

# 東京湾及び相模湾の底質について

矢沢敬三・土屋久男・池田文雄

Surficial sediment in Tokyo Bay and Sagami Bay

Keizou YAZAWA\*, Hisao TSUCHIYA\*, and Fumio IKEDA\*

## はしがき

東京湾の環境は良化の傾向にあるといわれているが赤潮や貧酸素水は相変らず頻繁に発生している。

東京湾全域にわたる底質の汚染に関する調査例をみ

ると、一都三県公害防止協議会による東京湾総合調査(1971)、関東地方建設局、新日本気象海洋株式会社による東京湾汚濁調査(1971)、当水産試験場による東京湾口・相模湾沿岸の底質調査報告(1974)等がある。

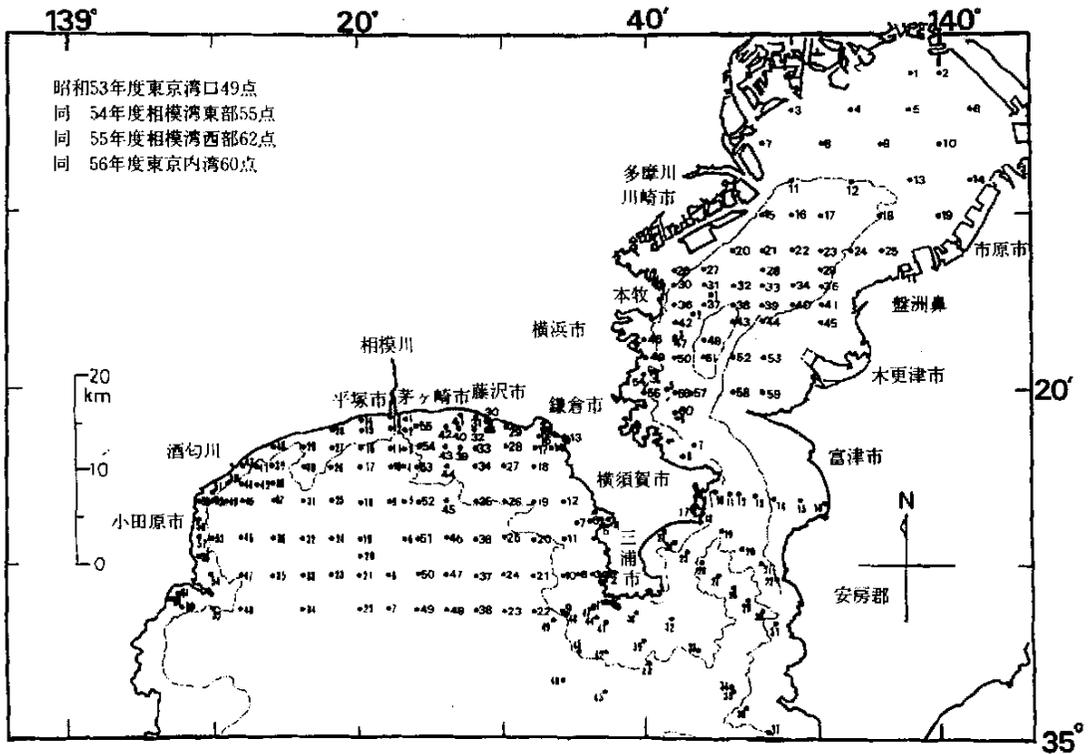


図1 採泥位置

これらの調査により、1970年代初期の底質汚染の実態が明らかにされた。その後、環境汚染の防止に関する様々な施策がとられ、底質の汚染の実態は当時と比べて変化していることが予想されるが、調査例が断片的なために実態を充分には握できない状態にあった。

このため、東京湾・相模湾の全域にわたる底質調査を計画し、昭和53年から同56年にかけて、東京湾口、相模湾東部、同湾西部、東京内湾の順に調査を実施した。

この結果、東京湾では多摩川河口沖に高い汚染域があること、水銀汚染が減少していること、相模湾については相模川河口沖にある平塚海底谷の部分に諸成分（調査項目）のやや高い堆積域があること、有機汚染のレベルが東京湾に比べてかなり低いこと等が明らかになった。

#### 試料採取と分析方法

##### (1) 試料採取

当県調査船「うしお」（17.99トン、船長松崎栄寿他2名）により表1のとおり行った。

##### (2) 分析方法

採取した試料は冷蔵保存し翌日分析に供した。但し、銅、カドミウム、鉛、PCBについては混和した試料の一部を凍結保存し、後日分析委託会社に供した。

COD, 全硫化物, 酸素吸収量...水質汚濁調査指針

水銀...湿式分解還元気化法

鉛, 銅, カドミウム...原子吸光度法

表1 採泥年月、採泥点数及び採泥位置

海 域 名	採 泥 年 月	採泥点数・採泥位置
東京湾口	昭和53年8月～同54年2月	49点・図1
相模湾東部	同54年7月～同年11月	55点・同上
相模湾西部	同55年5月～同年11月	62点・同上
東京内湾	同56年8月～同年11月	60点・同上

PCB...環水管第120号記載の底質調査法

#### 調査結果

##### 各成分の水平分布について

東京湾次いで相模湾の順に述べる。なお各成分の水平分布を図2-1～2-8に示した。

##### (1) 含泥率（図2-1）

ここでは粒径が62.5μ未満の含量百分率を含泥率とした。含泥率は表2にみられるようにCODとの相関が高い。

##### ア 東京湾

東京湾は含泥率から3海域に区分できる。

##### (ア) 含泥率が80%以上の海域

この海域は富岡地先のSt.42,47,50,56のやや深い海域および本牧から盤洲鼻を結ぶ線以北の通常湾奥と言われている海域である。

前者は横浜地先と中ノ瀬に挟まれた部分で、水深40～50mの溝状を呈している。ここは陸水の影響の強い湾奥水の南下流路となっている。後者はヘドロが厚く堆積しており、CODが高く、夏季から初秋にかけて底層水は貧酸素化する。

