

運輸省第四港湾建設局 正員 高岡征二郎
(元 第五港湾建設局)
運輸省第五港湾建設局 正員 馬場孝博
運輸省第五港湾建設局 正員 鹿田正一

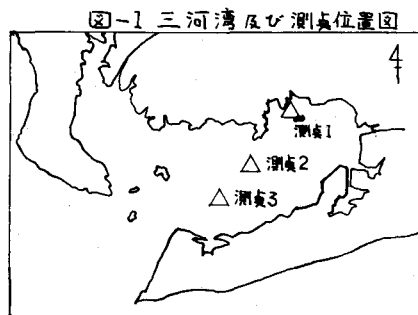
1. はじめに

三河湾は海域面積510km²、平均水深9.2mであり図-1に示すとおり海岸線が複雑で、狭い湾口(湾口幅約10km)には島が散在する等浅海性且つ閉鎖性内湾である。したがって植物プランクトンによる生産作用、バクテリア等による分解作用、底質からの溶出作用及び底質への沈降作用による有機物・栄養塩類といった物質の循環が海域の水質汚染に及ぼす影響の大きいいわゆる富栄養化的な海域であると考えられる。生産作用及び分解作用については既に第33回年次学術講演会で報告したが、今回は植物プランクトンによる生産作用における主要な要素である栄養塩類の底質よりの溶出機構を解明するために実施した「三河湾底質調査」について報告する。調査は昭和53年8月に水質及び底質の実態調査及び柱状採泥した試料を実験室内に搬入しての溶出実験を実施したものである。実態調査は水質と底質の境界付近で堆積する前に浮遊している沈降物質(以下浮泥と呼ぶ)及び底質から水質へ物質が溶出する際に経由する底質中の間隙水に注目して試料を直上水、浮泥(さらに浮過をして浮泥浮液と浮泥残渣に分離した。)、間隙水及び底質に分離して構造的に実態を把握した。

2. 調査方法

①水質・底質の実態調査

図-1に示す測点において、潜水土がアクリル製コアサンプラー(φ10cm,長さ1m)を底質中に押し込み底質と直上水を同時に採取する。サンプルは実験室内に搬入し、直上水、浮泥浮液、浮泥残渣(サンプラーから注射器で浮泥をとり、これを浮過して浮液と残渣に分離した。)、間隙水(底質試料の一部から円心分離により抽出した。)、及び底質の各々の分析試料を採取し分析を行った。



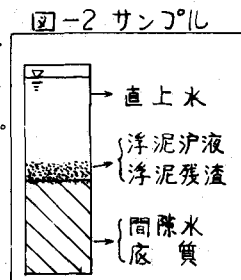
②溶出実験

①と同じ要領で採取したサンプルを実験室内に搬入し、サンプラーのまま20日間現地水温に保ち静置しておく。実験開始時及び1, 3, 5, 10, 15, 20日目に各々直上水を採取して水質分析を行い、直上水質の経時変化から底質よりの溶出速度を求める。

3. 調査結果

海域における有機物の生産作用における重要な要素である $PO_4^{3-}P$ (リン酸態リン)、 NH_4^+N (アンモニア態窒素)の底質からの溶出機構としては次のように考えられる。

(小山, 1978) $PO_4^{3-}P$ の場合、還元性堆積物中では、(1) $Fe(OH)_3 \rightarrow Fe(OH)_2 \rightarrow Fe^{2+} + 2OH^-$ 、(2) $FePO_4 \rightarrow Fe_3(PO_4)_2$ 、(3) $SO_4^{2-} \rightarrow S^{2-}$ 、(4) $(Fe)_3(PO_4)_2 + 3S^{2-} \rightarrow 3FeS \downarrow + 2PO_4^{3-}$ という化学反応が起っている。高度な還元状態では(3)式により S^{2-} が豊富に存在するため、(4)式の反応が盛んとなり $PO_4^{3-}P$ が溶出する。一方 NH_4^+N の場合、バクテリアによってたん白質性有機物がアミノ酸等に分解され、さらにアミノ酸は NH_3 (アンモニア)等に分解される。この NH_3 が水に溶けて NH_4^+N となり間隙水を経て水質と移行していく。従って NH_4^+N の溶出は $PO_4^{3-}P$ と異なり、底質の酸化還元条件にではなくバクテリアの活性に依存している。なおバクテリアは有機物含有量が多く、粒度の細かい土質に繁殖しやすいといわれている。



