

伊勢湾海底堆積物の重金属汚染

陶 正史*・柴山信行*・峯 正之*・岩本孝二*
当重 弘*・稲積 忍*

HEAVY METAL POLLUTION OF BOTTOM SEDIMENTS IN ISE BAY

Masashi Sue*, Nobuyuki Shibayama*, Masayuki Mine*,
Koji Iwamoto*, Hiroshi Toju*, and Shinobu Inazumi*

Received 1981 August 27

Abstract

The horizontal and vertical distributions of chromium, zinc, copper, lead and nickel in the sediments in Ise Bay were determined. Judging from the results of the sedimentation rates determined by ^{210}Pb dating technique, the pollution of sediments by these heavy metals seemed to have been occurring since about 1960.

The concentration of these heavy metals at each sampling station was constant in the deeper part of the vertical distribution. The constant value was taken as the background concentration at each station considering the sedimentation rate. The amounts of artificial accumulation of these heavy metals were estimated at each station by integrating values which exceeded the background concentrations. These values were 0-510 for chromium, 0-1700 for zinc, 0-760 for copper, 0-1200 for lead, and 0-160 for nickel in units of $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ respectively. Moreover they were higher at the head of the bay.

From the horizontal distribution of these values, total amounts of artificial accumulation of heavy metals in Ise Bay were, respectively, found to be in tons, 1000 for chromium, 4800 for zinc, 1200 for copper, 1300 for lead, and 300 for nickel.

1. はじめに

伊勢湾沿岸には、名古屋南部工業地帯・四日市市・松阪市等の工業都市が密集しているうえ、閉鎖性の強い湾であることから、生活排水及び工場廃液による伊勢湾の海洋汚染は相当に進行しているものと思われる。海洋汚染の実態とその推移を定量的に把握し、さらに将来予測に関する知見を得るためには、汚染物質の負荷及び海洋環境におけるその物理的・化学的・生物学的挙動を解明し、汚染物質の物質収支を明らかにすることが必要であるが、これまでのところ、このような観点に立った調査研究は非常に少ない。特に海水中の重金属汚染については、超微量重金属の分析方法が十分に確立していなかったこともあり、過去のデータには信頼のおけるものが少なく、海水汚染の推移を定量的に把握することはすこぶる困難である。一方、内湾域における海底堆積物の重金属汚染については、比較的多数の調査研究がこれまでにに行われており、伊勢湾についても愛知県公害調査セン

* 海象課海洋汚染調査室 Marine pollution research laboratory, Oceanographic Division

ター (1977) の 500 点以上にも及ぶ調査をはじめとして、北野ら (1975)・森田 (1975, 1976)・西村 (1976)・運輸省第五港湾建設局 (1975)・海上保安庁水路部 (1975, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980) の報告等、多くの調査研究をみることができる。しかし、その大部分は表層堆積物の汚染の現況に関するものであり、汚染状態の推移を明らかにするような調査研究については、海水に関する調査と同様にほとんどみるべきものはない。

最近になって、松本及び横田 (1976, 1977, 1978 a, b) により、東京湾と大阪湾の海底堆積物の堆積速度及び海底堆積物中の重金属等の鉛直分布に関する研究が行われ、その結果、単位面積当たりの人為的汚染量として、堆積物中の重金属汚染の推移を定量的に把握する方法が報告された。

著者らは、松本らの方法をもとにして、東京湾全域の単位面積当たりの重金属の人為的堆積量を求め、これらの値から湾内全域に堆積した重金属の総量を報告したが (陶ら 1981)、本報告は、伊勢湾について海底堆積物の堆積速度を求め、重金属の鉛直分布から過去の汚染状態の時間的推移を推測するとともに、伊勢湾全域に堆積した重金属の総量を推算した結果をとりまとめたものである。

2. 試料及び分析方法

(1) 試料採取

試料の採取は、昭和 55 年 1 月、水路部所属の測量船「明洋」により行い、24 点の表層堆積物試料及び 11 点の柱状堆積物試料を採取した。また、昭和 56 年 2 月、測量船「拓洋」により表層堆積物試料及び柱状堆積物試料を各 1 点採取した。試料採取点を Figure 1 に示した。表層堆積物の採取にはスミスマッキンタイヤ採泥器を使用し、堆積物の表層 0～1 cm を分析用試料とした。また、柱状堆積物の採取には内径 9.5 cm のプラス

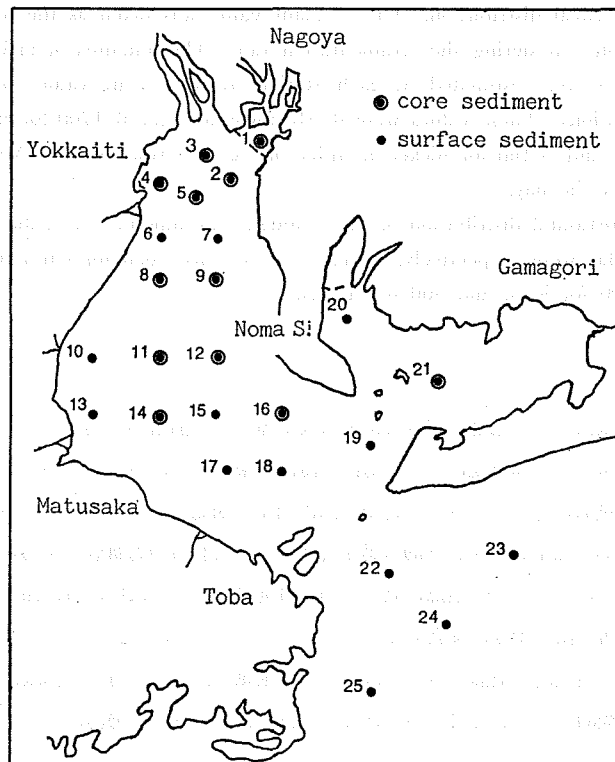


Figure 1 Sampling station in Ise Bay

チック製内管付の重力式柱状採泥器を用い、採取後、直ちに所定の各深さで1 cmの厚さに切断し分析用試料とした。

(2) 分析方法

堆積物試料は含水量を求めたあと、110°Cで乾燥し、振動ボールミル(タングテスンカーバイト製ポット)により粒径0.05 mm以下に粉碎した。これをアルミリング法により30 t/cm²の圧力で加圧成型し、重金属分析用試料とした。重金属の定量は蛍光X線分析装置(理学電機工業製 Geigerflex 3064)を用い、クロム・亜鉛・銅・鉛・ニッケルについて分析を行った。堆積物試料の組成の違いに基づくマトリックス効果の補正は、バックグラウンド・ピーク比を用いた検量線法により行った(陶ら1981)。

