

福島県沿岸海域における底質中の重金属*

鈴木 馨・小野寺 英也

Heavy Metals in Deposits of Coastal Region in Fukushima.

Kaoru SUZUKI and Hideya ONODERA

緒 言

海底泥の重金属汚染についての法的基準はないが、近年都市下水やある種の工場排水と反応すること^①や、底泥中の微生物により有機化し、生物体へ影響をおよぼすこと^{②③④}が報告されるに至り、泥質についても基準設定の動きがある。重金属汚染の場合、従来の「希釈拡散論」や「自浄作用論」が適用されず、生態学的生物濃縮機構の解明の必要がある。この種のデータの解析には、統計学的資料と判断を必要とするもので、福島県の沿岸海域についてもデータを整備し、水族環境のバックグラウンドを把握しておく必要があると考える。いわき市の主要河川底質については北尾ら^⑤が、また土壤などについては江田ら^{⑥⑦⑧}、森下^⑨の報告がみられるが、海域の底質については若干のデータ発表がみられる程度で一般的な報告はない。著者らは本県沿岸海域の底質について調査し、結果について検討を加えたので報告する。

報告にあたり、この調査研究に御指導御鞭撻を賜わった東北大学農学部水産学科狩谷貞二助教授ならびに芳賀克子技官、原稿の御校閲を賜わった福島高等専門学校工業化学科伊藤宏教官に深く感謝し、サンプリングにあたって全面的御協力を戴いた調査船「拓水」および「あづま」の乗組員の方々と、小野剛氏**に厚く御礼申し上げる。

方 法

サンプリングは1971年6月、8月の菊多浦海域調査と、1972年8月の沿岸海域全域に亘る調査、および1973年3月の松川浦調査の3回にわたって実施した。

採泥器はSK式採泥器と重力型柱状採泥器(富洋産業KK製)とを用いたが、後者は1971年6月、8月の菊多浦海域調査に用いたのみで、その他の採泥はすべてSK式採泥器によった。外洋に面し比較的砂質の多い本県沿岸海域の底質性状と、試料採取の精度および船上における操作の簡易さなどを考慮に入れると、SK式採泥器で充分目的は達せられると考える。

採取した試料は紙上にひろげ風乾したのち、115メッシュ以下のものを分析試料とした。ただし、1973年3月の松川浦調査と水銀の分析については風乾泥を直接試料とした。

銅、亜鉛、カドミウム、鉛、ニッケル、コバルト、鉄、マンガンは、分析試料0.5～2gを採取し、

* 日本水産学会(1972年4月)および同東北支部大会(1972年12月)発表

** 福島県水産課

硝酸 20 ml を加え煮沸 (2 分間) し、冷後デカンテーションにより硝酸層を移し、さらにこの操作を 2 回くり返して計 3 回抽出した。抽出液は硝酸一過塩素酸による湿式分解で有機物を分解した。全水銀は分析試料 5 g を採取し、硝酸一硫酸一過マンガン酸カリウム分解法^{10) 11) 12)}を用いた。

分解液は H_2O_2 過後鉄、マンガンは希釈直接法の原子吸光法、鉛、カドミウム、亜鉛はジチゾンクロロホルム抽出後塩酸溶液に逆抽出する原子吸光法、銅、ニッケル、コバルトは逆抽出後のジチゾンクロロホルムを蒸発乾固し塩酸溶液とする原子吸光法、全水銀は還元気化する原子吸光法^{10) 11) 12)}により測定した。

なお、強熱減量は電気炉で 700 ~ 900 °C 恒量まで¹³⁾、粒子組成は Tyler の標準篩の 16, 32, 60, 115, 250 mesh の 5 種を使用し、色相は色相表¹³⁾によった。

