

新潟沖海底表層堆積物中の重金属等12元素の地球化学的挙動

寺島 滋* 片山 肇**

TERASHIMA Shigeru and KATAYAMA Hajime (1993) Geochemical behavior of twelve elements in marine sediments from off Niigata, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 44 (1), p. 55-74, 10 fig., 3 tab.

Abstract: In order to investigate the geochemical behavior of twelve elements in the sediments from off Niigata, southeastern margin of Japan Sea, two hundred thirty-one bottom surface sediments were analyzed for Fe, Mn, Cu, Pb, Zn, Co, Ni, Cr, V, Be, Li and Au by atomic absorption spectrometry.

It is generally accepted that most transition elements are enriched more in fine fractions than coarse fractions of sediment. The clay fraction content of the studied sediments is positively correlated with Mn, Cu, Pb, Zn, Ni, or V content. However, there is no such a trend in the case of Fe, Co or Cr. The high Fe content in the sandy sediments is derived from iron sand. The considerable enrichment of Mn can be assumed to be due mainly to upward and lateral migrations of dissolved Mn from the deeper sediment layers, in which Mn is reduced, succeeding its reprecipitation.

The concentration ratio of Zn/Cu in the marine sediments tend to decrease proportion to the distance from lands, reflecting the preferential precipitation of Zn in the near shore areas. It is considered that ultramafic rocks occurred in the catchment area of Hime river are the major significant sources of Ni and Cr to the studied sediments. Anomalously high Au content of more than 10 ppb is found in the sediments around Sado Island. This anomalous Au is likely to have originated from the auriferous mineralization in the island together with anthropogenic mining activities.

要 旨

新潟沖の海底表層堆積物 231 試料について重金属等 12 元素を分析し、地球化学的挙動を研究した。重金属類は、一般に細粒堆積物により多く含有されると言われており、マンガン、銅、鉛、ニッケルについてはその傾向があったが、鉄、コバルト、クロムではその傾向は認められなかった。高濃度の鉄は、砂鉄に由来している。マンガンは、還元的な下層堆積物から溶出し、酸化されて水深の大きい水域に沈積・濃集すると思われる。銅、亜鉛の一部は、沿岸域で沈殿するが銅よりも亜鉛の方が沈殿しやすいと考えられた。表層堆積物中のニッケル、クロム含有量は、富山湾→新潟沖→山形・秋田沖→西津軽沖の順に低下し、これは主として姫川上流の超塩基性岩体から供給されたニッケル、クロムの影響と考えられた。佐渡

島における金鉱化作用と鉱山活動の結果を反映し、金は同島の西方から北方海域の堆積物で高濃度を示した。

1. はじめに

沿岸域は、淡水である河川水が高塩分の海水と混合する水域であり、イオン強度、水温、酸化還元電位等が急激に変化するため河川から供給された物質の濃度や存在形態が変化し、かなりの部分が堆積物中へ移行する。従って沿岸堆積物における各種元素の挙動を解明することは沿岸域における物質収支を評価する上で不可欠の課題である。

日本海沿岸の堆積物中重金属等については、石狩湾(横田・大嶋, 1979)、西津軽沖(木下, 1981)、秋田沖(横田, 1989)、山形・秋田沖(寺島ほか, 1992)、富山湾(有田ほか, 1979)、山陰沖(Yin *et al.*, 1989; 木

* 地殻化学部

** 海洋地質部

Keywords: coastal marine sediment, element distribution, geochemical behavior, Off Niigata

下, 1981) についての報告がある. 新潟沿岸は, 信濃川や阿賀野川等の大河川が流入し, 沖合には佐渡島があって海流が変化するなど沿岸域での元素の地球化学的挙動を研究する上で貴重な海域と思われるが, これまでに詳細な調査・研究は実施されていない.

本論文は, 地球環境研究総合推進費による「有害金属・化学物質の海洋底質への蓄積と挙動の予察的研究」の基礎データを取得する目的もあり, 地質調査所における工業技術院特別研究「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」の一環として1990年4~5月に新潟県沖から採取された表層堆積物231試料について重金属等12元素を分析し, 地球化学的挙動を検討した結果を取りまとめたものである. 本研究の一部は別に報告した(寺島・片山, 1991; Terashima *et al.*, 1991)が, その主要部分はこの報告に含めて総合的な考察を加えることにした.

本研究を行なうに当たり, 試料の採取, 船上データの取得等に関しては, 当所の「日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究」グループの方々をはじめとするGH90航海研究員・乗務員の方々にたいへんお世話になった. 厚く御礼申し上げる.

2. 調査海域の概要

調査した海域は, 新潟県沖の東経138°以東, 北緯39°以南であり, 最大水深は北西部の富山トラフにあり, 約2000mに達する(Fig. 1). また佐渡島北東側の最上トラフ及び同島南方の佐渡海盆には周辺よりも水深が大きく, 500mを超える水域がある. 採取した堆積物の中央粒径値に基づく底質分布図(片山ほか, 1991; Fig. 1)によれば, 全体的には水深の浅い水域には砂質又はシルト質堆積物が分布し, 水深が500mを超える水域には8φよりも細粒の粘土質堆積物が分布する傾向がある. 例外的に信濃川, 阿賀野川が流入する新潟市の北方では水深は100m前後であるが, 8φ以上の細粒堆積物が分布している. 日本海の深海部では, 堆積物表層にマンガンを富む茶褐色層が広く分布しており(Yin *et al.*, 1989), 本調査海域では富山トラフの水深1000m以深と最上トラフの650m以深で認められた.

本調査海域には, 信濃川, 阿賀野川をはじめ多数の河川が流入するが, これら河川の流域には主として新第三紀の火山岩類が分布し, 一部にそれ以前の深成岩類, 堆積岩類が認められる. 本海域の南方に位置する糸魚川市には姫川の河口があり, この川の上流域には周辺他地域には認められない超苦鉄質岩類が分布する. 佐渡島には多数の金・銀鉱山があり, 1300年頃から採掘が行なわ

れたと言われている. 本海域では, 平常時には南から北への海流があり, Gamo and Horibe (1983), Sudo (1986)によれば水中の溶存酸素極小層は水深700~1000m程度にあると考えられる.

