

論 文

東京都内湾の底質が水質等に与える影響に関する調査結果について（その3）

曾 田 京 三 安 藤 晴 夫

要 旨

東京湾の底質改善対策を推進するための基礎資料を得ることを目的として、海底の底質からの有機物や栄養塩類の溶出について調査した。嫌気状態（水温25℃）での東京都内湾の底質からのCOD、窒素（DTN）及びりん（DTP）の溶出速度は、平均値ではそれぞれ302、126及び22（mg/m²/日）であった。

また、CODの溶出速度と底質のCOD、強熱減量、含水比との関係について、及びDTPの溶出速度と底質のPO₄-Pとの関係について回帰式が得られた。

さらに、実験室的には、20または30cm程度の覆砂で底質からのCOD、N、Pの溶出を相当期間抑制することが出来ること、底質の浚渫除去によりCODの溶出速度を減少させることができることがわかった。

1 はじめに

富栄養化や水質汚濁の著しい閉鎖性の内湾や港湾等の海域では、底質の有機汚濁も進行しており、有機物や栄養塩類の負荷量をみると、陸上からの流入負荷量のほかに、底質からの溶出負荷量も大きいことが知られている。近年、東京湾は富栄養化とそれによる水質汚濁が著しい状態が続いている。1993年8月27日の政令改正により海域における栄養塩類（窒素、磷）に係わる環境基準が設定され、排水規制が行われることとなっているが、底質からの有機物や栄養塩類の供給の影響も大きいものと考えられることから、東京都は、東京湾の水質改善対策の一環として、COD（化学的酸素要求量）の総量規制や栄養塩類の流入負荷量削減対策とともに、沿岸自治体と協力して東京湾の底質改善対策を推進することとしている。著者らは、そのための基礎資料を得ることを目的として、平成2～4年度に都内湾の底質からの有機物や栄養塩類の溶出等について調査したので、以下に、4年度の結果と、3年間の結果を取りまとめて述べる。

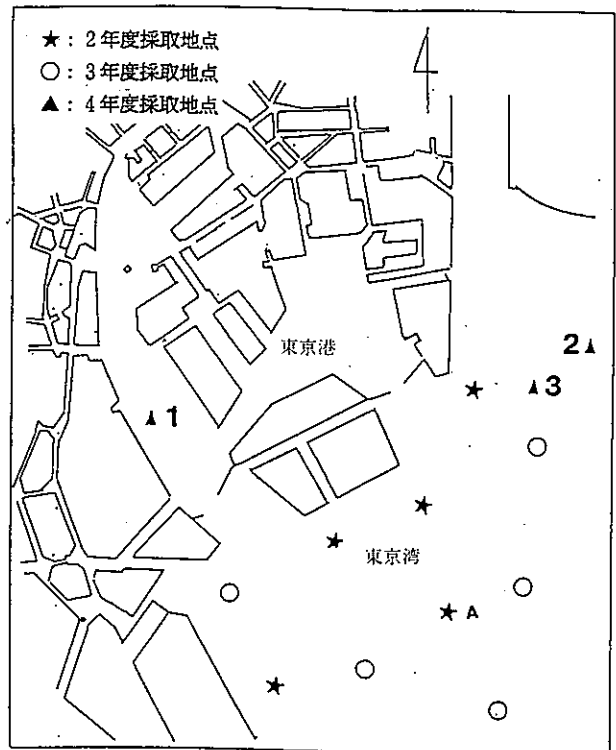


図1 試料採取地点

2 調査方法

(1) 試料採取地点

図1に示す3地点

(2) 試料採取月日

平成4年9月11日

(3) 溶出量の測定方法等

前々報¹⁾、前報²⁾と同じく下記のコア法によった。内径19mm、高さ1.2mのアクリル製パイプで海底から底質をその直上海水とともに不攪乱採取した。実験室内で底

質の厚さを30cmに調節し、底質上の現場海水を濾過海水と置換した後、室温25℃の恒温室内に20日間静置し、海水の水質を経時的に分析して、水質と海水量とから水柱内の目的成分の存在量の経時変化を求めた。CODおよび栄養塩類の溶出速度は、底質単位面積当りの各成分の存在量を縦軸に、経過時間を横軸にプロットして得られた直線、すなわち、次式により求めた。

$$R = dM/dt$$

ここに R：溶出速度 (mg/m²/日)

