

VII-245

東京湾における底泥からの栄養塩溶出に関する研究

日本水工設計(株)正会員 金井秀樹
 茨城大学工学部 正会員 三村信男
 茨城大学工学部 正会員 神子直之
 茨城大学大学院 学生員 鈴木雅晴

1.はじめに

東京湾の富栄養化は近年でも改善がみられず、赤潮・青潮等の現象は毎年のように発生している。富栄養化には陸域より流入する有機物以外にも、窒素やリンなどの栄養塩によって引き起こされる湾内での内部生産が大きな役割を果たしていると考えられている。

この栄養塩は主に陸域から供給されるが、過去に東京湾の底に堆積した栄養塩が再び水中に溶け出す現象(溶出)も知られている。そこで本研究では東京湾の底泥を採取して実験を行い、溶存態無機リン・窒素の溶出特性を把握することをめざした。その結果から塚田¹⁾によるモデルを使用した東京湾水質シミュレーションを試みた。

2.採泥調査

採泥調査は国立環境研究所の協力により1997年10月7日に、図1の地点において行った。水深は約19mである。採泥作業はコア(内径110mm、高さ500mmの亚克力樹脂製の筒)を自重式柱状採泥器に取り付け、船上からロープを用いて底泥に貫入させて採取した。

3.実験方法

栄養塩の溶出に影響を与える要因としてコア内海水の温度と溶存酸素濃度に着目した。15、20、23.5℃の温度の異なる恒温水槽を用意し、それぞれにエアレーションポンプをとりつけた好気条件コアと、窒素曝気したのち密閉できる蓋をした嫌気条件コアをいれた。それら6つのケースについて、15日間にわたりコア内海水中の溶存態無機リン(DIP)と溶存態無機窒素(DIN)濃度の変化を調べた。

4.実験結果

・DIPの溶出(図2)は、嫌気条件では実験初期に多量溶出し、ある飽和値へと収束してゆく曲線の形を取ったが、好気条件では溶出の速度が遅く15日間ではそのような収束の形は見られなかった。

・DINの溶出(図3)は、DIPと比べると、温度増加による溶出の増加量が大きく、窒素の溶出は温度の影響を大きく

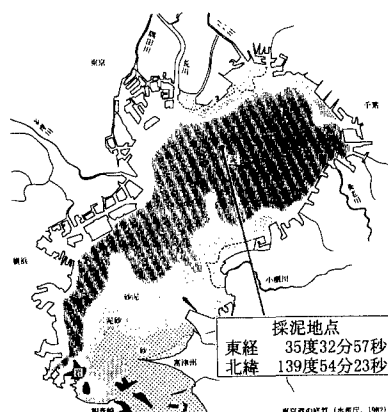
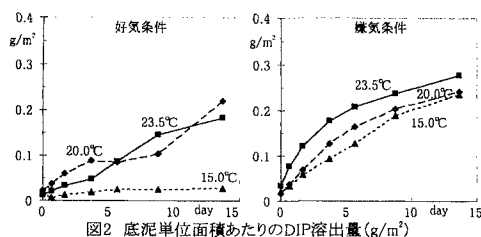
図1 東京湾の底質分布と採泥地点²⁾

図2 底泥単位面積あたりのDIP溶出量(g/m²)

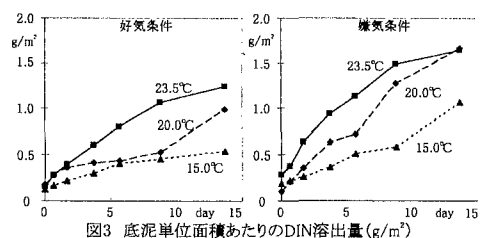
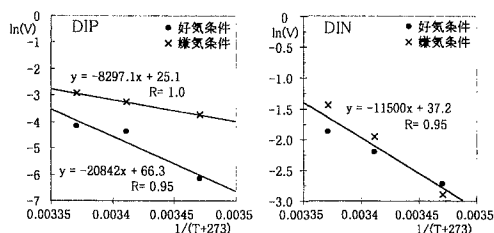


図3 底泥単位面積あたりのDIN溶出量(g/m²)