##### (イ) 含泥率が60～40%の海域

浦賀水道の水深200m以深の部分で、この部分は深海であるため海水のじょう乱が少なく、堆積した泥質分は移散しにくい。

##### (ウ) 含泥率が40%未満の海域

中ノ瀬以南の海域がこの海域に当たる（但し上記海域を除く）。

この海域の神奈川県側は岩礁性に富んだ、起伏の激しい地形であるが、千葉県側は遠浅で砂浜が発達している。いずれの海域も海水の流動が活発なために沈降物の堆積は少なく、CODや重金属等の含量は少ない。

##### イ 相模湾

図3にみられるように三浦半島沿岸は海脚が発達し、海丘が点在している。一方小田原市沿岸は急深となっている。

含泥率が80%以上の高い海域は城ヶ島西方沖、平塚

表2 含泥率と他成分との相関係数（n：資料数）

海 域 名	対 象 成 分 名									n
	水 深	泥 温	COD	全硫化物	水 銀	銅	鉛	PCB	BOD	
東京内湾	-0.01	0.11	0.79	0.56	0.42	0.52	0.46	0.37	0.55	28
東京湾口	0.70	-0.81	0.95	0.80	0.73	0.50	0.10			14
相模湾	0.50	-0.71	0.86	0.25	0.59	0.60				74