M：底質単位面積当りの成分の存在量
(mg/m²)

t：時間 (日)

なお、測定時の溶存酸素条件は、好気と嫌気の2条件とした。

3 結果と考察

(1) 平成4年度調査結果

試料採取地点の底質分析結果を表1に、地点別、項目別溶出速度測定結果を表2に示した。

4年度調査地点のうちSt.1と2は、東京都内湾では比較的底質の汚染程度が低いと考えられる地点、St.3は底質表層を除去して浚渫の効果を検討するために設定した地点である。

底質の性状は、St.1、2、3の順に有機汚染程度が高くなっているが、そのうち東京港内大井埠頭地先のSt.1の

ものは含水比が小さい(87%) 堅い泥質で、他地点のものと比較してかなり低い汚染程度であった。なお、この場所は水質保全部の調査⁹⁾でも軟泥(いわゆるヘドロ)の堆積がほとんど無かった場所である。

COD、DTN(溶解性全窒素)、DTP(溶解性全りん)の底質からの溶出速度は、かなり大きい値を示しているが、地点別には、底質の有機汚染状況を反映してSt.1では比較的小さい値を、St.3では比較的大きい値を示している。特に、St.3におけるCODの溶出速度は609mg/m²/日で、本調査におけるもっとも大きな値を示していた。

(2) 結果の考察

平成2年度～4年度における、東京都内湾の底質からのCOD、DTN、DTPの溶出速度の測定結果を整理して表3に示した。

3年間の結果を見ても、COD、N、Pの嫌気状態での溶出速度は、東京湾々奥部における底質の高い有機汚染状況を反映して、総体的に大きい値を示しており、また好気状態のそれよりも大きくなっている。

前報でも述べたように、既存の測定例^{9)~11)}からみると、海底からの嫌気状態での溶出速度は、東京湾全体では、

CODで 50~500mg/m²/日、

N で 30~300 "

P で 5~40 "

程度であった。そのうち今回の測定結果に匹敵する大き

表1 底質分析結果

試料	含水比 (%)	強熱減量 (%)	硫化物 (mg/g)	COD (mg/g)	pH	ORP (mV)	TOC (mg/g)	T-N (mg/g)	NH ₄ -N (mg/g)	T-P (mg/g)	PO ₄ -P (mg/g)
St 1	87	6.2	0.29	11.7	7.7	-147	12	1.42	0.02	0.42	0.30
St 2	183	8.6	1.47	20.3	7.7	-171	17	2.07	0.02	0.50	0.41
St 3 上層	374	10.8	2.21	44.8	7.6	-186	27	2.86	0.05	0.75	0.45
St 3 中層	120	8.6	1.57	22.6	7.7	-171	28	2.52	0.01	0.72	0.42
St 3 下層	117	8.5	1.37	24.3	7.9	-169	31	2.79	0.05	0.78	0.43

注 St 3上層：底泥表層を除去せず St 3中層：底泥表層0~35cm除去 St 3下層：底泥表層0~70cm除去

表2 地点別・条件別溶出速度
(単位：mg/m²/日)

地点	条件	COD	DTN	DTP	PO ₄ -P
St 1	好気	29	9	2	2
	嫌気	149	45	11	11
St 2	好気	58	15	0	0
	嫌気	253	105	15	15
St 3	嫌気	609	147	24	23

表3 溶出速度測定結果総括表

単位(mg/m²/日)

項目	条件	テ-ク数	平均値	範囲	標準偏差	変動係数%
COD	好気	12	62	29~82	14	23
	嫌気	12	302	160~609	138	46
DTN	好気	12	80	9~210	63	79
	嫌気	13	126	45~243	67	52
DTP	好気	12	5.7	0~14	4.0	70
	嫌気	13	22.2	9~34	8.5	38

な値は、都内湾を含む湾奥部で得られている。以上のことを勘案すると、今回の測定結果は、既存の測定結果を補完するものであったと考えられる。

底質からのCOD、N、Pの溶出は、底質のCOD、N、Pの含有量に大きく影響されると考えられる。今回の調査でも底質の性状及び溶出速度には地点差がありその幅も広い。そこでそれら成分の底質中の含有量と溶出速度との間の相関関係について検討したが、予想に反してあまり明瞭な関係はみられなかった。これは底質に地点差はあるものも、高い有機汚染レベル内での相対的な地点差であって、絶対的な意味での低汚染レベルから高汚染レベルまでの地点差ではないため、底質中のCOD、N、Pの含有量が溶出速度の差に対して支配的に影響していたのではなく、底質表面の新生堆積物の量あるいは微生物活性の大きさなど他の要因の影響も大きかったためと考えられる。

