

東京港の夏季における窒素・リンの水-底泥間のフラックス

松 梨 史 郎*

1. はじめに

閉鎖性海域の水質・底質の予測や対策を講じるに当たって、窒素・リンの水-底泥間のフラックスの把握は重要である。本研究は、このフラックスとして、海水から底泥への沈降フラックス、底泥から海水への溶出フラックスおよび堆積物について実測調査・検討したものである。従来より沈降や溶出については、湖沼では細見(1987)、海域では亀田・木下(1978)、細川ら(1982)、堀江・細川(1984)、曾田・安藤(1988)、浮田ら(1991)によって調査・検討が行われている。また堆積物については、松本(1983)、石渡(1988)らによって調査されている。さらに木村ら(1994)によって東京港における底生生物の検討が成されている。しかし内湾の奥部に、陸域からの負荷が多く、淡水と潮汐流の影響の混在した水域において、沈降量・溶出量および堆積物を同時に測定した例や総括的に検討した例は少なく、データも乏しい。特に汚濁した都市河川の流入する湾奥部では、開発計画が多く、最も水質悪化が進んでいる水域であり、種々の要因が複雑に関連しているだけに、工学的な立場からデータの蓄積をしていくことが重要と考えられる。

2. 調査対象水域および調査内容

調査地点は、図-1に示すような東京港内における4測点(ST.2, 11, 25, 35)で、これらは公共用水域水質測定点と同じ位置である。

調査時期は、中潮期である平成7年9月4日である。

調査項目は、水質および底質、沈降フラックス、底泥による酸素消費速度、栄養塩溶出速度、底泥内の有機物分解速度である。

3. 水・底質の時空間分布

(1) 水 質

水質は上層(海面下1m)、下層(海底上1m)において測定した。測定項目は、水温、塩分、溶存酸素、SS、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、T-N、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、T-P、クロロフィルaである。

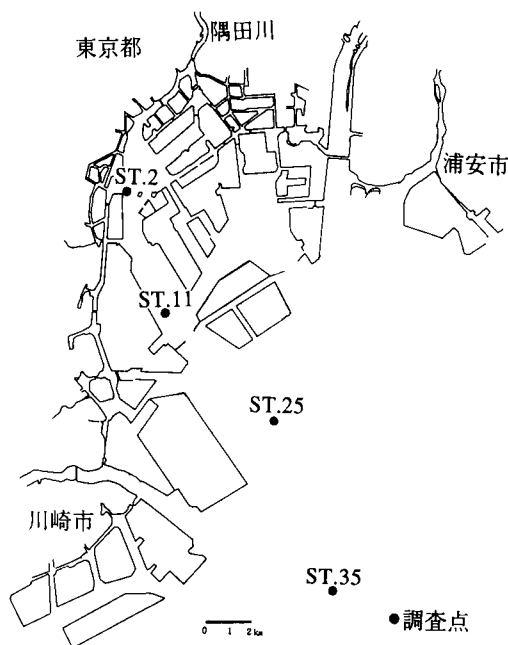


図-1 調査地点

水温・塩分の鉛直分布から、9月は夏季の典型的な成層構造を呈していた。溶存酸素は、ST.2, 11では8~9m以深で、ST.25, 35では14m以深で1mg/l以下となり、底層では各測点とも無酸素状態であった。

また上下層の各水質濃度と塩分濃度の相関をとると、水深1m層では無機態の窒素・リン、全窒素・全リンともに塩分の増大とともに線形に減少しており、有機態・無機態ともに保存性を有していることが認められた。

(2) 底 質

底泥の窒素・リン濃度については、柱状試料を2cm間隔で切断し、海底泥表層から10cmまでの試料(5サンプル)について分析した。分析項目は、底泥中のO-N、O-P、底泥に吸着されたI-N、I-P、間隙率、pH、酸化・還元電位、間隙水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 SO_4^{2-} 、溶存酸素である。