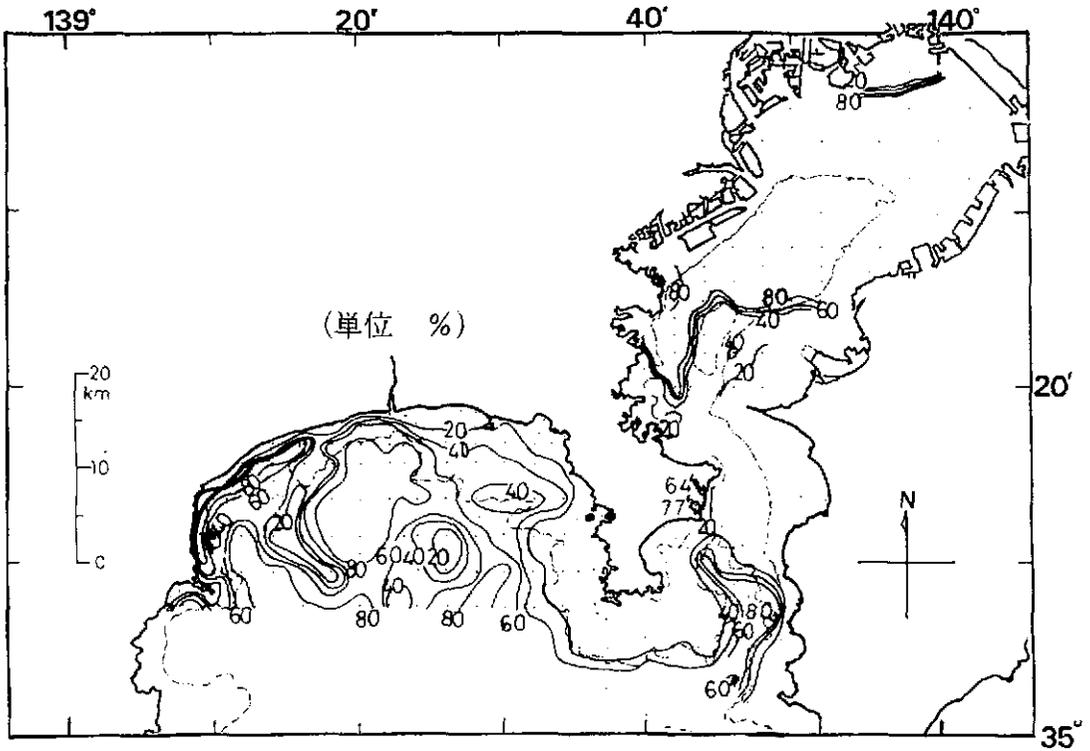


図 2 - 1 含泥率水平分布

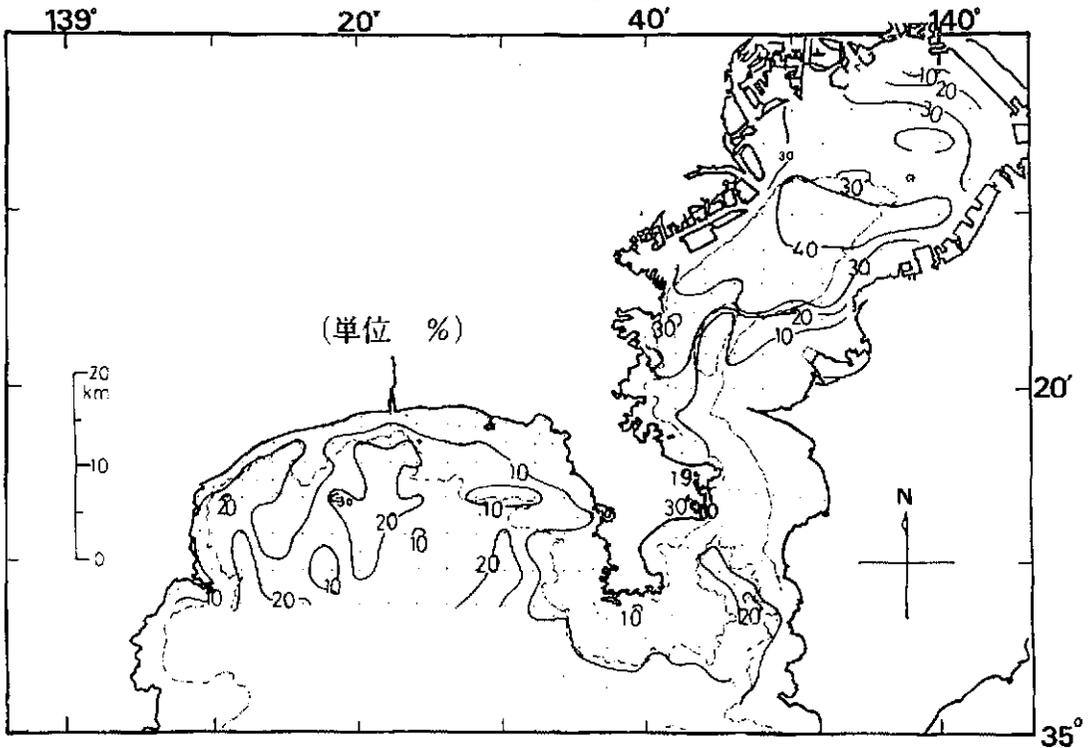


図 2 - 2 - 1 COD水平分布

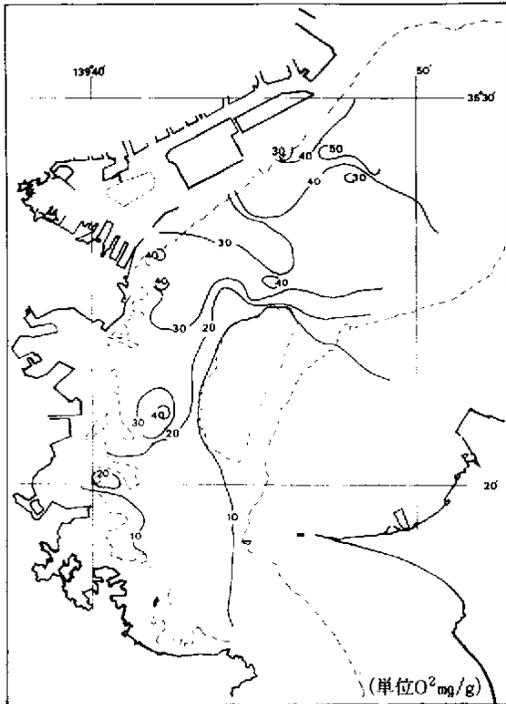


図 2 - 2 - 2 昭和37～39年のCOD水平分布  
(金沢分場の資料から矢沢作成)

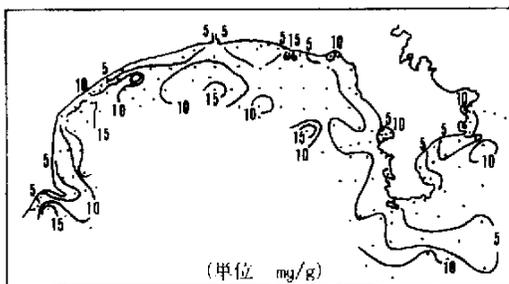


図 2 - 2 - 3 昭和46年裏季COD水平分布(下里他)

市沖、小田原市地先、真鶴埼沖等の深海域にみられる。このうち平塚市沖にある平塚海底谷内にはCOD、その他の高い蓄積が認められる。また漁場として利用されている相模海丘は砂質に富み、瀬ノ海には鋭角を持つ粒子が卓越分布している。藤沢市地先からst.23までの三浦半島西岸域では多量の雲母片の混入が認められた。

## (2) COD (図 2 - 2 - 1 ~ 2 - 2 - 3)

CODは有機汚染の指標として利用される。この調査では1.4～48.7mg/gの値が観測された。それらの分布は含泥率の分布と酷似しており、CODの低い所では含泥率は低く、高い所では含泥率も高い。

### ア 東京湾

含泥率が80%以上の海域では30mg/g以上となっている。なかでも多摩川河口から姉崎にかけて、湾を横断するように40mg/g以上の高い分布域がみられる。

図 2 - 2 - 2 に昭和30年代後半のCODの水平分布を示した。現在は40mg/g未満の分布域となっている部分にも、当時は40mg/gの分布域が所々にみられた。また、建設省(1972)の調査によれば、昭和46年度当時湾奥には50mg/g台のCODが広い範囲にわたって分布していると報告されている。これらの結果と昭和56年の調査結果を比べると、最近わずかではあるが良くなっていると言えそうである。

湾口域では久里浜港内で30.5mg/gと幾分高い値がみられる他は概して低い。

### イ 相模湾

東部、西部海域とも30mg/g (st.25で30mg/g) 以下であった。

表層は酸化泥で覆われ、異臭はない。西部海域の方が東部海域よりもCODの高い分布域が広く存在している。

下里他(1974, 図 2 - 2 - 3) は、相模湾のCODの分布について、接岸域で低く、相模川河口沖に高い分布域があることを報告している。今回更に広範囲に調査することによって、この分布パターンを明確にした。

また、当時みられなかった20mg/g以上の分布域が存在していることおよび10mg/g台の分布が広範囲に及んでいること等が明らかとなった。

### ウ CODによる底質汚染の評価

CODの基準値について、水産用水基準では20mg/gとしていることが、COD30mg/gでも普通の泥と考えられることも多いと指摘している。

ここでは本県沿岸域において、妥当とすべき基準値について以下のとおり検討結果、30mg/gが適当との結果を得た。

この基準値から、東京湾奥は著しく汚染しているが、東京湾口および相模湾は正常と判断できる。

### 基準値の算出について

図 4 にCODと含泥率の相関を示した。両者は高い正の相関を有している。東京湾口、相模湾東部、相模湾西部の関係式は次式で与えられる。

$$\text{東京湾口 } Y = 3.2X - 4.9$$

相模湾東部  $Y = 3.7X - 3.3$

相模湾西部  $Y = 3.3X + 13$

(但し, Y: 含泥率 X: COD)