3. 試料と分析方法

3.1 試料

調査海域内の235点でグラブ採泥を行ない, このうち231地点で砂質~粘土質の堆積物が, 4地点では基盤岩類が採取された. 分析した試料の採取位置をFig. 2に示した. これら試料のうち採泥点番号50と224は基盤の泥質岩であり, その他が堆積物である. 各試料の詳細は片山ほか(1991)により報告されている.

グラブ採泥で得られた試料の表層部2~3cmをプラスチックケースに入れて実験室に持ち帰り, その約40gを分取して約80°Cで乾燥し, めのう粉砕機で約150メッシュ以下に粉砕して分析試料とした.

3.2 分析方法

鉄, マンガン, 銅, 鉛, 亜鉛, コバルト, ニッケル, クロム, バナジウム, ベリリウム, リチウム: 試料0.2gを白金皿に取り, 過塩素酸3ml, 硝酸2ml, ふっ化水素酸5mlを加え, 加熱分解後蒸発乾固した. 塩酸(1+1)1mlと水約3mlを加え, 加温溶解した後メスフラスコ(10ml)に移し入れ, 水で標線まで希釈して試料溶液とした. バナジウムとベリリウムは亜酸化窒素-アセチレンフレーム, その他の元素は空気-アセチレンフレームを用いる原子吸光法で定量した. この際鉛, 亜鉛, コバルト, ニッケル, ベリリウムの定量ではバックグラウンド吸収の補正を実施した. 分析精度と正確度は岩石標準試料JR-1, JG-1, JA-1, JB-1, JB-2で検討し, いずれの元素についても±5%以内であることを確認した.

金: 試料1gをTerashima(1988)の方法で分解し, MIBKで抽出した後黒鉛炉アトマイザーを用いる原子吸光法で定量した.

4. 結果と考察

各元素の分析結果をTable A-1に示した. 結果の解析に当たっては, 各水域の特徴を把握するため調査海域をA~Dゾーンに区分した(Fig. 2). Aゾーンは, 佐渡島の西方から北東にかけての海域で, Bゾーンはその東側の大陸棚を主体とする部分である. Cゾーンは, 信濃川と阿賀野川の河口に近い水深80m以浅の水域であり, Dゾーンは佐渡島の南方海域である. 各元素のゾーン別平均値を求めた結果をTable 1に, 各測定因

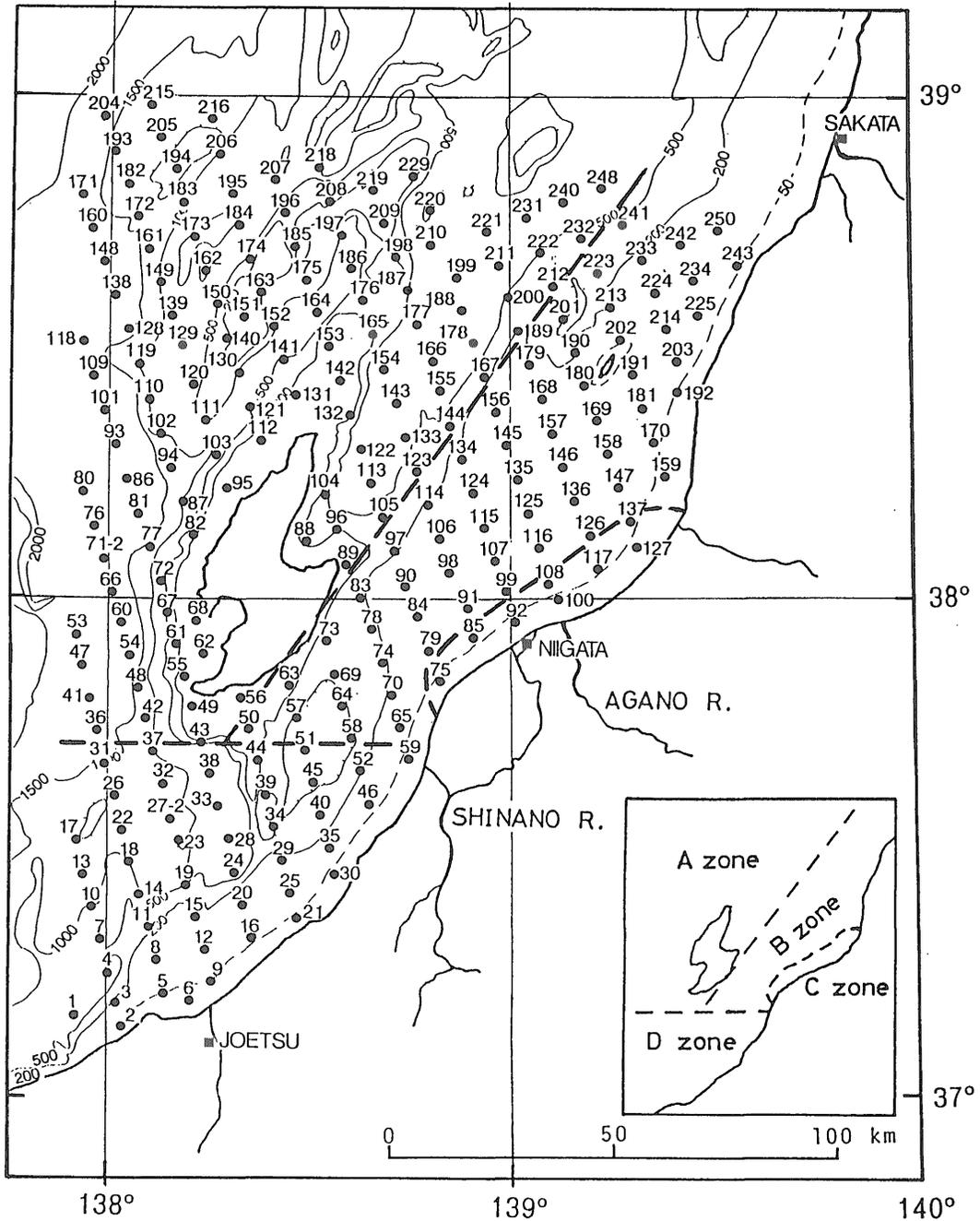


Fig. 2 Sampling stations in the off Niigata. The study area is divided into four subareas A to D. Location numbers correspond to the sample number in Appendix Table 1.