底泥中の窒素・リンは、底泥を遠心分離によって間隙水を分離し、間隙水については吸光光度法によって分析

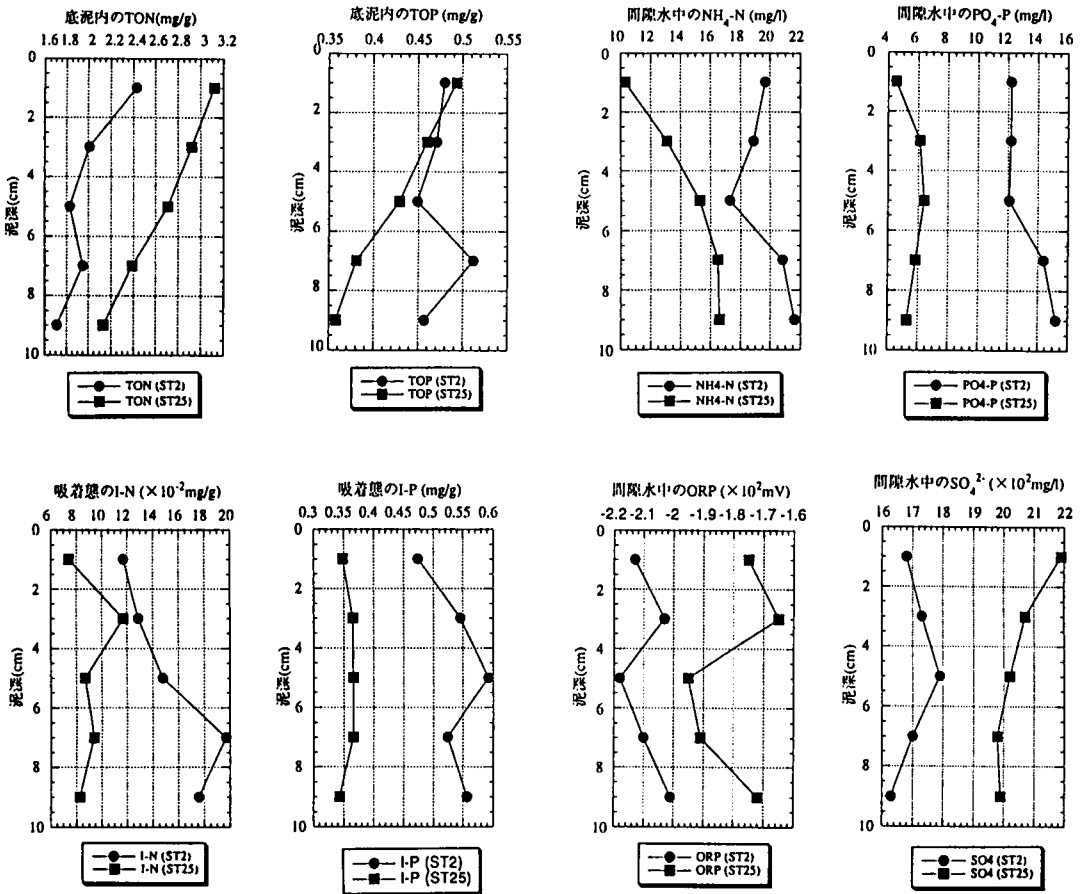


図-2 底質分布

した。次に遠心分離による残査は酸抽出し、水相分については吸光度法によって窒素・リンを分析し、これより吸着態の窒素・リンを測定した。最後に酸抽出の残査分について凍結乾燥し、固形分のO-N、O-PをそれぞれCNコード、酸分解・吸光度法によって測定した。

図-2に、底質の測定結果の鉛直分布を示す。

間隙水中のORPを見ると、底泥内は還元状態にあり、ST.2の方が還元状態が著しい。

底泥内の有機態窒素・リン濃度は、底泥表層から10 cmまでは単調に減少している。ST.2はST.25に比べて若干低い。

吸着態の窒素・リン濃度は、ST.2については底泥表層の方が低く、深くなるにつれて増大している。

間隙水中のリン濃度は、鉛直方向にあまり差はない。

4. 水-底泥間のフラックス

(1) 沈降フラックス

図-1のST.2およびST.25において、セディメントトラップを海底上1 mに設置し、一定時間懸濁物質を採

取することにより、沈降物を測定・分析した。また同測定結果と水質測定結果から沈降速度を算出した。

表-1に沈降量の測定結果を示す。沈降量は窒素・リンともにST.2がST.25の2倍程度で、ST.2で窒素は149.1 mg/m²/day、リンは37.1 mg/m²/day、ST.25で窒素は84.1 mg/m²/day、リンは16.5 mg/m²/dayとなっている。これらから海水中のONおよびOP濃度を介して沈降速度を求めると、ST.2では窒素は0.5 m/day、リンは0.8 m/day、ST.25では窒素は0.2 m/day、リンは0.4 m/dayとなった。

東京都環境保全局水質保全部(1988)において調査された沈降フラックスは、隅田川河口沖で窒素が161~275 mg/m²/day、リンは53.3~64.5 mg/m²/dayであり、今回のST.2の値はほぼ同程度の値を示している。

(2) 底泥からの栄養塩の溶出速度

柱状コアサンプルによって底泥およびその直上水をサンプリングし、室内において採取時の温度(20.8~22.1°C)、および溶存酸素濃度(0 mg/l)の条件を一定に保ちながら、試料の直上水の無機態窒素・リン濃

において実験開始日と実験終了日(21日後)の底泥中の表層の有機物濃度の測定結果から算出した。

底泥表層での分解速度フラックスの値は、ST. 2では窒素にして0.017 mg/g/day, リンにして0.001 mg/g/day, ST. 25では窒素にして0.024 mg/g/day, リンにして0.005 mg/g/dayであった。これを初期の有機態窒素・リンの濃度で除すると、分解速度としてST. 2では窒素が0.0074(1/day), リンが0.0023(1/day), ST. 25では窒素が0.0085(1/day), リンが0.0118(1/day)となった。