結 果

福島県沿岸海域全域にわたる底質調査地点を図 1 に示す。採取試料の観察測定記録と 115 メッシュ以下の分析試料の重金属含量を表 1 に示す。

同様に、菊多浦海域に関する調査のサンプリング地点を図 2 に、採取試料の観察測定記録と 115 メッシュ以下の分析試料の重金属含量を表 2 に示す。

また松川浦に関する調査のサンプリング地点を図 3 に、重金属などの分析結果を表 3 に示す。

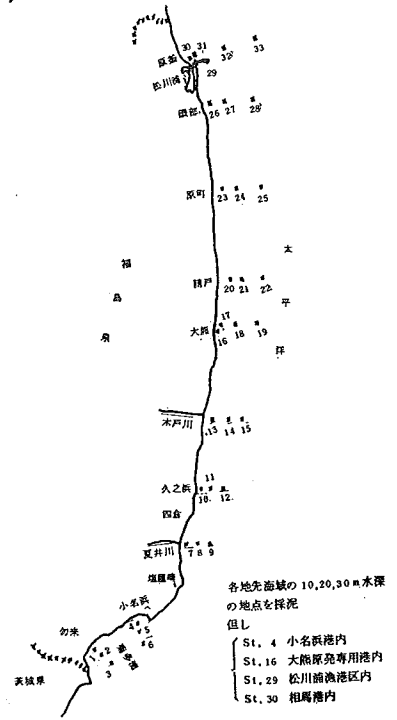


図 1. 福島県沿岸海域底質調査 (1972.8.3~5)

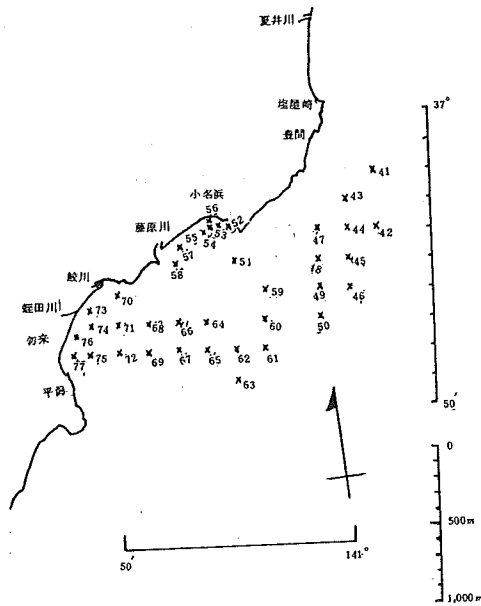


図 2. 菊多浦海域底質調査 (1971.6.17~18, 8.11~12)

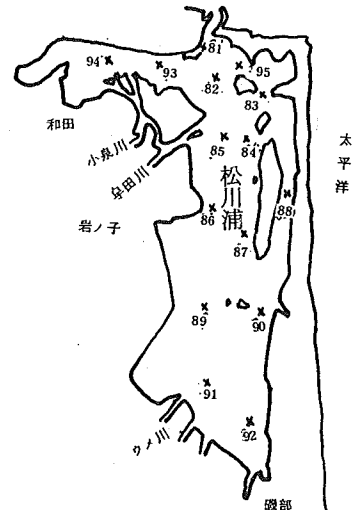


図 3. 松川浦底質調査 (1973.3.15)

表1. 福島県沿岸海域底質の性状と重金属含量 ($\mu\text{g/g}$ 風乾泥, ppm, 1972.8.3 ~ 8.5 採泥)