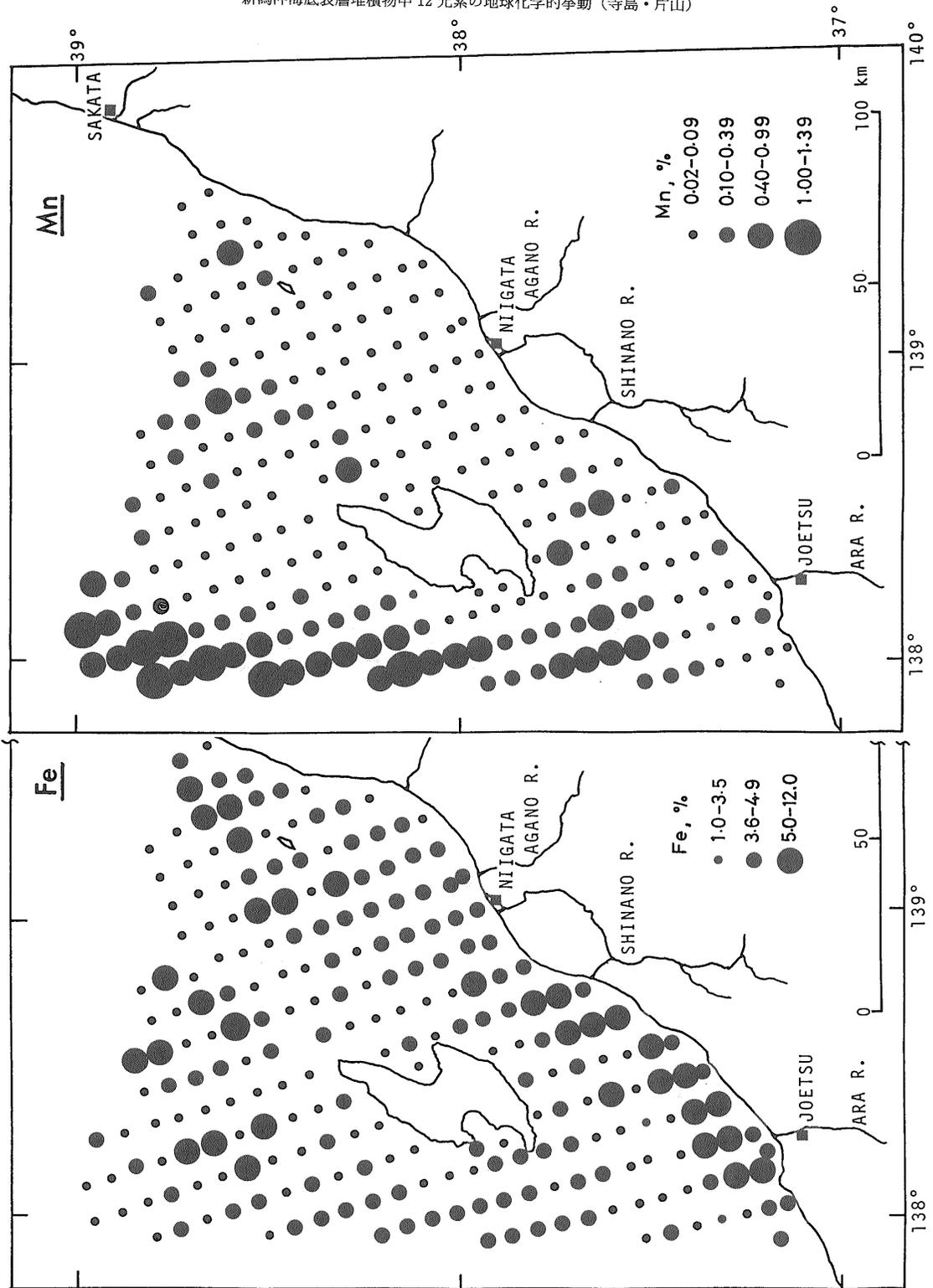


Fig. 3 Regional variation of iron and manganese contents of the sediments.