また、²¹⁰Pbの分析は松本及び横田(1978 a)の方法に従い、鉛を分離・精製の後、娘核種の²¹⁰Biから放出されるβ線数を低バックグラウンドガスフローカウンター(ALOKA製 LBC-451型)により測定して求めた。

3. 結果及び考察

(1) 重金属の水平分布

堆積物の表層0~1 cmにおける重金属濃度の水平分布をFigure 2(a-e)に示した。いずれの重金属についても湾奥部、特に四日市沖にやや高い値がみられるが、野間埼と松阪を結ぶ線から南では概して低い値がみられた。この傾向は海洋汚染調査報告第4号(海上保安庁水路部, 1978)に報告された昭和51年調査結果における脂肪族炭化水素・PCB・水銀・カドミウムの分布と同様であった。

(2) 堆積速度

沿岸海域の海底堆積物には、海洋環境に負荷された重金属のかなりの部分が沈積しており、もし、浚渫・投棄・波浪による堆積物の攪乱、海潮流による堆積物の再移動、ベントスによる混合・攪拌等の堆積層の乱れがなければ、堆積物中には重金属の鉛直分布の形で過去の汚染の歴史が記録されているはずである。したがって、海底堆積物の堆積速度が与えられれば、堆積物中の鉛直分布を明らかにすることにより、過去の汚染状態の推移を年代的に推測することが可能である。

海洋汚染のように100年以内の堆積速度を求めるためには、放射性鉛(²¹⁰Pb)を用いる方法が一般的に行われている(杉村及び三宅, 1974; 松本及び横田, 1977, 1978 a, b; 松本, 1979; 松本及び富樫, 1980)。²¹⁰Pbを用いた堆積速度は、堆積物粒子と²¹⁰Pbの供給量が一定であり、²¹⁰Pbの堆積後の再移動がないことを条件として、次式により与えられる(松本及び横田, 1978 a)。

$${}^{210}\text{Pb ex}(Z) = {}^{210}\text{Pb ex}(0) \exp(-\lambda Z/S) \quad (3.1)$$

ここで、²¹⁰Pb ex(Z)は深さZ(cm)の堆積物中の過剰の²¹⁰Pb量(cpm/g)、すなわち、深さZにおける²¹⁰Pb量から、バックグラウンドとして堆積物中に含まれている²¹⁰Pb量(堆積物中で²¹⁰Pbが完全に放射壊変する十分な深さでの²¹⁰Pb量)を差し引いた値、²¹⁰Pb ex(0)は堆積物表層における過剰の²¹⁰Pb量、λは²¹⁰Pbの壊変定数(0.0311/年)、Sは堆積速度(cm/年)である。深さZに対してlog{²¹⁰Pb ex(Z)}の値を図示すれば直線の傾きから堆積速度Sを求めることができる。

Figure 3(a-b)には四日市沖のNo.4点及び伊勢湾シーバース付近のNo.5点における²¹⁰Pb exの鉛直分布を示した。図から明らかなように、No.4点においては表層10~11 cm以下、No.5点においては表層5~6 cm以下では、²¹⁰Pb exは深さに対して直線的に減少する。表層付近の乱れは、何らかの堆積層の乱れがあったことを推測させる。図の直線の傾きから表層付近の攪乱層以下の堆積速度を求めると、No.4点では1.30 cm/年、No.5点では0.82 cm/年という値が得られる。この値は、松本及び横田(1976, 1978 a)、松本(1979)が求め