しかしながら、嫌気状態におけるCODの溶出速度と底泥のCOD含有量、強熱減量及び含水比とのあいだ、同じくDTPの溶出速度と底泥のPO₄-P含有量とのあいだに相関係数が0.5~0.6程度の関係が認められたので、それらの溶出速度と底質の成分との関係(回帰式)を下に示した。

$$\begin{aligned} \text{COD溶出速度 (mg/m}^2\text{/日)} \\ = 5.71 \times \text{COD含有量 (mg/g)} + 104.5 \\ r = 0.53 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{COD溶出速度 (mg/m}^2\text{/日)} \\ = 41.5 \times \text{強熱減量 (\%)} - 104.7 \\ r = 0.60 \end{aligned}$$

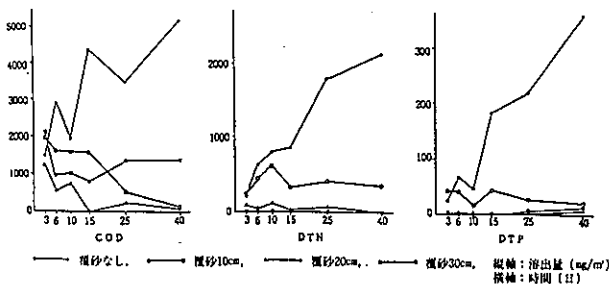


図2 覆砂実験中の溶出量の経時変化(嫌気条件)

$$\begin{aligned} \text{COD溶出速度 (mg/m}^2\text{/日)} \\ = 0.641 \times \text{含水比 (\%)} - 144.2 \\ r = 0.61 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DTP溶出速度 (mg/m}^2\text{/日)} \\ = 93.4 \times \text{PO}_4\text{-P含有量 (mg/g)} - 17.1 \\ r = 0.68 \end{aligned}$$

(3) 覆砂、浚渫の効果

沿岸海域や港湾の底質改善手段として浚渫や覆砂がある。東京湾富栄養化対策においても、底泥からのCOD、N、Pの溶出抑制対策として現在港湾区域で行われている堆積汚泥の浚渫の拡充や覆砂が検討されている。本調査においても、これら対策の効果について若干の検討を行った。

平成2年度には、環境基準点St.25(図1のA地点)で採取した試料について、底質の表面を清浄な砂で10、20、30cmの厚さに覆い、前述のコア法で溶出実験を行い、底質からのCOD、栄養塩類の溶出に対する覆砂の効果を検討した。その結果を表4、図2に示した。試料採取地点は堆積汚泥量が多く、実験に用いた底質は有機汚染程度の高いものであるが、実験室的には20cm、30cm程度の覆砂でCOD、N、Pの溶出を相当期間抑制できるこ

表4 覆砂・浚渫実験結果(嫌気、水温25°Cにおける溶出速度)

	単位(mg/m ² /日)			
	COD	DTN	DTP	PO ₄ -P
覆砂なし	207	71	9	9
" 10cm	0	4	4	0
" 20cm	0	0	0	0
" 30cm	12	0	0	0
底泥除去せず	609	147	24	23
" 35cm	108	50	13	13
" 70cm	55	116	22	21

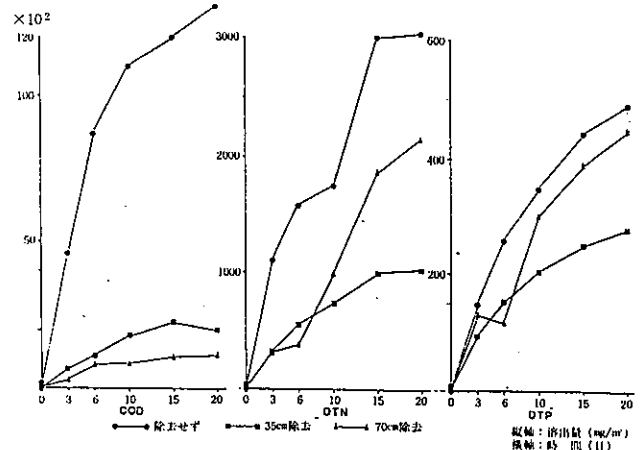


図3 汚泥除去実験中の溶出量の経時変化(嫌気状態)