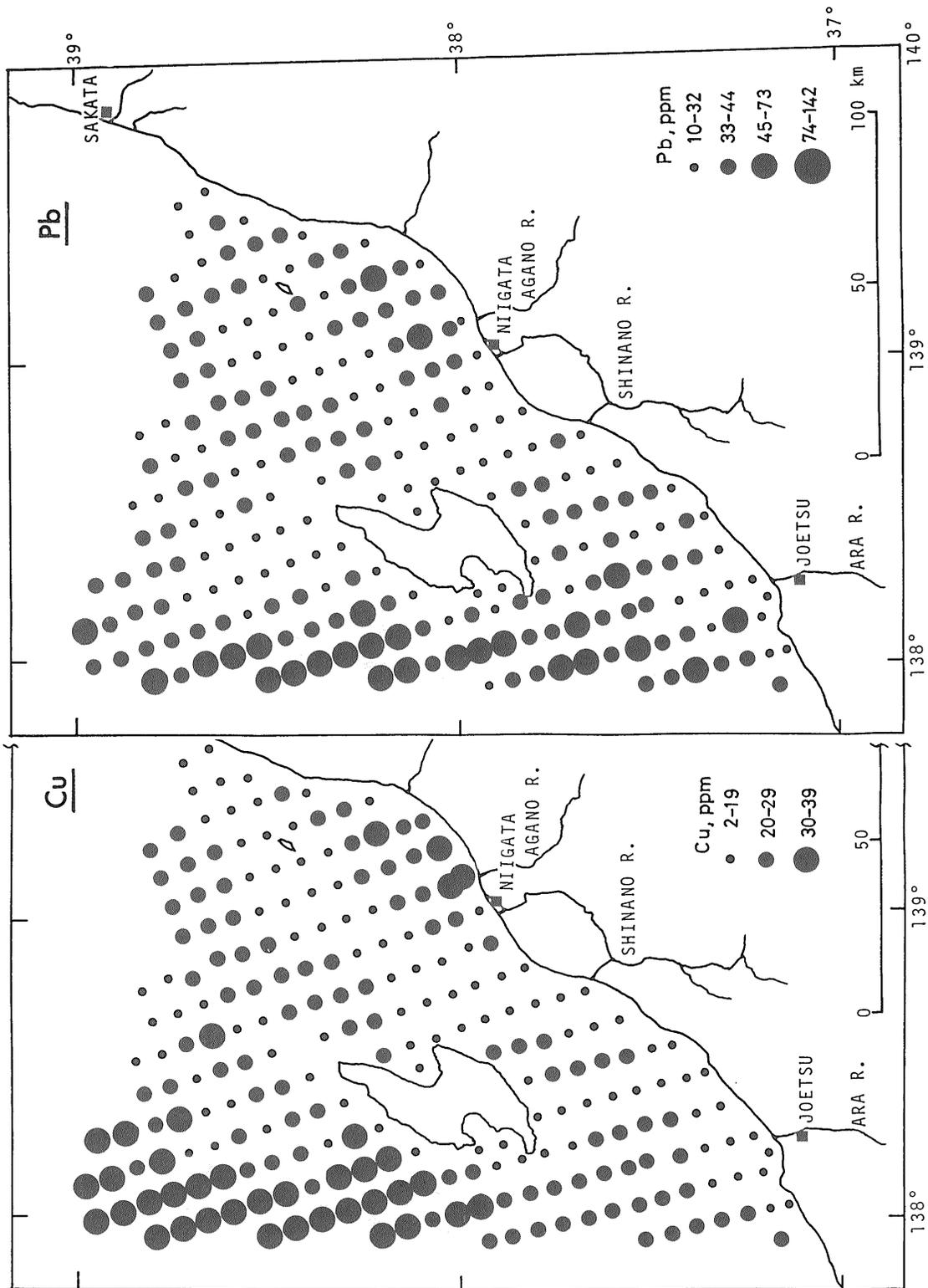


Fig. 4 Regional variation of copper and lead contents of the sediments.

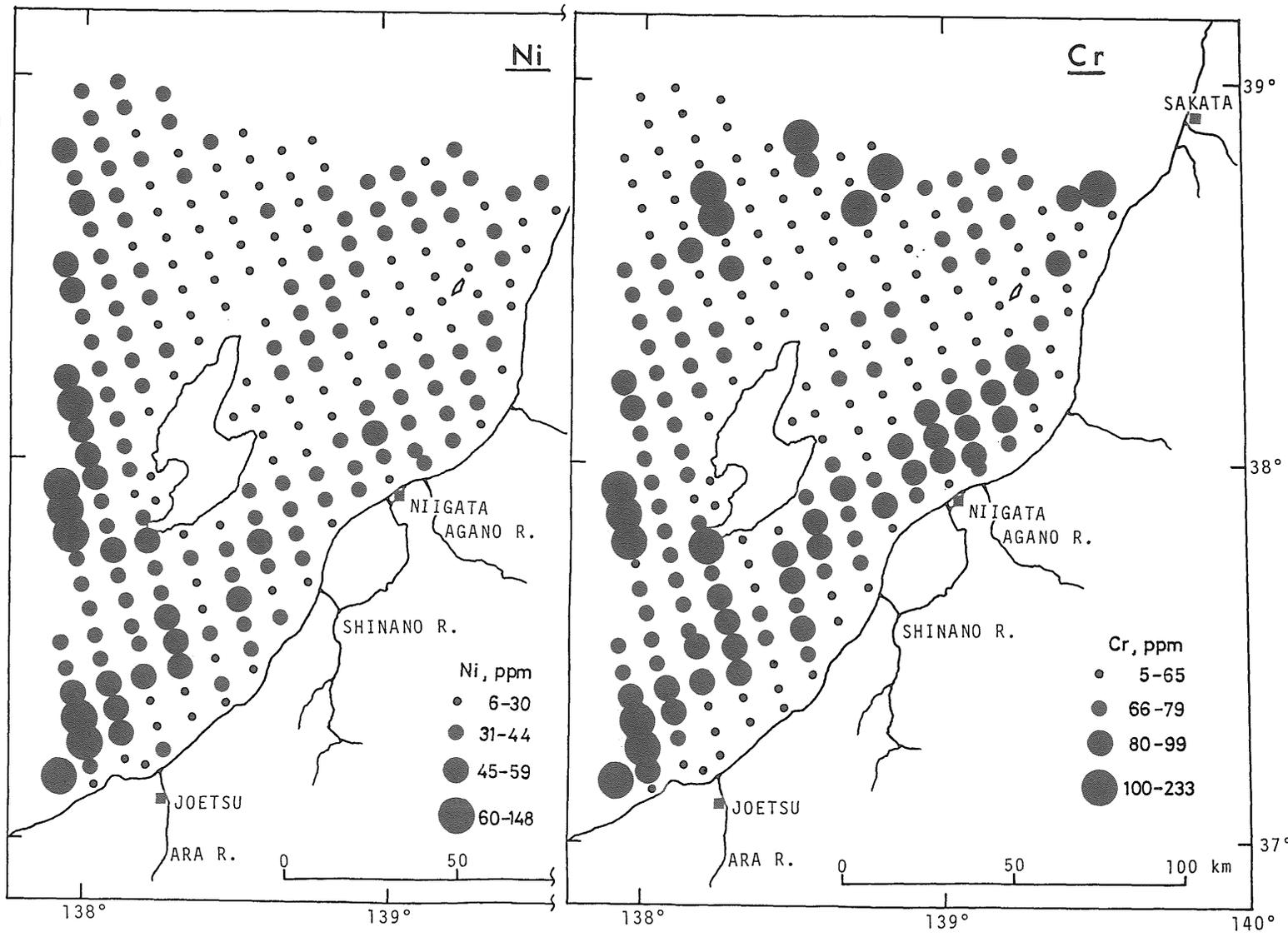


Fig. 5 Regional variation of nickel and chromium contents of the sediments.