いずれの海域の関係係数も3~4の範囲にある。このことは泥質に対するCOD負荷がいずれの海域もほぼ同じであることを意味しており、COD負荷の由来が類似しているためと考えられる。但し、東京内湾の場合CODが30mg/gを超えると含泥率との相関が著しく悪くなるが、この原因として、大量に発生する赤潮生物などの、生物系由来の推積物の含有割合が増えることが考えられる。このような二次的汚染の影響がない場合のCODの最高値は、東京湾口、相模湾東部および同湾西部の上記関係式において、含泥率を100%とした場合に近似値として与えられる。

計算の結果、3海域のCOD値は33mg/g, 28mg/g, 27mg/gで平均29.3mg/g, すなわち約30mg/gの結果を得た。そこで、30mg/g以下の数値を使って東京内湾の含泥率とCODの関係を求めると、相関係数は0.93 ( $r.01 = 0.45$ )、関係式は下記のとおりとなり、他3海域と

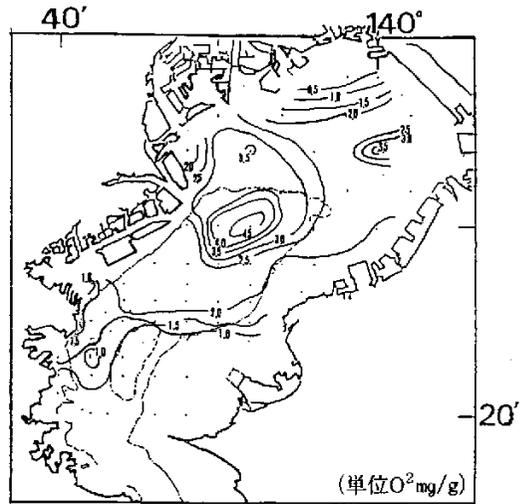
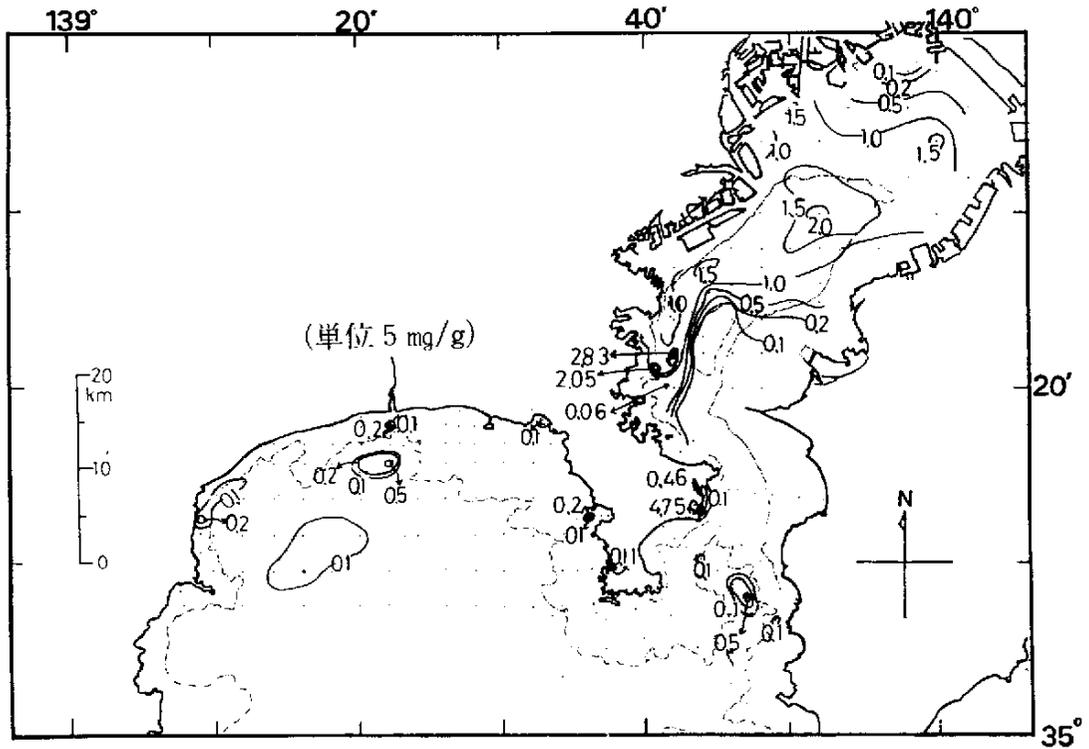