とがわかる。

平成4年度の調査において、St.3で採取した試料について、底泥を表面から35cm除去した場合（以下、35cm除去という）、70cm除去した場合（以下、70cm除去という）のCOD、栄養塩類の溶出速度を測定して、それらの海底からの溶出に及ぼす浚渫の効果を検討した。その結果を表4、図3に示した。それによると、CODについては35cm除去、70cm除去の溶出速度はともに除去しない場合に比較して著しく小さくなっている。それに対して、DTN、DTPの溶出速度は、35cm除去では除去しない場合に比較してかなり小さくなっているが、70cm除去ではそれほどでなく、DTNでは2割強、DTPでは1割弱程度の減少にとどまっている。これらの結果の得られた理由の一つとして、35cm以深、70cm以深の底質は、表層の底質に比較して、COD、強熱減量、硫化物などでは明らかに小さな値を示しているのに対して、N、Pの含有量ではあまり差がないことが考えられる。

以上のように、実験室的には、覆砂、浚渫によるCODやN、Pの溶出抑制効果が確かめられた。しかし、実際の海域に適用する場合は、覆砂については、砂層の上に時間とともに新たな堆積物がたまっていくことを考慮すること、浚渫については汚泥の堆積厚や有機物、N、P含有量の深度分布を考慮することが必要なものと考えられる。

4 おわりに

東京都内湾の成層期の状態を想定して、水温25℃で底質からのCOD、N、Pの溶出速度を測定した。嫌気状態での溶出速度は、好気状態でのそれよりも大きく、これまで東京湾々奥部で測定されたもののなかでも大きめの値であった。

また、溶出速度と底質との相関関係から、COD溶出速度に対する底質のCOD、強熱減量、含水比の回帰式、

及びDTP溶出速度に対する底質の PO_4-P 含有量の回帰式が得られた。

さらに、底質からの有機物、栄養塩類の溶出抑制対策として浚渫や覆砂があるが、堆積量が多く有機汚染が進行している東京都内湾の底質に対してもこれらの対策が有効であることがわかった。

東京都が沿岸自治体と協調して行っている東京湾の底泥対策の推進にあたって、本調査結果が、対策効果の予測などの基礎資料として活用されることが期待される。

参考文献

- 1) 曾田京三、安藤晴夫：東京都内湾の底質が水質等に与える影響に関する調査結果について、東京都環境科学研究所年報1991-2、p.135~137.
- 2) 曾田京三、安藤晴夫：東京都内湾の底質が水質等に与える影響に関する調査結果について（その2）、東京都環境科学研究所年報1992、p.120~122.
- 3) 亀田泰武ら：閉鎖性水域底質中の栄養塩類について、公害と対策、14,6,(1978).
- 4) 千葉県環境部：東京湾栄養塩類調査報告書(1977).
- 5) 東京都公害研究所：東京都内湾の沿岸運河部の環境解析調査報告書(1979).
- 6) 環境庁水質保全局：東京湾における二次汚濁連絡会議資料、(1984)
- 7) (社)日本水質汚濁研究協会：水質総量規制推進検討調査—海域富栄養化シミュレーションモデル等調査—(昭和59年度環境庁委託業務結果報告書)(1985).
- 8) 曾田京三、安藤晴夫：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結果について、東京都環境科学研究所年報1988、p.81~83
- 9) 東京都環境保全局、三洋テクノマリン(株)：平成2年度東京都内湾汚泥堆積状況調査委託報告書、(1991).

Studies on Water Quality in Tokyo Bay

—Release Rates of COD and Nutrients from Sediments in Tokyo Bay (III)—

Kyozo Soda and Haruo Ando

The measurements of release rates of organic matters, nitrogen and phosphorus from bottom sediments in the inner bay of Tokyo were carried out. The following results were obtained;

- (1) The average release rates (unit:mg/m²/day) of COD(Chemical Oxygen Demand), DTN(Dissolved Total Nitrogen) and DTP(Dissolved Total Phosphorus), in anaerobic state at 25°C, were 302, 126 and 22 respectively.
- (2) For lessening COD or nutrients loads from sediments, it proves to be effective to cover bottom sediments with sand and to dredge the surface sediments.

Further, the relationship between the release rate and sediments qualities have been discussed.