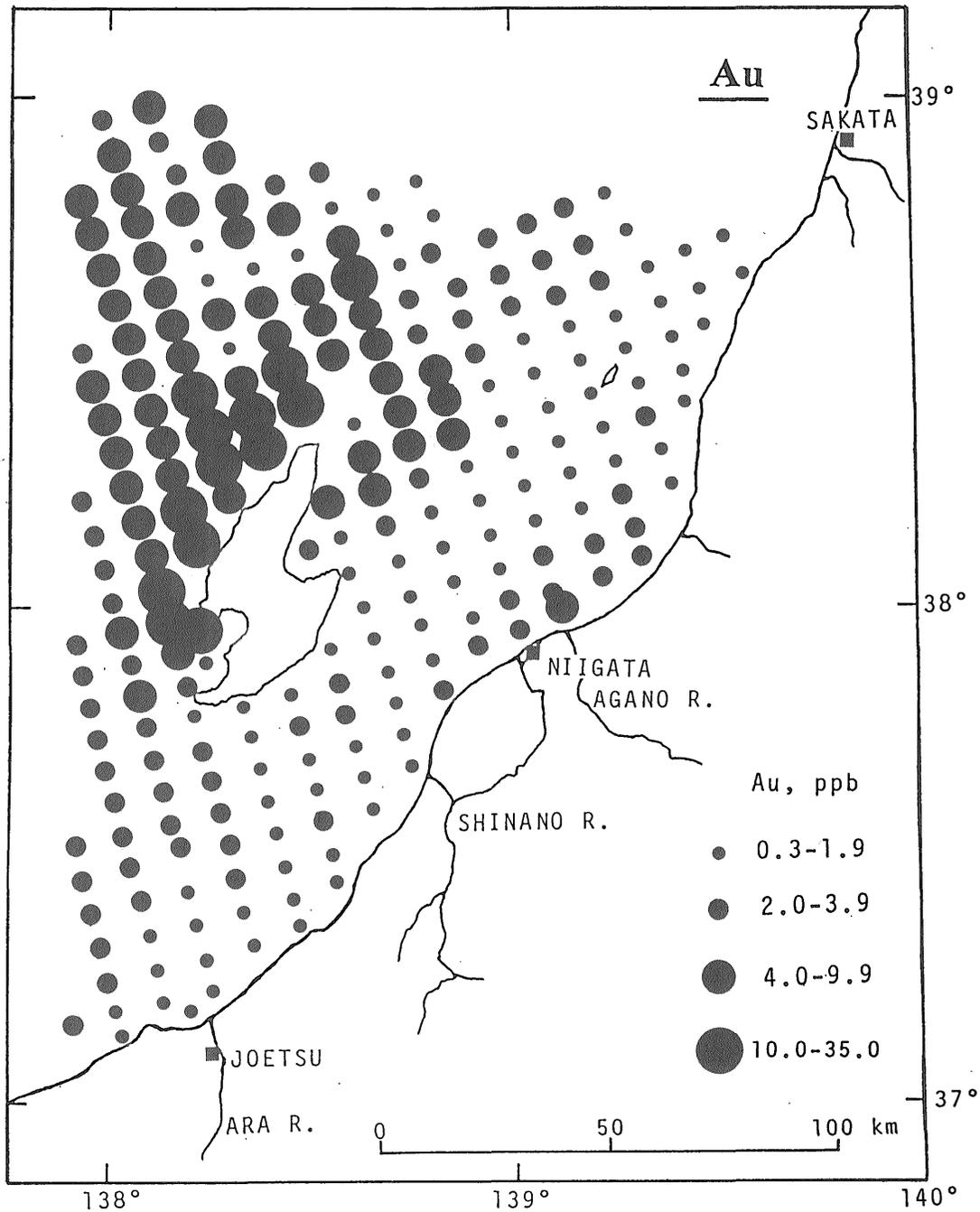


Fig. 6 Regional variation of gold content of the sediments.

子間の相関係数を計算した結果を Table 2 に示した。

4.1 水平分布の特徴

堆積物中各元素の水平方向の濃度分布を解明することは、各元素の主要供給源や堆積粒子の移動過程を研究する上で重要である。海底堆積物に関するこれまでの研究によれば、一般に重金属元素やアルカリ金属は粗粒堆積物よりも細粒堆積物により多く含有されるとされている。一方、細粒堆積物は粗粒堆積物よりも移動性が大きく、より水深が大きい場所で堆積する傾向があり、このことは Fig. 1 の底質分布図からも明らかである。従って、本研究で分析した元素は採泥点の水深と正の相関を示すことが期待される。しかしながら、Table 2 から明らかのように、鉄、コバルト、ベリリウム等の含有量と水深との間に正の相関は存在しない。そこで鉄、マンガン等 7 元素については水平方向の濃度分布図を作成し (Fig. 3~6)、以下の検討を行なった。

4.1.1 鉄, マンガン

鉄は底質の主成分の一つであり、またその化学的特性から考えて河川水よりも pH の高い海水中ではより沈

殿しやすいために沿岸域底質で高濃度を示す可能性がある。実際の分析結果でも全体としては沖合よりも沿岸近くで高濃度を示す傾向があり (Fig. 3)、概要報告では河川から供給された鉄が沈殿したと解釈した (寺島・片山, 1991)。しかし、その後堆積物の粒度組成と対比した結果、鉄に富む堆積物の多くは砂質堆積物であり、また希塩酸で処理しても鉄の溶出は極めて少ないことなどから砂鉄の存在が主な原因であることがわかった (寺島ほか, 1992)。鉄が 8% を越える堆積物は、佐渡島の北方では水深 400~600 m、新潟沿岸では水深 100~200 m の海域に分布する特徴がある。河川から供給された鉄は、さらに塩分濃度の小さい水域で沈殿している可能性が強く、汽水域での調査が必要である。

マンガンは、鉄とは逆に水深の大きい海域で高濃度を示す傾向があり、北西部の 7 地点では 1% 以上である (Fig. 3)。海域堆積物でマンガンが濃集する原因は、一般に還元的环境下にある堆積層中から溶出したマンガンが、堆積物表層や海水中で酸化されて再沈殿するためとされている (Bonatti *et al.*, 1971; Yin *et al.*, 1989)。