図2-3 酸素吸収量水平分布



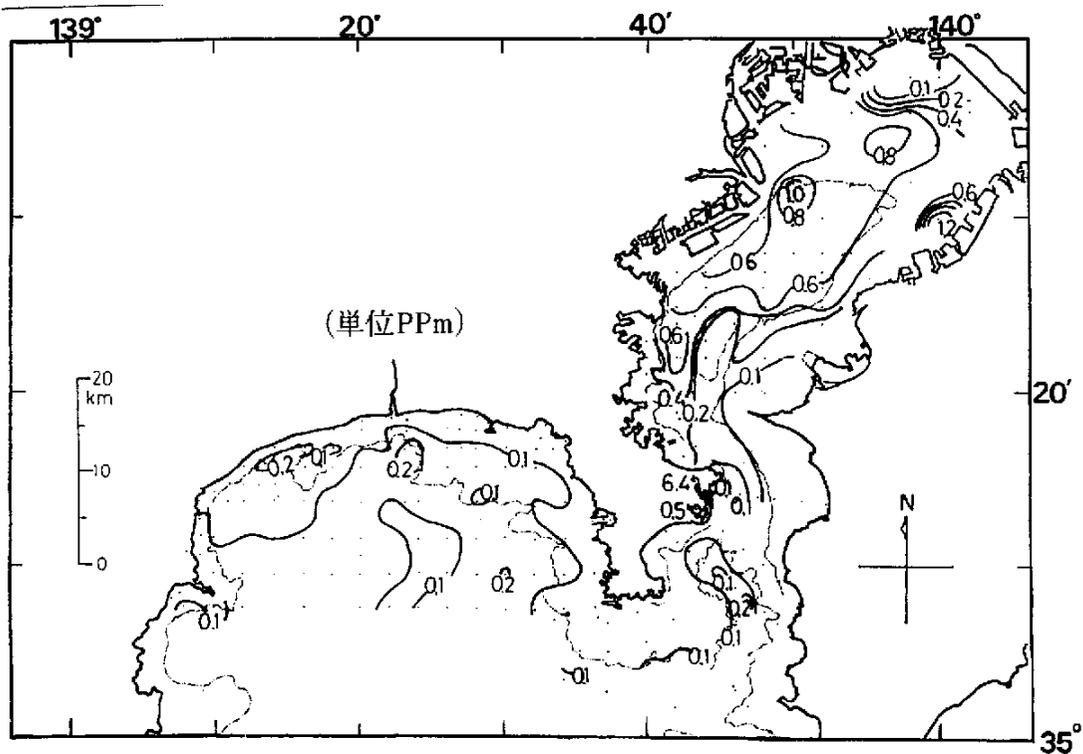


図 2 - 5 - 1 水銀水平分布

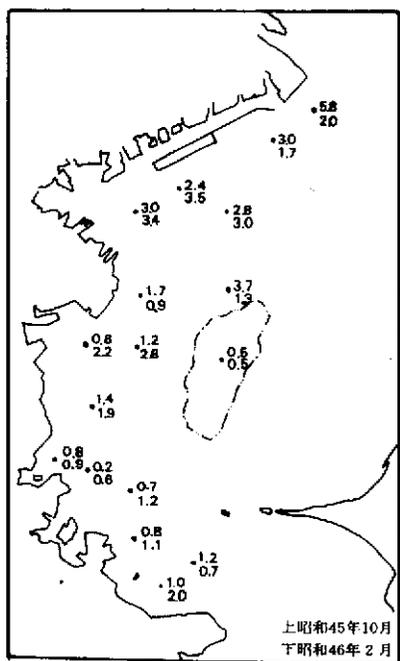


図 2 - 5 - 2 昭和45年度水銀水平分布(土屋他)

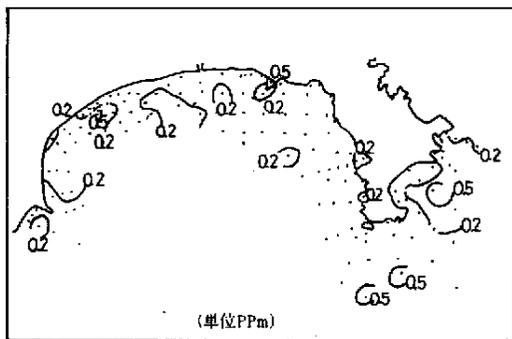


図 2 - 5 - 3 昭和46年夏水銀水平分布(下里他)