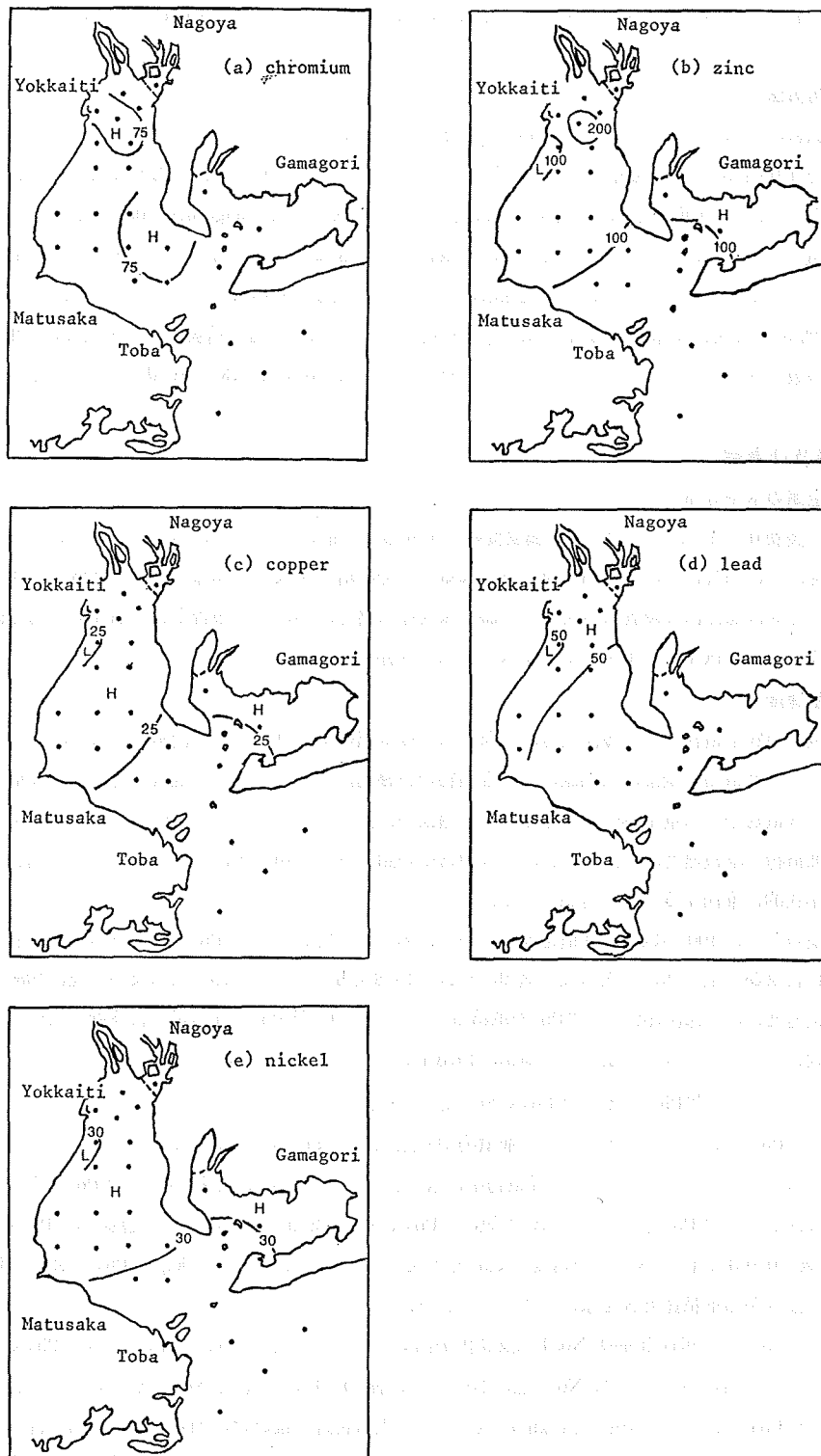


Figure 2 (a-e) Distribution of heavy metals in the surface sediment (ppm)

ている東京湾の湾奥・湾中部の $0.76 \sim 1.08 \text{ cm/年}$ 、大阪湾の湾奥・湾中部の $0.12 \sim 0.61 \text{ cm/年}$ と同程度の値であり、これら三湾の湾奥・湾中部の堆積速度に大きな違いはみられない。

表層付近の $^{210}\text{Pb}_{\text{ex}}$ の攪乱層の堆積に要した時間 t (年) は、表層付近と深層における堆積物粒子の堆積量 ω ($\text{g/cm}^2 \cdot \text{年}$) に変化がないという仮定を置くことにより、次式で求めることできる (松本及び横田 1978 a)。

$$t = \frac{\int_0^z (1-\phi) \rho_s dZ}{\omega} \quad (3.2)$$

ここで Z (cm) は攪乱層の深さ、 ϕ は堆積物の現場における間隙率、 ρ_s は堆積物粒子の密度 (g/cm^3) である。また、堆積物粒子の堆積量 ω は、攪乱層以下の間隙率がほぼ一定であることから、堆積速度 S (cm/年) を用いて次式により求めることができる。

$$\omega = S(1-\phi) \rho_s \quad (3.3)$$

このようにして求めた攪乱層の堆積に要する時間は、No. 4 点については 7.0 年、No. 5 点については 5.7 年となった。

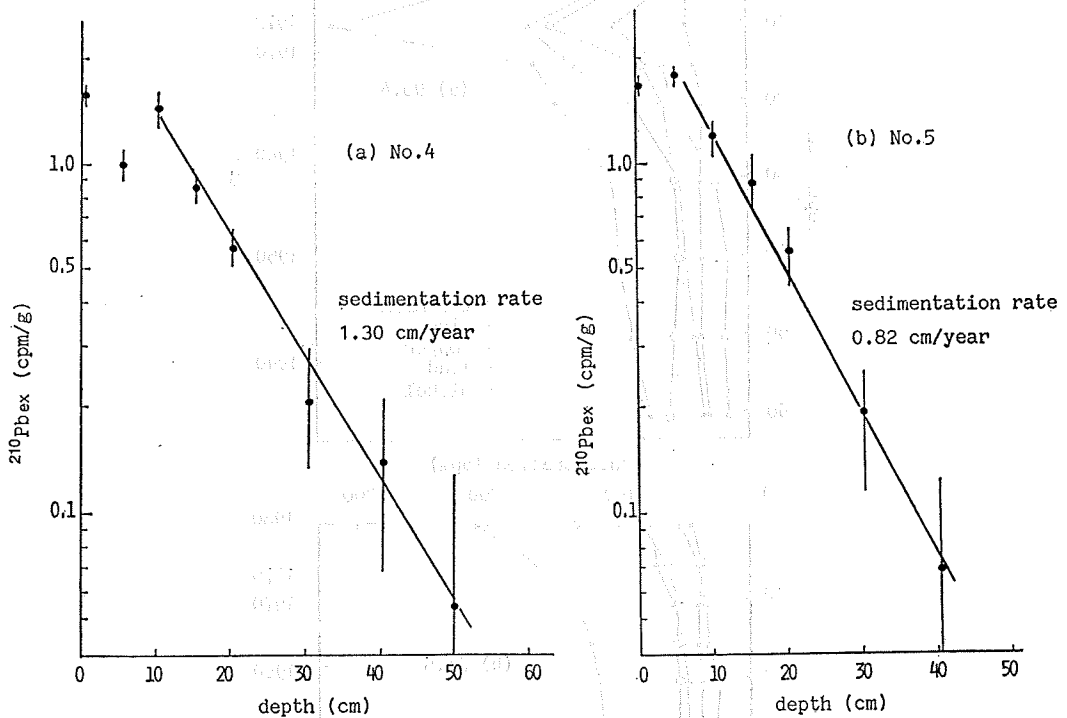


Figure 3 (a-b) Sedimentation rate at No. 4 and No. 5.