採取地点	水深 (m)	色相	性状	強熱減 量 (%)	カドミ ウム	鉛	亜鉛	銅	ニッケ ル	コバル ト	全水銀
1. 蛭田川河口のSE	10	黄茶	砂	5.7	trace	29.0	133	30.2	8.0	3.90	0.240
2. //	20	暗い黄茶	//	3.3	//	16.0	72	13.4	6.0	2.68	0.060
3. //	30	//	砂泥	4.2	//	16.1	64	11.2	5.0	2.44	0.690
4. 小名浜港4号埠頭前	10	//	//	5.5	2.95	175.4	420	323.0	9.8	4.02	0.100
5. // 検疫区	20	灰味黄茶	砂	3.8	trace	27.2	73	11.8	3.6	1.58	0.025
6. // のS	30	暗い黄茶	砂泥	4.1	//	22.0	86	18.0	4.8	1.57	0.080
7. 夏井川河口のE	10	灰味黄茶	砂	1.3	//	20.8	78	10.8	2.8	1.30	0.006
8. //	20	//	//	1.5	//	15.4	43	7.6	2.2	1.32	0.008
9. //	30	暗い黄茶	//	1.0	//	11.3	38	4.8	2.4	0.98	0.007
10. 久之浜地先のE	10	灰味黄茶	//	0.7	//	8.1	25	5.4	2.4	0.94	0.007
11. //	20	//	//	1.5	//	10.1	42	5.0	1.8	1.34	0.014
12. //	30	暗い黄茶	//	1.5	//	9.2	34	3.4	1.6	0.96	0.020
13. 木戸川河口のE	10	灰味黄茶	//	2.9	//	8.4	47	4.8	3.0	1.40	0.016
14. //	20	暗い黄茶	//	3.3	//	10.1	43	5.8	3.8	1.42	0.012
15. //	30	黄茶	//	1.5	//	15.0	61	5.4	3.0	1.72	0.006
16. 大熊原発専用港内	5	灰黒	泥	.3	//	12.3	94	19.6	6.6	2.32	0.006
17. // のE	10	黄茶	砂	2.5	//	14.1	45	6.6	3.6	1.45	0.024
18. // //	20	灰味茶	砂礫	1.3	//	91.3	122	20.4	2.6	1.50	0.008
19. // //	30	黄茶	砂	1.1	//	15.2	70	5.0	1.8	1.22	trace
20. 請戸港のE	10	//	砂礫	1.0	//	14.3	94	14.2	5.6	2.00	0.010
21. //	20	//	//	1.9	//	14.6	200	19.4	7.2	2.10	trace
22. //	30	//	//	0.8	//	23.7	299	34.4	11.6	1.43	0.014
23. 原町専用排水路のE	10	灰味茶	//	0.9	//	21.9	215	26.4	8.0	2.08	trace
24. //	20	黄茶	砂	2.6	//	9.3	60	4.8	3.8	1.46	0.016
25. //	30	灰味茶	砂礫	0.6	//	12.4	76	59.6	2.6	1.96	0.010
26. 磯部地先のE	10	暗い黄茶	砂	2.0	//	8.4	43	4.9	3.2	1.10	0.018
27. //	20	//	//	3.8	//	9.3	51	4.6	3.7	1.22	0.022
28. //	30	灰味茶	砂礫	1.0	//	7.7	40	4.7	3.6	1.46	0.014
29. 松川浦漁港区内	10	灰黒	泥	9.4	0.80	31.0	172	113.0	16.0	6.40	0.058
30. 相馬港内	5	暗い灰	砂泥	3.7	0.50	16.4	88	15.2	5.0	2.44	0.026
31. 原釜地先のE/N	10	暗い黄茶	砂	2.8	trace	9.3	42	18.0	2.6	1.35	0.014
32. //	20	灰味茶	砂礫	0.8	//	10.7	45	6.4	2.4	1.36	0.016
33. //	30	暗い黄茶	砂	2.7	//	14.8	57	7.0	2.3	2.58	0.014

表2. 菊多浦海域底質の性状と重金属含量 ($\mu\text{g/g}$ 風乾泥, ppm, 但し鉄は mg/g 風乾泥)