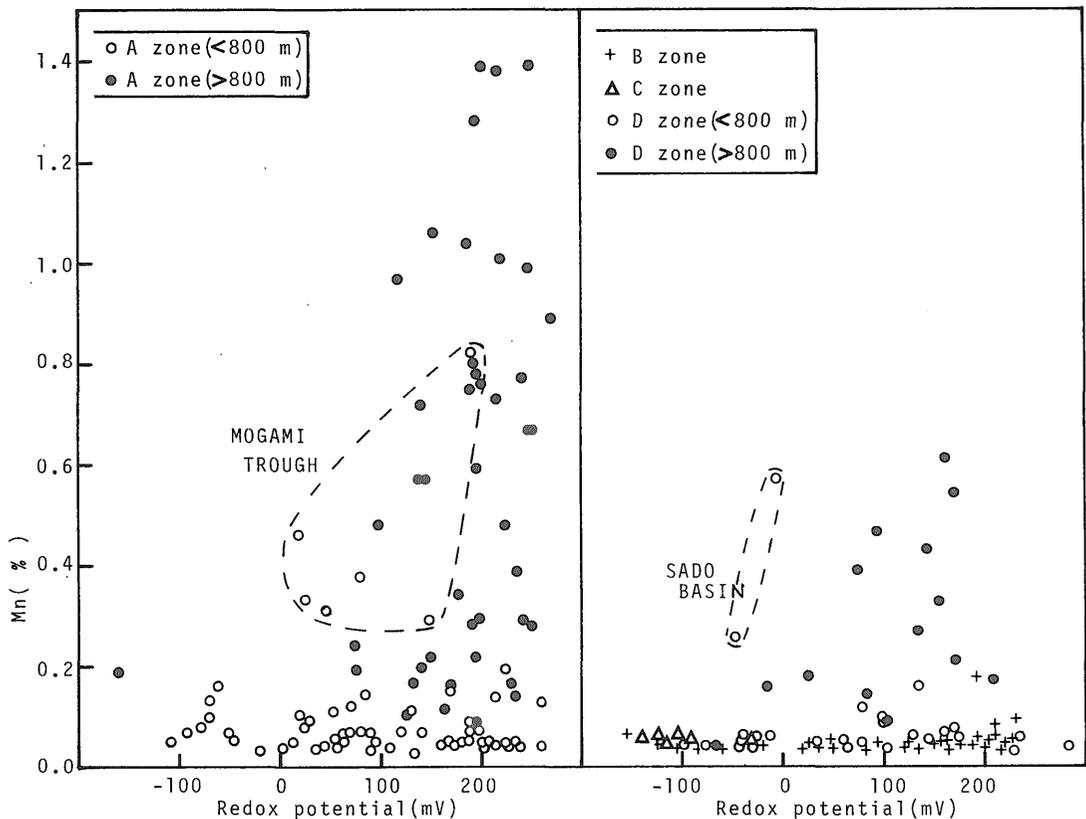


Fig. 7 Relationship between manganese content and redox potential of the sediments.

Table 1 Regional average metal contents with reported data for other regions and crustal abundance

	(n)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Be (ppm)	Li (ppm)	Au (ppb)
A zone	120	3.83	2689	22	36	88	8	34	69	90	1.2	38	5.9
B zone	58	4.32	497	15	31	92	12	29	64	92	1.3	38	1.2
C zone	8	3.99	519	27	30	118	11	31	66	106	1.1	39	3.4
D zone	45	4.67	1476	17	35	96	10	38	71	100	1.2	34	1.6
Grand average	(231)	4.12	1827	20	34	92	9	33	68	93	1.2	37	3.8
Off Nishitsugaru(A)		4.08	490	26	24	100	11	24	27				
Off Akita-Yamagata(B)		3.97	1760	26	37	105	11	27	46	96	1.4	38	
Toyama Bay(C)		3.40	497	23	56	140	33	53	77				
Central Japan Sea(A)		4.69	6000	38	28	131	32	53	45				
South of Kii Strait(D)		2.95	402	26	14	95	11	30	62	80	1.8	55	1.3
Mariana Ridge(D)		4.92	2403	117	24	98	22	36	24	142	1.4	23	2.7
Central Pacific(E)		4.36	7800	399	39	147	111	214					
Crustal abundance													
Goldschmidt(1954)		5.00	1000	70	16	80	40	100	200	150	6	65	1
Mason(1958)		5.00	1000	45	15	65	23	80	200	110	2	30	5
Levinson(1980)			950	55	12.5	70	25	75	100	135	2.8	20	4

(A): Kinoshita(1981), (B): Terashima et al.(1992), (C): Arita et al.(1979), (D): Terashima et al.(unpublished), (E): Mita et al.(1982).

Table 2 Correlation coefficient matrix for studied sediments (n=231)

Water depth	Fe	Mn	Cu	Pb	Zn	Co	Ni	Cr	V	Be	Li	Au
Fe	-0.21											
Mn	0.75	0.54										
Cu	0.73	0.53	0.75									
Pb	0.65	0.18	0.61	0.53								
Zn	0.22	0.07	0.15	0.09	0.45							
Co	0.06	0.31	0.59	0.52	0.47	0.43						
Ni	0.58	0.00	0.27	0.18	0.37	0.42	0.71					
Cr	0.28	0.15	0.44	0.38	0.71	0.49	0.43	0.56				
V	0.24	-0.12	-0.12	-0.14	0.22	0.21	0.00	0.47	0.35			
Be	-0.08	0.32	0.76	0.52	0.64	0.26	0.48	0.30	0.46	0.05		
Li	0.44	0.04	0.26	0.14	-0.05	-0.13	-0.01	-0.05	-0.11	-0.15	0.20	
Au	0.17	0.47	0.91	0.74	0.50	0.06	0.56	0.28	0.43	-0.07	0.74	0.17
Clay	0.71											

そこで堆積物の酸化還元電位とマンガン含有量との関係を検討し、結果を Fig. 7 に示した。この図からわかるように、全体としてマンガン含有量が多い試料の酸化還元電位は高く、マンガンが酸化的な堆積環境下で濃集しやすいことを示している。水深の浅い水域では酸化還元電位が高いにもかかわらずマンガンに乏しい試料も多いが、これは主として水深の浅い沿岸域では生成したマンガン酸化物がその場で沈殿せずに、水深の大きい水域へ移動するためと思われる。例えば最上トラフや佐渡海盆の試料は、採泥点の水深は 800 m 以下であるが、同じゾーンの他試料に比べて明らかにマンガンに富んでいる (Fig. 7)。これは、これらの水域が周辺よりも水深が深く、マンガン酸化物が集積しやすいためと考えられる。