(3) 重金属濃度の鉛直分布

堆積物中の重金属濃度の鉛直分布を Table 1, Figure 4 (a-b) 及び Figure 5 (a-j) に示した。なお、Figure 4 (a-b) には図の右側に ^{210}Pb の堆積速度から求めた堆積年代を示してある。四日市沖の No. 4 点では表面から 30cm の深さまで徐々に重金属濃度が増加し始め、15cm の深さから急激に増加して 10cm の深さで極大となり、これより表層では減少傾向にある。これを年代的にみると、四日市石油化学コンビナートができた 1950 年代の後半から重金属汚染が始まり、1960 年代の後半から急激に汚染度が高くなり、1973 年を最大にそれ以降は減少して今日に至っている。また、伊勢湾シーバース付近の No. 5 点では、年代的にみると、1960 年前後

から重金属汚染が始まり、1970年ころから急激に汚染度が高くなり現在に至っていることが読みとれる。

また、Figure 5(a)に示した名古屋湾内の No.1点では、表層から深層まで重金属濃度は均一であったが、これは測定点を含む港内で昭和44年に浚渫が行われており、表層の汚染度の高い堆積物が除去され、浚渫後も港内であるため船舶の航行に伴うまきあげ等によって新たな堆積が行われず、汚染が進行する以前の堆積物が採取されたものと考えられる。このことは、試料採取時の観察において堆積物表面の浮泥層が認められなかったことから想像される。

Figure 5(b-j)に示した各点の重金属の鉛直分布は、No.4点及びNo.5点と同様に表面又は表層付近に重金属濃度の極大を持つ分布を示すが、いずれの測定点においても亜鉛の濃度分布が著しい変化傾向を示している。

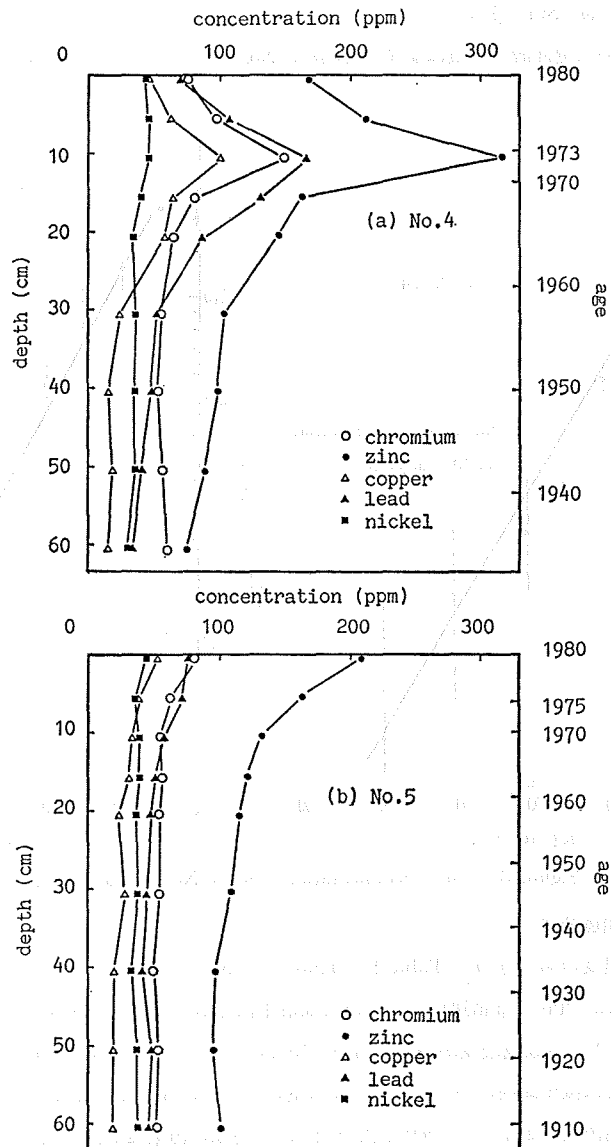


Figure 4 (a-b) Vertical distribution of heavy metals in sediment cores.

Table 1 Concentrations of heavy metals in the sediment of Ise Bay

station No.	depth (cm)	chromium (ppm)	zinc (ppm)	copper (ppm)	lead (ppm)	nickel (ppm)
1	0-1	45	89	17	44	31
	5-6	45	91	15	47	31
	10-11	46	91	15	46	28
	15-16	45	91	15	47	30
	20-21	48	88	14	46	30
	30-31	46	91	16	46	31
	40-41	47	92	16	47	29
	50-51	46	93	18	43	31
60-61	49	92	16	43	32	
2	0-1	62	167	25	59	34
	5-6	56	145	24	59	33
	10-11	59	150	28	64	33
	15-16	49	125	23	55	33
	20-21	50	105	23	47	33
	30-31	50	94	17	36	34
	40-41	51	96	17	43	34
	50-51	51	98	19	44	35
3	0-1	58	169	39	65	38
	5-6	66	194	41	67	40
	10-11	68	216	42	77	38
	15-16	82	138	73	61	56
	20-21	62	171	37	73	36
	30-31	51	153	35	73	34
	40-41	44	136	31	64	31
	50-51	42	129	24	60	28
60-61	47	119	27	55	32	
4	0-1	76	170	46	70	45
	5-6	98	213	63	108	45
	10-11	150	319	101	168	45
	15-16	81	164	65	133	41
	20-21	65	147	58	88	35
	30-31	56	104	24	53	36
	40-41	54	99	15	48	36
	50-51	57	90	19	41	32
60-61	61	76	15	35	34	
5	0-1	81	209	52	76	45
	5-6	63	165	39	72	37
	10-11	56	134	33	58	40
	15-16	56	122	31	51	39
	20-21	54	116	24	49	38
	30-31	55	109	28	46	39
	40-41	50	98	21	42	34
	50-51	54	97	20	48	38
60-61	53	102	19	47	39	
6	0-1	49	55	9	39	20
7	0-1	76	196	31	56	45

