沈降速度式 (1.4) を基に、鉛直一次元の拡散モデルを用いて、有機懸濁物質が微生物の分解作用により栄養塩を回帰しながら海底まで沈降する現象を捉えた。計算期間を 10 日間とし、大阪湾奥部における夏季の成層期を想定した解析を行う。鉛直層分割は 15 層、層間隔は 1m とし、水位変動は考慮しない。気象データは 2005 年の 9 月 1 日~30 日の 1 時間毎の値を用い、代表的な夏季の日変動を連日繰り返して与えた。水質の初期条件は西田ら¹⁾によって 2005 年 9 月 21 日に実施された西宮防波堤沖における水質調査結果を参考に与えた。ただし、DO, COD に関しては時間変化を考えず、10 日間にわたって一定の値を与えた。また、上述の観測結果において密度成層が水深 3m 付近にみられたことを踏まえ、PON, POP, P_{Si} の初期濃度は表層第 1~3 層に均一に与えた。

5. 解析結果

図-2 に計算結果を示す。表層で発生した有機懸濁物質は 5 日以内に分解もしくは海底に堆積している。表-1 に、PON, POP, P_{Si} の分解割合・堆積割合 (%) を示す。初期存在量のうち窒素は 30%, リンは 55%, ケイ素は 24% が分解されて海水中に回帰されることがわかった。

表-1 PON, PP, P_{Si} の分解割合・堆積割合 (%)

	N	P	Si
分解割合(%)	30.4	55.3	24.0
堆積割合(%)	69.6	44.7	76.0

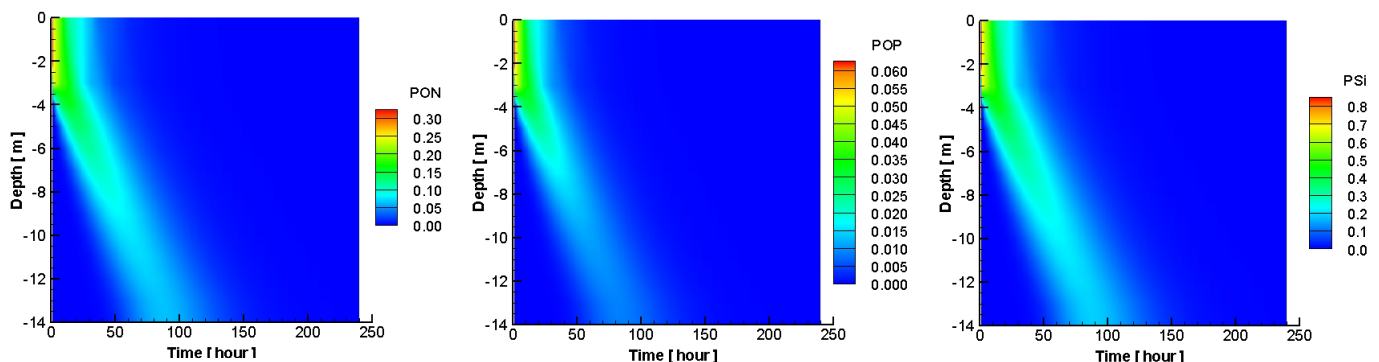


図-2 計算結果

【参考文献】1) 西田修三 他(2006): 大阪湾奥部沿岸域における懸濁物質の挙動と底泥特性, 海工学論文集, 第 53 巻.