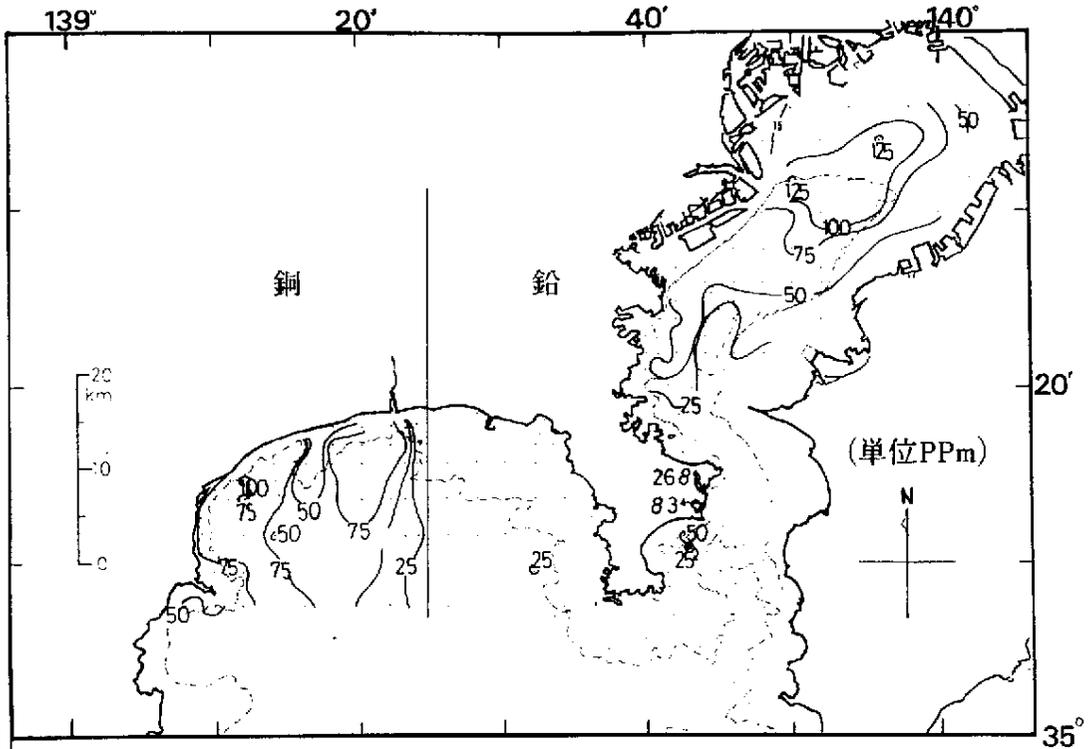


図2 - 6 銅、鉛水平分布

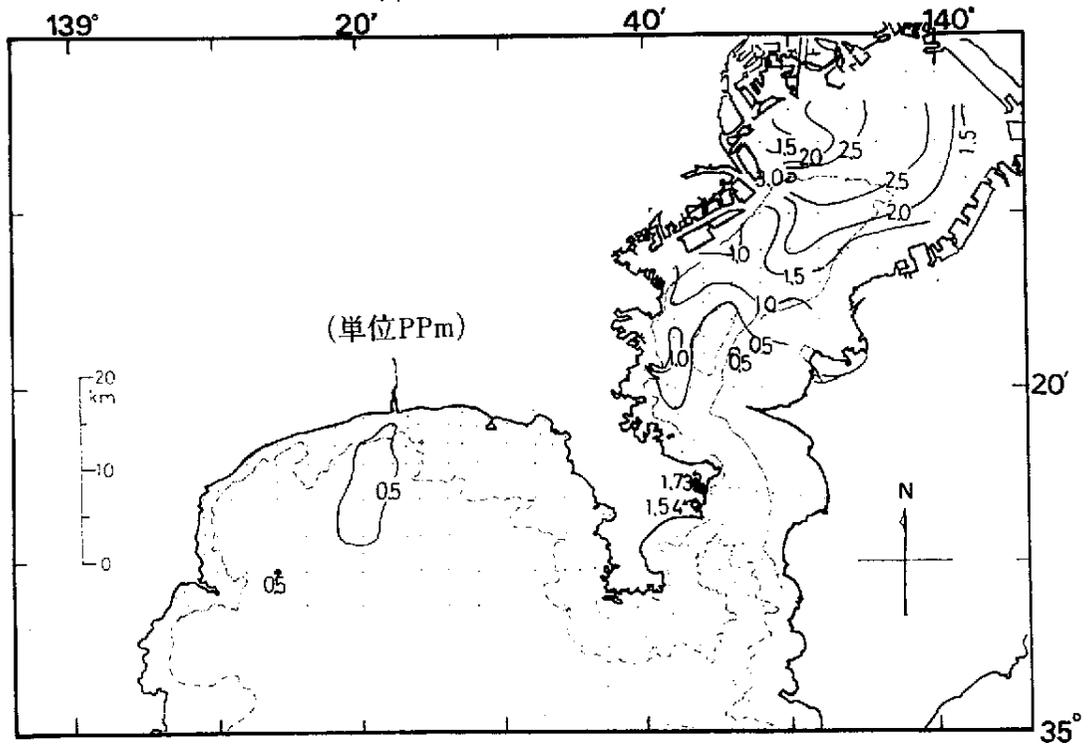


図2 - 7 カドミウム水平分布



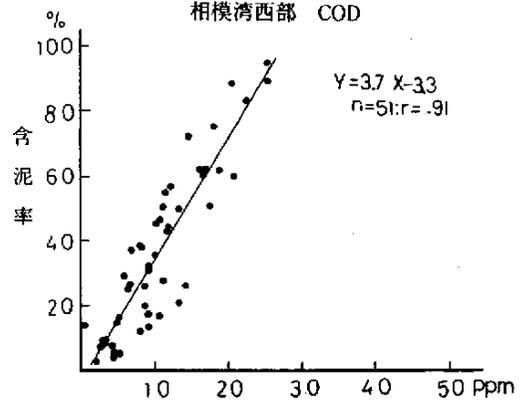
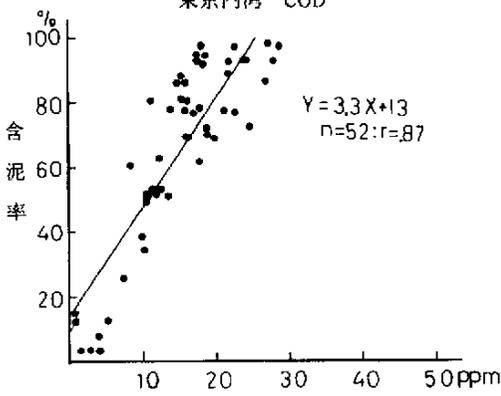
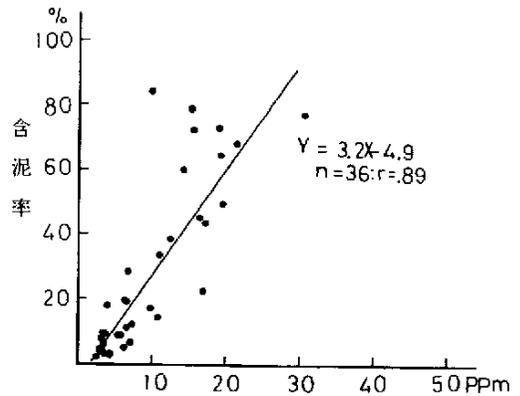
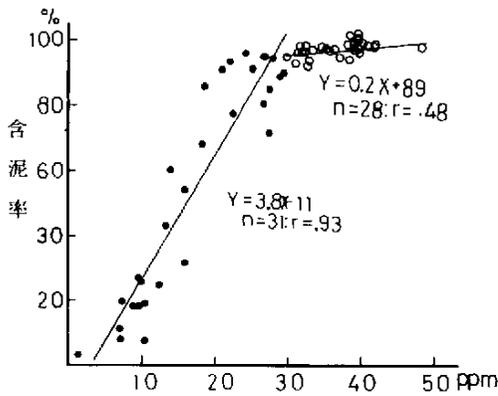