Table 1 (continued)

station No.	depth (cm)	chromium (ppm)	zinc (ppm)	copper (ppm)	lead (ppm)	nickel (ppm)
8	0-1	67	191	36	70	41
	5-6	63	168	37	60	40
	10-11	58	136	31	51	40
	15-16	51	115	22	45	40
	20-21	58	106	25	39	37
	30-31	55	101	23	37	39
	40-41	54	103	23	52	41
	50-51	55	106	20	46	41
60-61	52	103	20	42	39	
9	0-1	71	146	29	47	46
	5-6	74	161	32	50	46
	10-11	65	105	21	38	46
	15-16	62	94	20	34	43
	20-21	62	90	18	32	45
	30-31	67	89	17	32	44
	40-41	64	88	16	33	44
	50-51	63	89	18	34	43
60-61	65	90	18	36	42	
10	0-1	70	205	32	63	40
11	0-1	67	129	26	43	46
	5-6	71	155	27	50	47
	10-11	62	104	21	34	44
	15-16	61	97	18	32	45
	20-21	62	95	19	36	45
	30-31	65	94	19	33	45
	40-41	65	94	20	30	45
	50-51	64	97	20	26	47
60-61	68	95	16	33	45	
12	0-1	81	167	28	46	53
	5-6	83	160	28	45	51
	10-11	75	104	21	32	48
	15-16	74	90	18	29	48
	20-21	71	88	17	31	46
	30-31	71	83	15	31	47
	40-41	70	82	16	27	47
	50-51	70	79	16	27	46
60-61	68	83	13	28	46	
13	0-1	64	158	32	51	38
14	0-1	72	133	26	44	47
	5-6	71	108	22	36	47
	10-11	60	95	21	34	47
	15-16	68	94	21	32	47
	20-21	67	90	21	33	45
	30-31	65	94	18	31	47
	40-41	67	94	20	34	46
	50-51	72	94	19	29	47
60-61	68	91	18	30	45	

Table 1 (continued)

station No.	depth (cm)	chromium (ppm)	zinc (ppm)	copper (ppm)	lead (ppm)	nickel (ppm)
15	0- 1	80	108	19	33	48
16	0- 1	74	63	6	42	35
	5- 6	72	63	10	27	34
	10-11	73	68	24	26	35
	15-16	68	58	11	25	35
17	0- 1	54	46	8	26	26
18	0- 1	74	69	9	29	38
19	0- 1	61	27	1	22	22
20	0- 1	70	175	26	46	47
21	0- 1	74	148	24	39	49
	5- 6	78	120	20	38	49
	10-11	79	85	17	32	51
	15-16	77	74	12	33	49
	20-21	77	76	15	33	50
	30-31	77	76	14	31	49
	40-41	80	74	14	28	50
	50-51	80	75	13	27	49
60-61	82	74	10	27	50	
22	0- 1	54	21	1	20	20
23	0- 1	57	29	5	22	22
24	0- 1	40	20	2	16	16
25	0- 1	43	29	2	18	20