採取地点	水深 (m)	採泥月日	性状	115 mesh 以下の細土分率 (%)	カドミウム	鉛	亜鉛	銅	ニッケル	コバルト	マンガン	鉄
41	54	1971.8.12	泥	84.6	trace	35.8	52.8	34.3	9.33	1.92	137	15.00
42	64	"	"	88.0	"	13.6	49.5	21.7	7.05	2.42	143	16.32
43	36	"	砂泥	84.0	"	17.4	52.8	26.9	6.17	2.02	139	14.64
44	40	"	泥	91.2	"	13.6	46.2	16.7	4.03	1.67	130	14.88
45	56	"	"	89.6	"	13.5	52.9	15.5	11.30	1.92	137	15.48
46	65	"	"	91.2	"	10.8	42.9	17.3	8.32	2.19	143	15.46
47	29	"	砂泥	87.2	"	19.0	53.2	20.2	6.30	4.04	170	14.52
48	43	"	泥	91.2	"	19.6	49.5	15.7	6.31	7.63	148	14.04
49	47	"	"	93.0	"	16.8	54.1	16.4	5.79	4.14	134	15.96
50	64	"	"	92.0	"	19.6	46.2	31.5	7.18	2.43	123	14.16
51	21	1971.8.11	岩盤	—	"	21.2	99.2	34.7	15.80	8.08	868	24.60
52	8	"	"	—	0.70	38.0	165.1	126.0	15.60	5.66	144	23.28
53	10	"	砂泥	23.2	1.60	89.5	250.8	86.5	9.45	2.32	176	18.48
54	12	"	泥	59.2	0.88	194.1	211.7	56.2	6.81	1.57	273	18.60
55	13	"	"	68.1	3.50	178.0	284.3	139.0	25.50	0.20	504	15.36
56	10	"	岩盤	—	trace	79.2	85.8	45.0	38.84	3.48	911	15.48
57	8	"	砂泥	22.9	0.53	60.2	125.3	40.0	56.80	3.84	664	16.92
58	10	"	岩盤	—	0.56	53.2	119.2	34.0	26.00	5.35	450	16.94
59	36	"	泥	78.8	trace	20.6	66.3	25.3	5.04	2.02	134	13.92
60	41	"	"	84.0	"	36.9	56.1	14.4	4.03	1.16	149	14.64
61	48	"	砂泥	90.4	"	155.1	46.7	15.5	5.29	1.18	132	15.84
62	37	1971.6.18	泥	91.2	"	84.6	52.8	15.4	6.42	1.72	139	14.50
63	45	"	"	86.9	"	33.7	66.0	10.8	5.04	1.46	133	12.84
64	42	"	"	81.6	"	34.7	59.4	18.2	5.01	1.62	135	11.64
65	44	"	"	82.6	"	52.1	50.4	14.0	6.04	1.97	115	11.40
66	30	"	"	40.1	"	82.5	79.2	29.3	13.90	4.19	136	14.28
67	40	"	"	84.3	"	67.2	54.1	22.8	9.95	1.77	115	13.32
68	25	"	"	54.9	"	116.1	67.3	28.8	38.30	3.54	156	15.48
69	32	"	砂泥	74.4	"	55.3	85.8	50.7	86.90	2.32	135	12.60
70	11	1971.6.17	泥	74.0	"	55.2	116.7	55.7	31.39	4.14	225	15.48
71	25	"	"	40.3	"	42.3	73.4	27.4	19.50	4.11	257	14.40
72	29	"	砂泥	64.9	"	36.9	66.0	26.5	47.60	3.64	166	13.32
73	11	"	砂	10.9	"	57.5	95.7	24.0	13.00	3.54	386	18.48
74	15	"	"	50.4	"	46.6	102.3	27.8	44.10	4.24	236	14.56
75	19	"	"	14.7	"	61.8	66.7	37.7	19.40	3.43	220	13.20
76	12	"	"	12.5	"	69.4	139.4	60.1	18.90	4.34	284	16.44
77	10	"	"	9.9	"	97.6	112.6	34.4	24.40	2.63	214	13.56

表3. 松川浦底質中の重金属(1973.3.15採泥)

採取地点	強熱減量(%)	カドミウム	鉛	亜鉛	銅	ニッケル	コバルト
81	11.8	0.87	24.8	217	33.0	13.1	4.51
82	1.4	0.43	11.0	14	4.1	2.3	0.88
83	2.7	trace	4.6	21	4.1	2.6	1.32
84	6.2	//	5.5	36	7.1	4.4	2.97
85	6.3	//	6.4	49	11.5	7.2	4.07
86	5.0	0.54	6.2	73	18.8	4.7	3.08
87	3.1	trace	3.7	21	6.8	3.5	2.20
88	2.7	//	5.1	19	6.0	2.3	2.08
89	2.1	//	4.8	20	5.5	4.4	2.09
90	2.5	//	4.6	19	4.6	2.8	1.43
91	4.8	//	11.0	36	13.1	12.8	5.17
92	13.2	//	17.4	80	22.9	12.6	8.58
93	6.5	0.50	8.3	54	14.5	11.7	5.06
94	8.3	0.51	16.5	92	21.8	17.0	5.83
95	4.8	0.43	10.1	57	9.3	4.7	3.19

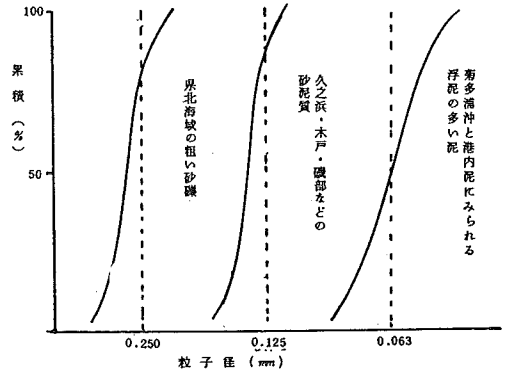


図4. 粒度分布よりみた沿岸底質の類型

考 察

茂木, 岩淵ら¹⁰⁾は本県沿岸海域の海底地形が塩屋崎を境界として大きく変化することを指摘している。著者らが実施した30m以浅の沿岸海域の底質粒度分布をみると、菊多浦を中心とした県南海域は、浮泥の多い泥質または岩盤となっており、夏井川河口、久之浜、木戸川河口および磯部の沿岸海域は、粒径0.125~0.250mmを主体とする砂泥質であり、大熊以北の海域は粒径0.250mm以上の県北海域特有のあらい砂礫質を呈し、図4に示すような3つの特徴ある類型に分けられる。