図4 $1/T$ に対する溶出速度の対数のArrheniusプロット

キーワード: 東京湾, 底泥, 栄養塩, 溶出, アレニウス式

連絡先: 三村信男 茨城大学工学部都市システム工学科 〒312-8511日立市中成沢町4-12-1

受けると考えられた。なお、DIN としてはアンモニア態窒素・亜硝酸態窒素・硝酸態窒素をそれぞれ定量し合計した値を用いた。

5. 溶出速度式の算出

実験により得られたデータから溶出速度の数式化を行った。実際の海域における溶出速度は、実験初期における溶出速度を用いるのがもっとも適当であると考えられるため、栄養塩溶出量のグラフが時間経過と共にある飽和値に近づいてゆく曲線の形をとることを仮定し、次のような一次反応型の式に誤差の二乗和が最小になるよう近似させ、 $t=0$ における $\frac{dM_i}{dt}$

を溶出速度とした。

$$M_i = M_{\max} + (M_0 - M_{\max}) \cdot e^{-kt} \quad (1)$$

M_i : i 回目採水時の底泥単位面積あたり栄養塩溶出量 (g/m^2)、 $M_{\max}$: 底泥単位面積あたり栄養塩溶出量の見かけ上飽和値 (g/m^2)、 M_0 : 初期補正量 (g/m^2)、 k : 溶出速度係数 ($1/day$)

さらに溶出速度が多くの化学反応と同じ様に、絶対温度の逆数に対して指数関数的に増加するアレニウス型を仮定し、溶存酸素による溶出抑制項を加えた式に最小二乗法を用いて近似させた(図4)。その結果溶出速度 R ($g/m^2/day$) は次のように求められた。

$$R_p(T, DO) = 1.5 \times 10^{20} \cdot \exp\left(\frac{-14500}{T+273} - 0.25 \cdot DO\right) \quad (2)$$

$$R_N(T) = 1.4 \times 10^{16} \cdot \exp\left(\frac{-11500}{T+273}\right) \quad (3)$$

T : 温度($^{\circ}C$)、 DO : 溶存酸素濃度 (mgO_2/l)

6. 東京湾モデルによる水質シミュレーション

塚田によるモデル¹⁾に上記(2)(3)式を組み込み、東京湾の水質シミュレーションを行った。計算は1993年の4月1日時点から始め、9月23日での結果を図5～7に示した。DIP・DIN の濃度は過去の計算結果よりも大きな値になった。

7. まとめ

本研究の成果は次のようなものである。

- ・実験により、東京湾の中でも栄養塩が高濃度に堆積した地点の溶出特性を把握することができた。
- ・アレニウス式を利用することにより、溶出機構を温度・溶存酸素の関数として表現できた。
- ・本研究により得られた溶出式をモデルに組み込んで解析したところ、従来の計算結果に比べ栄養塩濃度が高くなるという結果が得られた。今後、様々な地点ごとの底泥中の栄養塩含有量等のデータを蓄積してモデルに反映させることにより、局所的な水質挙動を適切にシミュレーションできると考えられる。

参考文献

- 1) 塚田光博(1997): 東京湾における貧酸素水塊の予測モデル, 茨城大学修士論文
- 2) 沼田眞, 風呂田利夫(1997): 東京湾の生物誌, 築地書館 pp2-23
- 3) 細見正明(1993): 底質からの窒素及びリンの溶出とその制御, 水環境学会誌 Vol.16 No.2

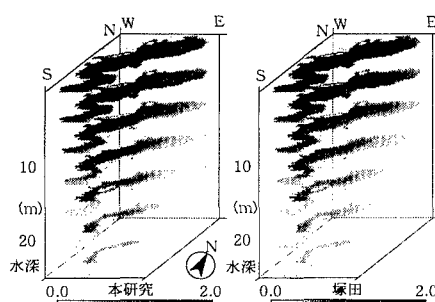


図5 植物プランクトン分布 (mgC/l)

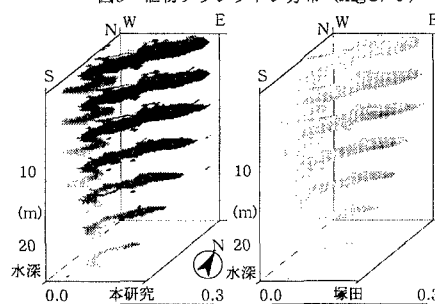


図6 DIP濃度分布 (mgP/l)

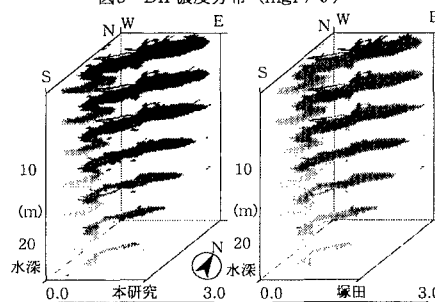


図7 DIN濃度分布 (mgN/l)