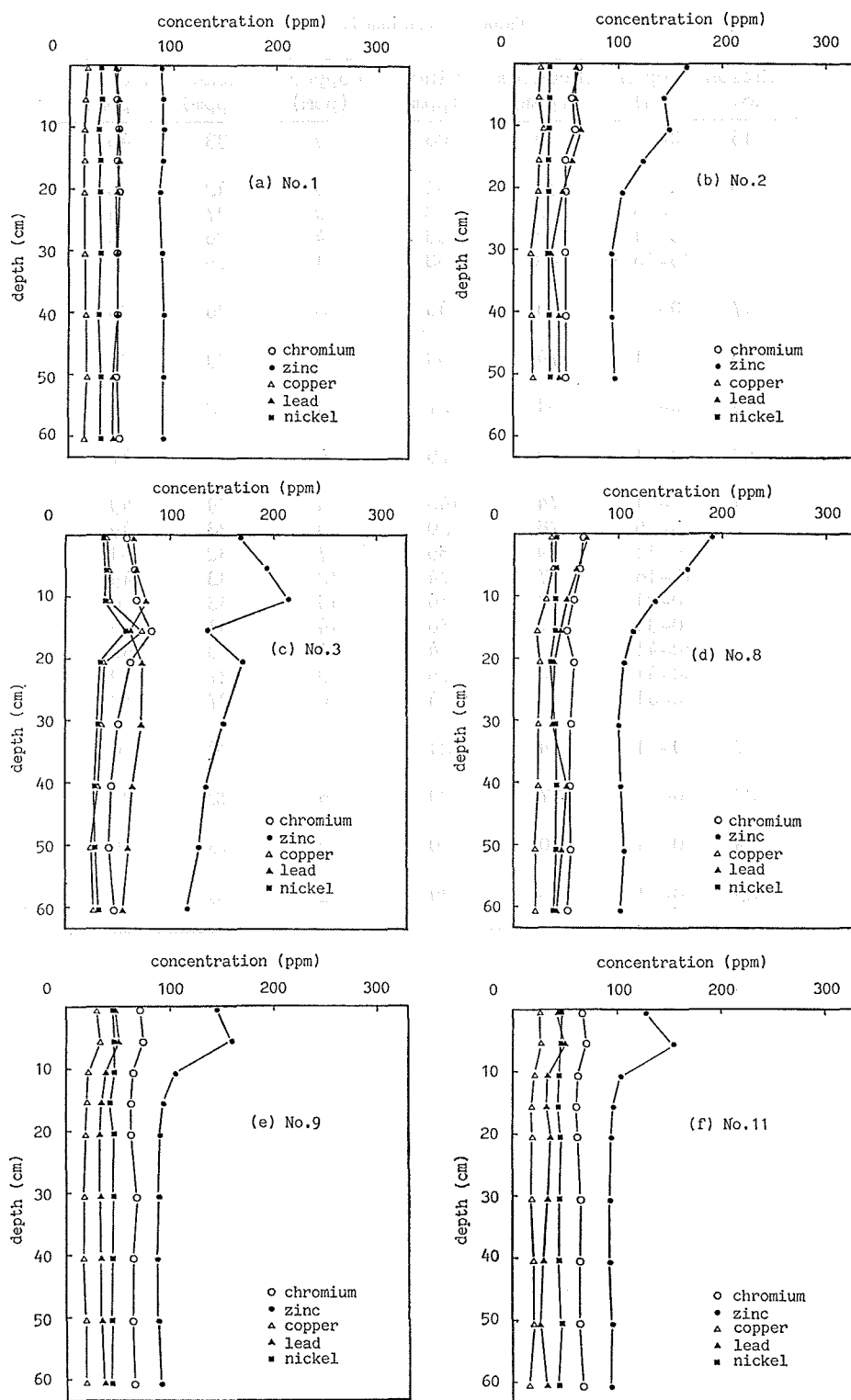
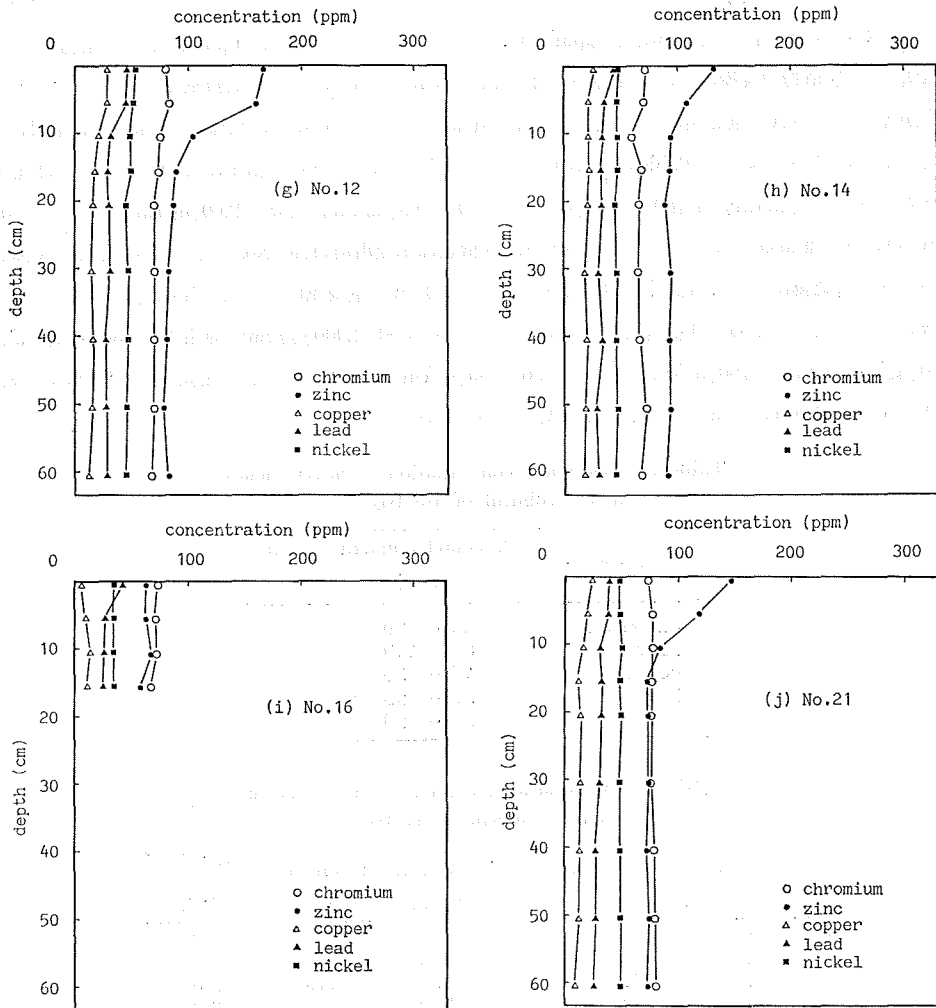


Figure 5 (a-j) Vertical distribution of heavy metals in sediment cores.

Figure 5 (a-j) (continued)



(4) 重金属のバックグラウンド濃度

各測定点の重金属濃度の鉛直分布は、いずれもある深さから下方ではほぼ一定値をとるようになるが、この一定値は堆積速度から考えて人為的汚染が始まる以前の濃度、すなわち、バックグラウンド濃度を示すものと考えられる。バックグラウンド濃度は各測定点ごとに若干の差がみられるが、これは堆積物の粒度組成あるいは鉱物組成の違い、すなわち、堆積物を構成する成分が砂質、粘土質あるいは貝殻質のいずれであるか、また、その供給源の地理的位置に関するものと考えられる。そこで、測定結果のうち、粒度組成が著しく異なる No. 16 点及び渥美湾の No. 21 点を除く各測定点のバックグラウンド濃度をまとめて Table 2 に示した。表から伊勢湾内の重金属のバックグラウンド濃度は一定の範囲内にあることがうかがわれる。