福島県沿岸海域における底質の銅、亜鉛、鉛、水銀の分布を図5, 6, 7, 8に示す。また菊多浦海域における底質の銅、亜鉛、鉛の分布を図9, 10, 11に示す。

銅は図5, 9により小名浜港内が高く、農用地土壌汚染防止法の土壌基準125ppmを越えるところが数点みられる。また蛭田川河口、請戸、原町沿岸も比較的高濃度を示し30~60ppmを示す地点がいくつかみられたが、特に請戸、原町沿岸の分布については今後の関心もたれる。夏井川、久之浜、木戸川、磯部、原釜の沿岸海域は5~10ppm程度の低い含量分布を示し、比較的産業汚染の少ない自然水域と考えられる。松川浦は漁港区の汚れが目立つが、それ以外は自然水域のレベルにあった。

亜鉛は図6, 10より銅と同じような傾向の濃度分布を示しているが、夏井川、久之浜、木戸川などの自然水域と考えられる地点が20~70ppm程度であるのに比べ、小名浜港が420ppm、請戸の水深30m地点が299ppmと高濃度を示した。また浮泥量が多く、同じような濃度分布を示す港内泥であっても、大熊原発専用港と相馬港の泥は、亜鉛など含有量が比較的少なく、小名浜港や松川浦の漁港区とは異なった傾向を示した。

鉛は本県沿岸の自然水域では、図7より10~20ppm前後の含量分布と推定される。一方、図11より菊多浦には70~190ppmと高い濃度分布を示す地点が多く、小名浜港と蛭田川の影響をうけていることがはっきりと示される。また大熊の水深20m地点が91.3ppmと高い値を示したのも注目される。