以上の観測から水質・底質の実態調査及び溶出実験結果を要約すると、〈測点1〉では直上水のDO(溶存酸素)は0となっている。直上水のCODは3測点中最高であり、TOC(全有機炭素量)も浮泥・汚泥では最高で、直上水、浮泥・残渣、底質でも測点2について高く、有機物含有量の多いことを示している。また浮泥・残渣、間隙水のアミノ酸も最高であり、これらのことは NH_4^+-N の溶出速度が最も速いこととよく対応している。一方 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ は直上水では高く、溶出速度も3測点中最も速い値を示しており、還元状態では $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ が溶出しやすいという前述の溶出機構をよく表しているといえる。

〈測点2〉では直上水のDOは測点1に比べ高い。直上水、浮泥・残渣、間隙水及び底質のTOCは3測点中最高であり、有機物含有量は高い。またアミノ酸含有量も測点1について多く、これらに対応して溶出速度も測点1と同様に速い。 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ の溶出速度は、測点1に比べDO濃度が高いため小さくなっている。

〈測点3〉ではDO濃度は3測点中最も高い。TOCは直上水、底質で最も低く有機物含有量が低いことを示している。またアミノ酸も浮泥・残渣、間隙水で最も低く、これに対応して NH_4^+-N の溶出速度も3測点中最も遅い。 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ の溶出速度も最も遅い。DO濃度が高く溶出を抑制する条件下にあることを示している。しかしながら浮泥・汚泥には3測点中最高の $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ が認められた。このことは浮泥・汚泥、浮泥・残渣、間隙水及び底質においてかなりの S^{2-} がみられ、また Fe^{2+} が定量限界以下の値しか示していないことを考え合わせると浮泥以下の下層では還元条件下にあり、前述の①～④により Fe^{2+} は FeS として固定され(還元条件下では S^{2-} は Fe^{2+} より相対的に多く存在しているため Fe^{2+} が FeS として固定され減少しても S^{2-} は存在する。)、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ が溶出していると考えられる。しかし直上水が溶出を抑制する条件下にあるため、浮泥・汚泥中に蓄積されているものと考えられる。

4. おわりに

以上述べたとおり、浮泥、間隙水、底質によって有機物・栄養塩類の分布はかなり異なっており、今後は単に泥のみならず浮泥、間隙水も考慮した底質構造を有機物含有量、アミノ酸含有量及び酸化還元条件という観測からとらえ、その海域に対応した底質浄化方法を検討し、総合的な海水浄化対策を講ずる必要がある。

最後に本調査を実施するにあたり名古屋大学名誉教授 小山忠四郎氏等より貴重な指導助言を賜わったので、ここに謝意を表する。

参考文献:「環境創造」1978 NO12

表-1 水質・底質の実態調査結果

項目	測点1					測点2					測点3				
	直上水	浮泥	残渣	間隙水	底質	直上水	浮泥	残渣	間隙水	底質	直上水	浮泥	残渣	間隙水	底質
DO	0					1.5					3.3				
COD	3.3					3.0					2.8				
TOC	4.5	4.4	27.1	11.5	29.6	5.5	1.5	33.4	13.2	32.6	4.0	2.4	21.4	12.8	23.3
NH_4^+-N	0.040	1.65	0.47	16.3	0.213	0.036	0.028	0.49	17.2	0.351	0.023	0.982	0.45	10.5	0.221
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	0.105	0.058	0.91	3.10	0.293	0.127	0.025	1.04	3.43	0.481	0.070	0.328	2.36	1.61	0.374
アミノ酸			21.5	0.49	11.0			14.8	0.35	14.3			14.2	0.26	12.2
S^{2-}		0.05	0.03	0.04	0.13		0.06	0.03	0.10	<0.01		0.05	0.50	0.11	0.06
Fe^{2+}		<0.1		<0.1			<0.1		0.4			<0.1		<0.1	

表-2 溶出実験結果(溶出速度) (単位: $\text{mg}/\text{m}^2/\text{日}$)

項目	測点1			測点2			測点3		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
NH_4^+-N	-2.83	55.34	10.58	1.18	28.84	10.04	-9.48	12.99	1.30
$\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$	1.91	7.09	3.24	0.03	1.80	0.76	-3.79	0.42	-0.73

注) 1, 3, 5, 10, 15, 20日目の各測定日における濃度と初期濃度の差から溶出量を求め、各々1日当りの溶出量に換算し溶出速度とした。また平均値はこれらの単純平均値である。