(5) 重金属の単位面積当たりの人為的堆積量

ある測定点について、過去にさかのぼって重金属汚染状況を表す一つの指標として単位面積当たりの人為的堆積量 $P(\mu\text{g}/\text{cm}^2)$ があり、次式によって与えられる (松本及び横田, 1978 a ; 陶ら, 1981)。

$$P = \int_0^{\infty} (C - C_{\infty}) \rho_s (1 - \phi) dZ \quad (3.4)$$

ここで、 C は堆積物中の重金属濃度 (ppm), C_{∞} はバックグラウンド濃度 (ppm), ρ_s は堆積物粒子の密度 (g/cm^3), ϕ は堆積物の現場における間隙率, Z は深さ (cm)である。人為的堆積量 P は、バックグラウンド濃度を越えて負荷された重金属について鉛直方向に積算したものである。この P 値を今回の調査結果によって各測定点ごとに求めてみると Table 3 に示すような結果を得た。これらの結果によれば、人為的堆積量としてクロム $0 \sim 510 \mu g/cm^2$, 亜鉛 $0 \sim 1700 \mu g/cm^2$, 銅 $0 \sim 760 \mu g/cm^2$, 鉛 $0 \sim 1200 \mu g/cm^2$, ニッケル $0 \sim 160 \mu g/cm^2$ のような堆積量分布があることがわかる。堆積量は揖斐川河口沖 (No. 3 点) 及び四日市沖 (No. 4 点) ではいずれの重金属についても高く、他の測定点では亜鉛以外の重金属については比較的低い値であった。また、著者らが東京湾で求めた堆積量 (陶ら 1981) は、クロム $30 \sim 2900 \mu g/cm^2$, 亜鉛 $100 \sim 8600 \mu g/cm^2$, 銅 $40 \sim 2500 \mu g/cm^2$, 鉛 $70 \sim 1700 \mu g/cm^2$, ニッケル $30 \sim 250 \mu g/cm^2$ であり、これらと比較すると伊勢湾の単位面積当たりの人為的堆積量は東京湾の数分の 1 程度であることがわかる。

Table 2 Background concentration of heavy metals in the sediment of Ise Bay

heavy metal	background concentration (ppm)
chromium	45 - 70
zinc	80 - 110
copper	15 - 25
lead	30 - 55
nickel	30 - 50

Table 3 Artificial accumulation of heavy metals in the sediment of Ise Bay

station No.	artificial accumulation ($\mu g/cm^2$)				
	chromium	zinc	copper	lead	nickel
1	0	0	0	0	0
2	60	600	130	200	0
3	350	1500	430	410	160
4	510	1700	760	1200	120
5	120	590	170	160	30
8	40	450	70	80	20>
9	30	250	50	60	20>
11	20>	190	50	50	0
12	50	380	60	50	20>
14	20>	80	30	20>	0
16	0	0	0	60	0
21	0	250	50	20>	0

(6) 人為的堆積量と自然堆積量の比較

堆積物中の重金属は、バックグラウンド濃度で示される人為的影響のない自然負荷による重金属と人為的負荷による重金属に分けられるが、重金属の人為的堆積量が海洋環境に及ぼす影響を検討するためには、重金属の自然堆積量と人為的堆積量の比較を行うことが必要である。Table 4 には四日市沖 (No. 4 点) と伊勢湾シーバース付近 (No. 5 点) の重金属の人為的堆積量、汚染の進行が顕著な 1960 年以降の人為的堆積量及び 1960 年以降の自然堆積量の値を示した。表から明らかなように、両測定点とも人為的堆積の大部分は 1960 年以降に生じていることがわかる。また、1960 年以降の自然堆積量と人為的堆積量は四日市沖では、亜鉛・銅・鉛について

は人為的堆積量が自然堆積量を上回っている。一方、シーバース付近で各金属とも人為的堆積量は自然堆積量以下の値である。人為的堆積量が自然堆積量をどの程度上回れば海洋環境に影響を与えるかについては、堆積物と海水の間における重金属の沈澱・溶出サイクル等の更に専門的な研究を待つ必要があり、早急に結論を出すことはできない。

Table 4 Ratio of artificial accumulation to natural accumulation of heavy metals at No. 4 and No. 5

station No.	heavy metal	artificial accumulation P ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	artificial accumulation since 1960 A ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	natural accumulation since 1960 N ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	A/P	A/N
4	chromium	510	510	880	1.0	0.58
	zinc	1700	1500	1400	0.88	1.1
	copper	760	700	280	0.92	2.5
	lead	1200	1000	660	0.83	1.5
	nickel	120	110	540	0.92	0.20
5	chromium	120	80	480	0.67	0.17
	zinc	590	450	920	0.76	0.49
	copper	170	160	180	0.94	0.89
	lead	160	150	420	0.94	0.36
	nickel	30	30	340	1.0	0.09

(7) 重金属負荷量と堆積量

重金属の負荷量と堆積量の関係を明らかにすることは、重金属の海洋環境中における物質収支及び挙動を説明するうえで重要である。伊勢湾に負荷された重金属量については、北野(1975)らによって名古屋港内に流入する河川を通じての量が、また、森田、安井(1976)、森田(1976)によって伊勢湾に流入する主な河川を通じての量がそれぞれ試算されている。これらは観測期間が1~2年と短期間であること、河川水中の重金属濃度の測定頻度が少ないこと、沿岸工場及び大気から直接海洋に負荷される重金属量が含まれていないこと、河川流量の計算方法に問題があること等の理由により必ずしも十分なものとは言い難いが、森田及び安井が計算した亜鉛の日平均負荷量 1.3 t/day の値(名古屋市内水系及び木曾三川水系を通じた1973年から1975年までの日平均負荷量)を用いて、1973年から1975年までの2年間の負荷量と堆積量の比較を行った。なお、この値には工場からの負荷量が含まれていないため、それが大きいと考えられる四日市沖の堆積量のデータを除き、シーバース付近の単位面積当たりの堆積量(自然及び人為的堆積量の和)から1973年~1975年の堆積量を求め、この値を湾奥部の代表値として用いて湾奥部の総堆積量の値を計算した。ここで、湾奥部とは四日市と常滑を結ぶ線から北の海域と定義することにする。亜鉛についての計算結果は、その2年間に負荷量949トン、堆積量400トンとなり、負荷量の約40%が湾奥部に堆積したものと推定される。残り60%については河口域・湾央・湾口部における堆積及び湾外へ流出したものと考えられる。しかし、負荷量及び総堆積量の値はともに概略の値であるので、詳細な物質収支を論ずるためには更に精密な今後の調査を待つ必要がある。