図4 含泥率とCODの関係

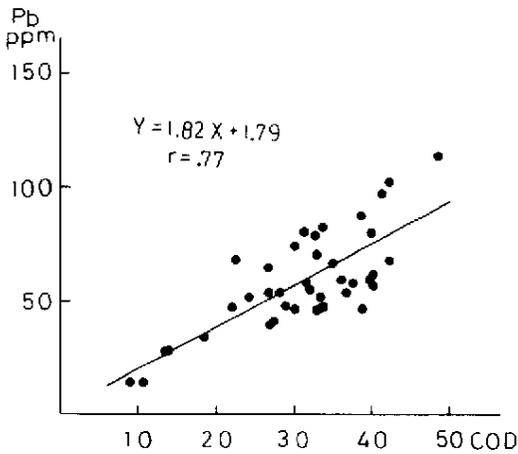


図5 PbとCODの関係

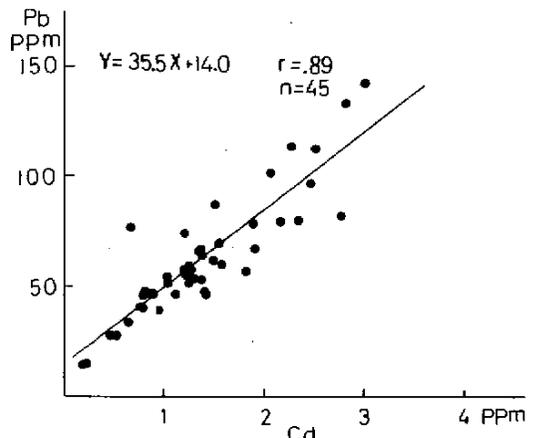


図6 PbとCdの関係

類似した関係となった。30mg/gを超えると上記関係が失なわれると共に両者の相関は悪くなる。

$$Y = 3.8X - 11$$

東京湾において、CODが30mg/gの海底土中の重金属の含量はどの程度か、また得られた濃度は正常値が否かを次により検討した。

東京湾におけるCODと鉛の関係について、当調査から、 $Pb = 1.82COD + 1.79$ の関係式を得た。同式からCOD30mg/gの場合の鉛は約56ppmである。

陶他(1981)は、東京湾の泥中の鉛のバックグラウンド値は35~60ppmであると報告している。

CODから得た鉛の含量56ppmはこのバックグラウンド値の範囲内にあり、しかもほぼ上限の値に相当している。

これらのことから自然環境下におけるCODの最高値は30mg/gとしてよからう。

### (3) 酸素吸収量(図2-3)

多摩川河口沖St.17を中心として、円形状に高い分布がみられる。

千葉県沿岸ではSt.10に3.5mg/gの高い分布域が認められる。この海域は例年夏季になると貧酸素化した底層水が認められる。

### (4) 全硫化物(図2-4)

#### ア 東京湾

多摩川河口沖St.17で2.1mg/g、中ノ瀬の西St.50で2.8mg/gと高い分布がみられた。

水産用水基準では0.2mg/gを基準値としているが湾奥ではほとんどの海域がこの値を上廻っている。

#### イ 相模湾

西部海域で高く、最高値はSt.10の0.59mg/g次いでSt.58が0.41mg/g、St.12が0.3mg/g、St17が0.29mg/gで、これらはいずれも西部海域に属している。

### (5) 水銀(図2-5-1~2-5-3)

#### ア 東京湾

千葉県市原市沖St.19で最も高く1.3ppmであった。次いで多摩川河口沖St.11が高く1.0ppmであった。

CODが高い海域は水銀含量も高く、30mg/g以上の海域では0.6ppm以上であった。

土屋他(1971)が昭和45年に調査をした結果を図2-5-2に示した。当時の含量は0.7~5.8ppmで、最近改良していることがうかがえる。

#### イ 相模湾

0.3ppm以下で東京内湾に比べてかなり低い。下里他(1974)が昭和46年に調査した結果を図2-5-3に示した。当時と比べ、0.2ppmの分布域は減少している。

### (6) 鉛(図2-6)

東京湾では多摩川河口沖に75ppm以上の高い分布が認められた。

図6にカドミウムとの関係を示したが、両者の相関が高いことから堆積過程の類似性がうかがわれる。

### (7) 銅(2-6)

下里他(1974)は相模湾では西部海域の方が含量が高いと指摘している。当調査では、このことから西部海域についてのみ調査を行なった。

平塚海底谷の一部および酒匂川河口沖に75~100ppmの分布が認められた。陶ら(1981)は東京湾のバックグラウンド値は泥質の場合40~60ppmとしている。この値を準用するならば、これらの海域の銅の汚染度は高いといえる。

### (8) カドミウム

#### ア 東京湾(図2-7)

多摩川河口から江戸川河口沖にかけて、南北方向に帯状に2.5~3.0ppmの分布が認められる。中ノ瀬以南(但し、横浜市地先~中ノ瀬間の深み、浦賀、久里浜港内を除く。)では0.5ppm以下となっている。

#### イ 相模湾

平塚海底谷およびSt.35に0.5~1.0ppmの分布がみられる他は0.5ppm以下で、東京湾口と同様に低水準にある。

### (9) PCB(図2-8)

#### ア 東京湾

多摩川河口沖のSt.12で最も高く0.17ppmであった。また浦賀および久里浜湾内は水銀、鉛、カドミウムと同様やや高い。

#### イ 相模湾

分布形状はカドミウムと酷似している。含量は不検出~0.1ppmで、検出した調査点は茅ヶ崎市以西の海域に偏していた。

### (10) 汚染域について

#### ア 東京湾

汚染域を見出す試みとして、主成分分析法による成分得点の分布を検討した。

図7に第1主成分による成分得点の分布を示した。成分得点の性格は数値結果表に示したように成分1の負荷量がどの項目も大差がないことから総合的な汚染の大小を表わしていると言える。