4.1.2 銅, 鉛, 亜鉛

銅はマンガンと同様に全体としては水深の大きい海域で高濃度を示すが、信濃川、阿賀野川の河口付近にも高濃度地点がある (Fig. 4)。鉛についても調査海域の西側の水深の大きい場所が高濃度域となっており、また銅と同様に信濃川、阿賀野川河口からその北方海域にかけて高濃度域がある。亜鉛濃度が最も高いのは阿賀野川河口に近い採泥点番号 100 番で 146 ppm を示し、その北東部の 117 番でも 141 ppm と高値であった (Table A-1)。堆積物中の亜鉛含有量と採泥点の水深の間には良好な正相関はなく (Table 2)、沿岸域における挙動が銅、鉛とは若干異なることを示唆している。

信濃川、阿賀野川の河口に近い水域で銅、鉛、亜鉛が高濃度を示す原因は、河川を通して供給された金属がこの水域で堆積物中に沈積した結果と考えられる。これら金属の起源は、岩石・鉱物の風化に伴って溶出したものと、人間活動に伴うものが考えられるが、この両者の影響を評価するためには柱状試料に関する検討が必要である。しかしながら、本調査結果に見られる銅、鉛、亜鉛の濃度レベルは地殻存在量と同程度であり (Table 1)、“汚染”については特に問題にならないと判断される。

4.1.3 ニッケル, クロム, コバルト

ニッケルは、全体としてはマンガン等と同様に水深の大きい海域で高濃度を示す。ただしマンガン、銅、鉛は調査海域の北西部で高いが、ニッケルは南西部で高い特徴がある (Fig. 5)。クロムに関して佐渡島の北方よりも南方に高濃度域がある。本調査海域の南西方向に位置する富山湾の底質調査結果 (有田ほか, 1979) によれば、ニッケル、クロムの濃度は糸魚川付近の姫川河口で最大値を示している。従って本調査海域南西部におけるニッケル、クロムの高濃度も主として姫川から供給されたニッケル、クロムが北方へ拡散した結果と考えられる。

姫川の流域には、他の諸岩石に比べてニッケル、クロムを多量に含有する超塩基性岩類が分布しており、堆積物中のニッケル、クロムの分析結果と調和的である。

コバルトは、ニッケル、クロムと同様に各種岩石中では超塩基性岩類に最も多く含有される傾向がある。有田ほか(1979)によれば、富山湾では姫川系の堆積物が他の河川系よりもコバルトに富むことが報告されている。しかし、ニッケルやクロムとは異なり本海域の堆積物では南部に位置するDゾーンで明らかな高値は得られていない(Table 1)。この原因は、コバルトはニッケルやクロムに比べて海水中で沈殿しやすく、本海域への供給量が多くないためと考えられる。

4.1.4 金

金は、佐渡島の西から北方海域の堆積物で高濃度を示している(Fig. 6)。McHugh(1988)によれば、非

化地域における河川水中の金濃度は平均 $0.02 \mu\text{g/l}$ であり、これに対して金鉱化地域の河川水は平均 $0.101 \mu\text{g/l}$ 、鉱山廃水では平均 $0.322 \mu\text{g/l}$ で極めて多量の金を含有している。佐渡島における金鉱山が主として島の西方から北方に分布しており、又南から北への海流を考慮すると堆積物中の高濃度の金は佐渡島における鉱化作用と鉱山活動の影響によると考えられる。

本海域における金の地球化学的挙動の詳細は別に公表した(Terashima *et al.*, 1991)。その結果によれば、鉱化作用や鉱山活動の影響を受けていないと考えられるDゾーンの堆積物では金は粗粒堆積物よりも細粒堆積物により多く含有され、水深や銅、ニッケル、クロム含有量と正の相関を示す。試料採取地点の水深が溶存酸素極小層よりも浅い水域の堆積物では、金含有量と堆積物の酸化還元電位は負の相関を示すが、それよりも深い水

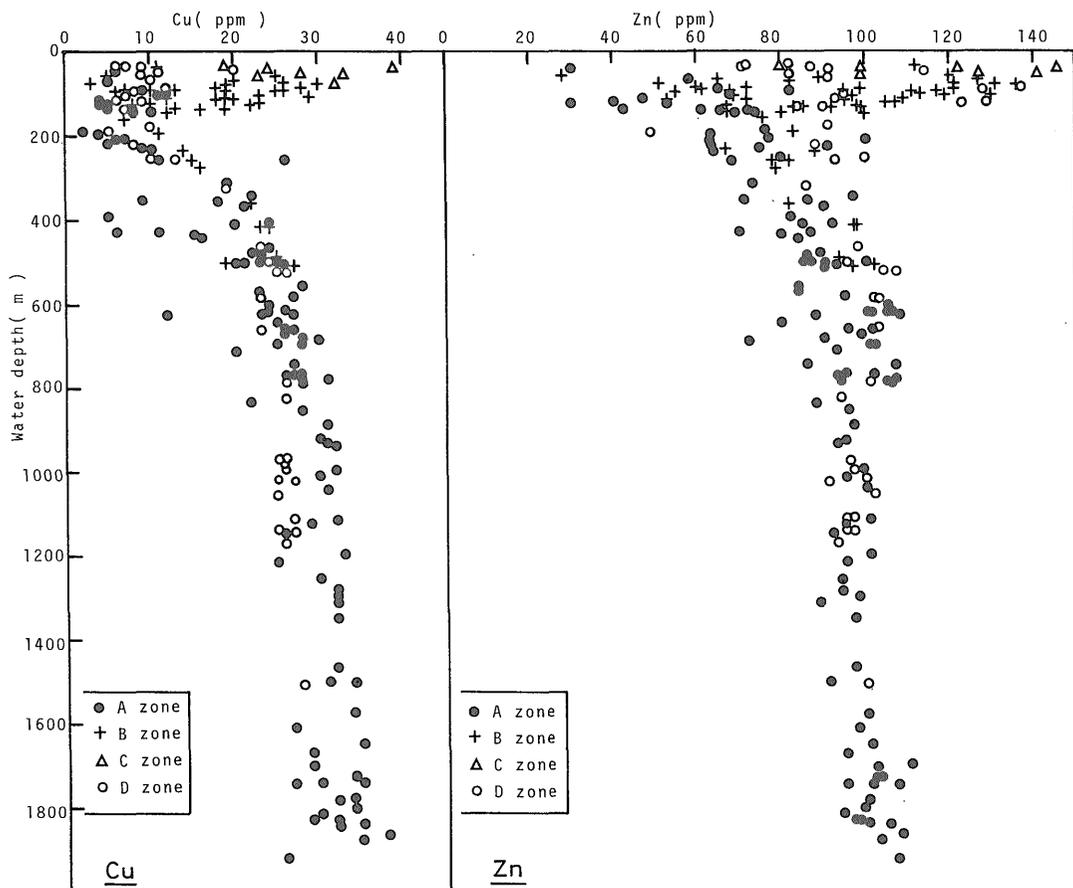


Fig. 8 Relationship between copper or zinc content in the sediments and water depth of sampling locations.