(8) 重金属の人為的総堆積量

湾内に人為的に堆積した重金属の総量は、対象となる海域について単位面積当たりの人為的堆積量の各調査点での値から等値線を引き、それぞれの等値線で囲まれた面積に人為的堆積量の平均値を乗じて積算すれば求めることができる(半谷及び相沢1973; 陶ら, 1981)。このようにして伊勢湾内に人為的に堆積した重金属の総量を計算した結果を Table 5 に示した。すなわち、亜鉛の堆積量が4800トンと最も多く、クロム・銅・鉛が1000~1300トンで並んでおり、ニッケルは300トンと1けた低い堆積量が求められた。この結果を東京湾の

値(陶ら 1981)と比較すると、伊勢湾の値は各重金属について東京湾の20~50%程度であり、伊勢湾は東京湾にくらべて全体的な汚染レベルがかなり低いといえよう。

Table 5 Total artificial accumulation of heavy metals in the sediment of Ise Bay and Tokyo Bay

heavy metal	total artificial accumulation (ton)		I/T
	Ise Bay (I)	*Tokyo Bay (T)	
chromium	1000	5300	0.2
zinc	4800	21000	0.2
copper	1200	3400	0.4
lead	1300	4500	0.3
nickel	300	600	0.5

* Sue et al. (1981)

4. おわりに

伊勢湾に負荷された重金属量については、3.(7)で述べたような報告があるものの、比較的良好に整理しているCOD負荷量のデータと比較して極めて不十分な現状である。したがって、本報告では負荷量と堆積量との関係について詳細に議論するまでに至っていないが、最近になって河川・大気・雨水及び海水中の重金属濃度について信頼できる値が蓄積され始めており、今後、総堆積量に関する調査を一定期間をおいて繰り返すことにより、海洋環境中に負荷された重金属の物質収支の一面を明らかにすることも可能となると考えられる。

最後に、試料採取に従事した測量船「拓洋」・「明洋」の船長以下乗組員の方々、及びこの小論を草するに当たって終始支援下さり、いろいろ教示下さった塩崎愈海洋汚染調査室長・菱田昌孝主任海象調査官に深く感謝する。

参 考 文 献

- 半谷高久, 相沢孝子 1973: 水俣湾における水銀の蓄積, 半谷高久編, 汚染水質機構, 共立出版, 東京, 92-117
- 海上保安庁水路部 1975: 海洋汚染調査報告, 昭和47, 48年調査結果
- 海上保安庁水路部 1976: 海洋汚染調査報告, 昭和49年調査結果
- 海上保安庁水路部 1977: 海洋汚染調査報告(第3号), 昭和50年調査結果
- 海上保安庁水路部 1978: 海洋汚染調査報告(第4号), 昭和51年調査結果
- 海上保安庁水路部 1979: 海洋汚染調査報告(第5号), 昭和52年調査結果
- 海上保安庁水路部 1980: 海洋汚染調査報告(第6号), 昭和53年調査結果
- 北野 康, 伊藤和男, 小島節子 1975: 海洋環境汚染に関連する調査現状と問題点, 日本海洋学会誌特集号, 114-122
- 松本英二 1979: 底泥からみた沿岸海域汚染の変遷, 地質ニュース, 293, 27-33
- 松本英二, 富樫茂子 1980: 噴火湾における堆積速度, 日本海洋学会誌, 35, 261-287
- 松本英二, 横田節哉 1976: 東京湾・大阪湾における重金属汚染の歴史, 科学, 46, 182-184
- 松本英二, 横田節哉 1977: 底泥からみた東京湾の汚染の歴史, 地球化学, 11, 51-59
- 松本英二, 横田節哉 1978a: 大阪湾底泥の堆積速度と重金属汚染, 日本海洋学会誌, 34, 108-115
- 松本英二, 横田節哉 1978b: 東京湾底泥の堆積速度と汚染, 昭和53年日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 177
- 森田良美 1975: 伊勢湾潮間帯生物の重金属蓄積量と海水・底泥中の重金属量, 海域汚濁の時間的空間的連続機

- 構に関する研究報告書, 産業公害防止協会, 319-338
- 森田良美 1976: 伊勢湾における重金属の循環機構, 伊勢湾における汚濁物質の循環機構に関する調査報告書, 産業公害防止協会, 319-338
- 森田良美, 安井幸男 1976: 伊勢湾におけるカドミウム及び亜鉛の動態, 昭和51年日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 205-206
- 西村富子 1976: 伊勢湾南部と三河湾の海底堆積物の化学成分(主として微量元素の分布), 地質調査所月報, 27, 789-805
- 小川 務, 児玉剛則, 江場弘樹, 高井義治 1977: 伊勢湾及び渥美湾の底質中金属元素について(その1), 愛知県公害調査センター, 5, 164-191
- 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, 水路部研究報告, 16, 83-93
- 杉村行男, 三宅泰雄 1974: 東京湾海底土の ^{210}Pb 法による堆積速度の研究, 昭和49年日本海洋学会秋季大会講演要旨集, 145
- 運輸省第五港湾建設局 1975: 伊勢湾水理模型実験場報告, 5, 34-35