当湾ではSt.9,10,11,12,16,17を囲む海域の成分得点は高く、高い汚染域を形成している。

この海域では夏季になると底層水が貧酸素化するために、マクロベントスが激減する。

#### イ 相模湾

当湾は非汚染海域として、東京内湾などの汚染海域の対象として利用されるが、表7の銅にみられるように必ずしもどの成分も低いとは言えない。

含泥率やCOD、重金属等の含量の比較的高い海域が平塚海底谷にある。

この海域は今後底質によって環境汚染の動向を知る監視点として利用できる。

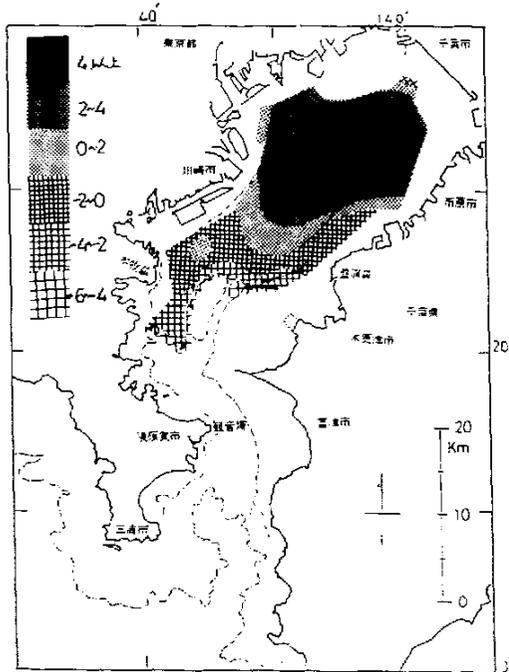


図7 成分得点の水平分布

表3 相関行列

	1	2	3	4	5	6
1	1.000					
2	0.620	1.000				
3	0.516	0.371	1.000			
4	0.643	0.516	0.620	1.000		
5	0.598	0.550	0.613	0.888	1.000	
6	0.701	0.660	0.359	0.711	0.731	1.000

表4 固有値及び寄与率

成分	固有値	寄与率
	4.064	0.677
	0.773	0.128
	0.508	0.084
	0.364	0.061
	0.187	0.031
	0.103	0.017

表5 因子負荷量の行列

変数	成分					
COD	0.827	-0.171	0.266	-0.443	-0.128	0.053
全硫化物	0.748	-0.449	0.305	0.374	-0.077	-0.019
水銀	0.691	0.598	0.315	0.064	0.163	-0.019
カドミウム	0.898	0.206	-0.274	0.006	-0.179	-0.210
鉛	0.898	0.179	-0.294	0.127	-0.068	0.232
BOD	0.854	-0.330	-0.223	-0.090	0.318	-0.042

表6 調査点の成分得点

St.	成分得点	St.	成分得点
C3	3.22	C28	1.89
4	1.74	29	1.19
5	2.87	31	0.85
6	-2.64	32	-1.14
7	-1.14	33	-0.21
8	3.43	34	0.01
9	6.39	35	-0.90
10	6.13	36	-1.01
11	9.03	37	-2.96
12	4.34	38	-2.42
15	0.25	39	-0.75
16	4.68	40	-3.58
17	8.72	41	-1.52
18	3.95	42	-1.72
19	3.46	43	-9.09
20	-1.05	46	-2.91
21	0.70	47	-3.03
22	3.77	50	1.32
23	1.24	53	-9.25
24	-0.28	54	-6.76
25	-3.29	55	-5.05
26	-2.03	60	-6.79
27	0.42		

表7 各成分の水域別最大値(但し狭い港湾を除く)

成分	A東京湾	B相模湾	A/B
COD(mg/g)	48.7	30.3	1.6
全硫化物(mg/g)	2.1	0.59	3.5
水銀(ppm)	1.36	0.31	4.5
カドミウム(同上)	3.0	0.64	4.6
PCB(同上)	0.17	0.11	1.7
銅(同上)		100	
鉛(同上)	143	27.2	

銅 平塚市地先以西についてのみ調査した。

鉛 茅ヶ崎市地先以东についてのみ調査した。

### 要 約

- (1) 本県沿岸域の底質をCODを用いて汚染, 非汚染判断する目安として, 30mg/gが適当である。
- (2) 東京内湾および相模湾について, CODからみると, 前者は著しく汚染している。後者は正常である。
- (3) 東京湾の海底中の水銀濃度は昭和46年と比べ低下している。
- (4) 東京湾では多摩川河口沖水深約20mの湾央にCOD, 重金属等の高い汚染域が存在している。
- (5) 相模湾では相模川河口沖にある平塚海底谷内にCOD, 重金属等の堆積域が存在している。
- (6) 相模湾西部海域(平塚市地先以西)の特徴とし

て, 原因は今のところ不明だが, 銅が高く, 75ppm以上の分布している海域が広範囲に認められる。

最後に本稿をまとめるに当たり, 諸計算の過程でご教示を頂いた水産課上條清光副技幹, ならびに, 内容について懇切に検討を頂いた中込淳資源研究部長に謝意を表する。

### 文 献

- 一都三県公害防止協議会(1972, 1973): 昭和46年度東京湾総合調査報告書, 132 - 159.
- 建設省関東地方建設局・土木研究所(1972): 昭和46年度東京湾汚濁調査, 64 - 67.
- 神奈川県水産試験場金沢分場: 昭和37~39年度事業概要および昭和45年度事業報告.
- レスリーJ. キング(奥野隆史・西岡久雄訳, 1980): 地域の統計的分析.
- 松江吉行編(1965): 水質汚濁調査指針, 167 - 197.
- 日本海洋学会(1979): 海洋環境調査法, 158 - 307.
- 下里武治・原口明郎・池田文雄(1974): 東京湾口・相模湾沿岸の底質調査報告書.
- 社団法人日本水産資源保護協会(1983): 水産用水基準(改訂版).
- 陶 正史・峯 正之・岩本孝二・当重 弘(1981): 東京湾海底堆積物の重金属汚染.