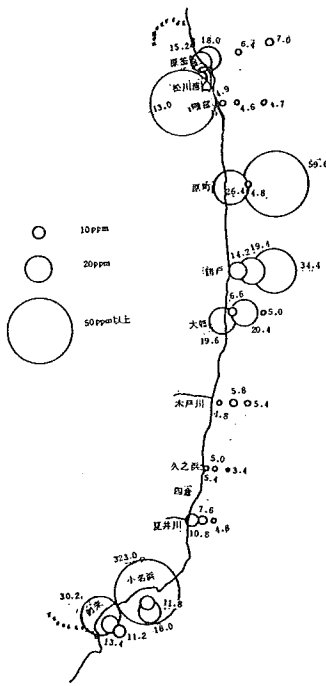


図5. 福島県沿岸海域底質の銅分布

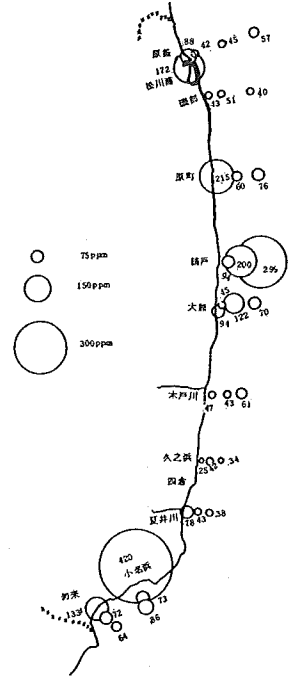


図6. 福島県沿岸海域底質の亜鉛分布

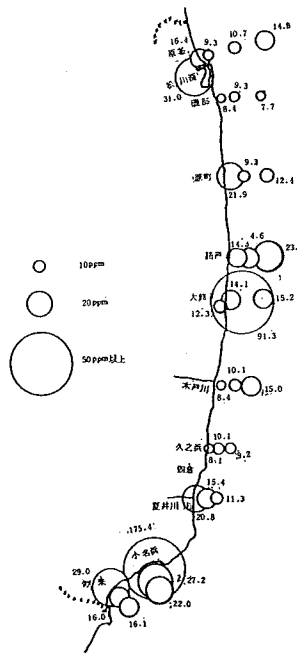


図7. 福島県沿岸海域底質の鉛分布

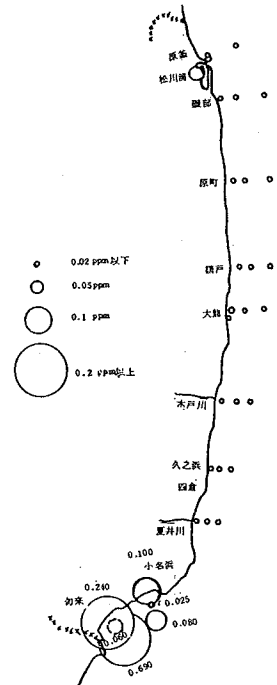


図8. 福島県沿岸海域底質の水銀分布

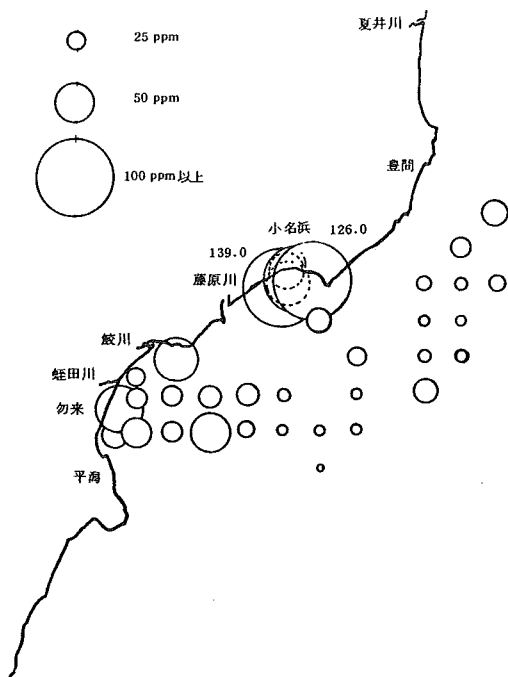


図9. 菊多浦海域底質の銅分布

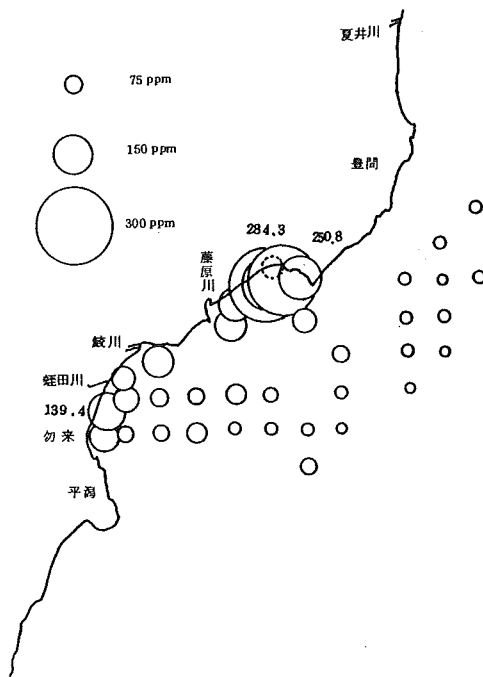


図10. 菊多浦海域底質の亜鉛分布

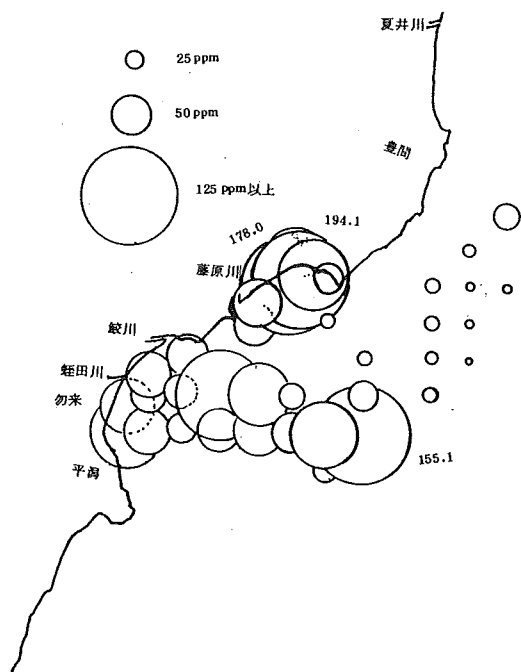


図11. 菊多浦海域底質の鉛分布

水銀の分布は図8より菊多浦海域のみに高濃度分布がみられることが特徴で、最高0.690ppmまでの分布を示した。これは蛭田川の影響とみられる⁵⁾が、小名浜港に由来する影響と思われる高濃度分布も認められ、その動向については今後じゅうぶんに注目してゆく必要がある。菊多浦以外の海域はほとんど0.02ppm以下の分布を示した。