これらの値を他の測定結果や底質予測に用いられた値と比較すると、例えば細見(1987)は霞ヶ浦で窒素が0.05~0.06(1/day), リンが0.005~0.059(1/day)を、浮田ら(1991)は大阪湾で窒素・リンともに0.001~0.11(1/day)としており、本測定結果もほぼ同程度の値を示している。

6. 調査水域における窒素・リンの循環

以上の結果から、東京港における水-底泥間での物質フラックスとして、沈降フラックスと底泥からの溶出フラックスの両方がとられているST. 2およびST. 25について整理してみる。

図-5に示すように、ST. 2, ST. 25ともに、窒素は、溶出フラックスが沈降フラックスの約30~40%であるのに対して、リンは約65~70%であり、リンは夏季においては底層の無酸素化によって新生堆積物とほぼ同程度の溶出量が認められる結果となった。一方窒素については底層付近での脱窒の可能性も示唆されるため、さらなる検討が必要と思われる。

7. 結 語

淡水の影響や流入負荷影響の大きい東京港において、水-底泥間のフラックスとして、沈降フラックスや、窒素・リンの溶出速度、底泥内における有機物の分解速度等について実態調査を行った。

その結果、これらの夏季における調査データを得るとともに、夏季には窒素に比べてリンの方が、沈降量に対する溶出量の比率の高いことが認められた。

これらのデータは、湾奥感潮域における水質・底質間の物質収支や、水・底質の予測や対策を講じる上での有用な知見となるものと考えられる。

本研究を推進するに当たって、(株)東京久栄の高月邦夫氏、糸永真吾氏、浄土真佐美氏他の協力を得ました。関係者に記して謝意を表する次第であります。

参 考 文 献

石渡良志(1988): 東京湾への陸源有機物の流入と堆積, 沿岸海

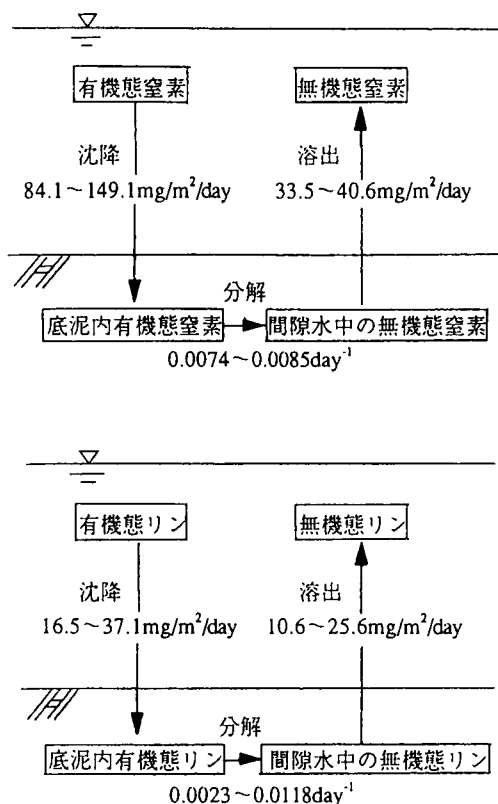


図-5 窒素・リンの循環

- 洋研究ノート, 第25巻, 第2号, pp. 127-133.
- 浮田正夫・山原康嗣・中西 弘(1991): 大阪湾における流入負荷量の推移と内部生産, 沿岸海洋研究ノート, 第29巻, 第1号, pp. 51-59.
- 亀田泰武・木下正明(1978): 閉鎖性水域底質中の栄養塩類について, 公害と対策, Vol. 14, No. 8, pp. 32-38.
- 木村賢史他(1994): 東京都内湾全域の底生動物の現況と浄化量の検討, 東京都環境科学研究年報, pp. 173-181.
- 曾田京三・安藤晴夫(1988): 東京湾の富栄養化に関する研究(その5)底質からの栄養塩類等の溶出実験の結果について, 東京都環境科学研究年報, pp. 81-83.
- 東京都環境保全局水質保全部(1988): 沈降量調査報告書, 88 p.
- 細川恭史・三好英一・堀江 毅(1982): 沿岸底泥からの栄養塩の溶出過程のモデル化, 第29回海岸工学講演会論文集, pp. 570-574.
- 細見正明(1987): 湖沼底泥からの窒素・燐溶出とその制御に関する研究, 大阪大学学位論文, 203 p.
- 堀江 毅・細川恭史(1984): 海域底泥中のリンの挙動モデルについて, 港湾技術研究所報告, 第23巻, 第2号, pp. 49-74.
- 松永捷司(1988): 伊勢湾の水質と物質循環, 水質汚濁研究, Vol. 11, No. 7, pp. 405-409.
- 松本英二(1983): 沿岸域における重金属の挙動, 海の環境科学(平野敏行編), 恒星社厚生閣, pp. 168-176.
- Kamiyama, K., Okuda, S. and A. Kawai (1978): Studies on the Release of Ammonium Nitrogen from the Bottom Sediments in Freshwater Regions, Jap. J. Limnol. 39, pp. 176-180.