カドミウムは小名浜港内に農用地土壌汚染防止法の1.0ppmをこえる3.50ppmの分布がみられたのが注目されるのと、相馬港と松川浦の一部に0.5ppm前後の分布を示した地点がみられたのが特記すべき点である。他の海域にあっては痕跡程度の分布であった。

ニッケルは、本県沿岸では概して3~10ppm前後の分布を示すが、蛭田川河口沿岸と小名浜港内に30~80ppmもの高濃度を示す地点がみられた。

コバルトは1~5ppm前後の濃度分布を示し、松川浦内が比較的高濃度分布を示した。

鉄とマンガンについては菊多浦の調査のみにとどまったが、鉄はmg/g風乾泥の単位で検出され、

11 ~ 24 mg/g 風乾泥程度の分布を示した。マンガンは 100 ~ 900 ppm の濃度分布がみられた。

なお、強熱減量は 0.7 ~ 13.2 % の間にあったが、全般的にみると地形上外洋に面し単調な海岸線をもつことから有機汚染の傾向は少ないといえる。

結 言

福島県の沿岸海域全般にわたって、底質の現状を把握し、重金属含量のデータを得ることが出来た。全般的観点からすると、菊多浦は産業汚染がすすみ、夏井川、久之浜、木戸川河口沿岸海域にかけては正常な自然水域とみられ、大熊、請戸、原町にかけては銅、亜鉛、鉛などにかかなりの高濃度分布がみられ、磯部、原釜、松川浦は自然水域のレベルにあると考える。

特に菊多浦における水銀の動向と、小名浜港内泥が銅、カドミウムなどで農用地土壌汚染防止法の土壌基準を越えた地点がみられたことは注目すべき点であり、原町、請戸、大熊海域にみられた銅などの高濃度分布については、さらに精密な調査を必要とすると考えられる。

文 献

- 1) 熊本大学医学部 10 年後の水俣病研究班： 10 年後の水俣病に関する疫学的臨床医学的ならびに病理学的研究（第 2 年度）（1973）。
- 2) 白木博次： 水銀汚染の実態，公害研究，2（3），1（1973）。
- 3) 外村健三・山田勝： 自然界の物質循環からみた微生物によるメチル水銀の生成，現代化学，1971（5），17（1971）。
- 4) Trace metals, unknown, unseen pollution threat, *Chem. Eng. News*, 49（29），29（1971）。
- 5) 北尾勝弘・舟山義一・伊藤宏・江田静男： いわき市主要河川における底質中の重金属，福島高専紀要，9，49（1973）。
- 6) 江田静男・伊藤宏・引地宏・舟山義一・永山茂雄・西山薫： 小名浜工業地帯における重金属汚染，公害と対策，7，317（1971）。
- 7) 江田静男・伊藤宏・引地宏・舟山義一： 産米の重金属汚染と土壌および汚染源との相関性について，公害と対策，7，1023（1971）。
- 8) 江田静男： 大気中イオウ酸化物と土壌中重金属汚染との相関について，福島高専紀要，8，83（1972）。
- 9) 森下豊昭： いわき市小名浜地区重金属土壌産米汚染予備報告（1970）。
- 10) 厚生省環境衛生局： 水銀（化合物）の分析法（1970）。
- 11) 水産庁研究開発部： 魚介類等の重金属類、BHOの分析について（1973）。
- 12) 菅野三郎・福井昭三： 微量水銀の測定，安全工学，9（4），242（1970）。
- 13) 松江吉行： 水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣（1961）。
- 14) 色の標準，日本色彩研究所（1954）。
- 15) 茂木昭夫・岩淵義郎： 常磐沖ならびに鹿島灘陸棚の海底地形と底質，地理評，34（3），39（1961）。