域の試料では負の相関は存在しない。堆積物中の金は、主として溶存状態で河川等から供給され、還元的环境下で還元されて微細な金属粒子となり、他の堆積粒子と共に沈殿すると考えられる。

4.2 元素存在量の特徴と広域的变化

本調査海域における元素存在量の特徴を明らかにするため、周辺の他海域 (西津軽沖, 秋田~山形沖, 富山湾, 日本海中央部) や紀伊水道南方, マリアナ海嶺, 大平洋中央部の泥質堆積物中の元素濃度と比較して Table 1 に示した。本調査海域の試料は, 銅, 亜鉛, コバルトの含有量が他海域よりもやや低いが, その他については顕著な特徴は認められない。木下 (1981) は, 試料の採取地点が陸地から遠くなるに従ってほとんどの遷移金属元素の存在量が増加することを指摘しているが, Table 1 の結果においてもマンガン, 銅, コバルト, ニッケル等についてはそのような傾向がある。しかし, 鉛, 亜鉛,

クロムについては日本海中央部やマリアナ海嶺よりも富山湾で高濃度を示すなど一部元素は異なる挙動を示している。

マンガン濃度に関しては, 日本海の沿岸海域では 500~2000 ppm であるが, 日本海中央部では平均 6000 ppm, 大平洋中央部では 7800 ppm で極めて大きな濃度差がある (Table 1)。最近増沢ほか (1990) は, 日本海北部の水深 3300 m 地点から得られた ODP 795 コア (全長約 700 m) 中の微量元素を分析し, マンガンについては最下位の中新世中期の地層では 200~300 ppm, 最表層約 100 m の第四紀の地層では 1000~4000 ppm であることを報告している。このことは, 日本海深部の堆積物中のマンガン濃度は時代と共に増加傾向にあることを示しており, これについても前述の続成作用に伴うマンガンの溶解・移動・沈殿が重要な役割りを果たしていると思われる。また, 日本海が誕生した直後の水深は現

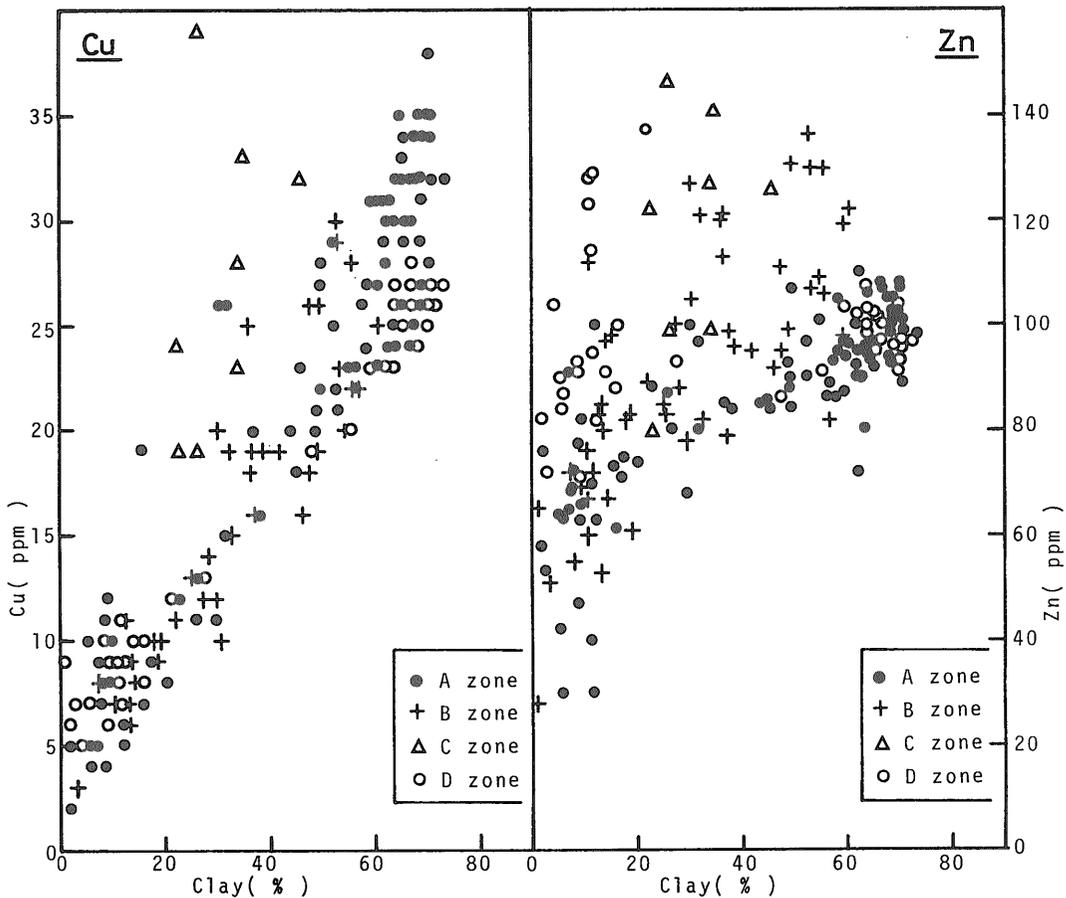


Fig. 9 Relationship between copper or zinc and clay contents of the sediments.

在よりも浅く、海水の流動も活発でマンガンが沈積しにくい環境にあったが、水深の増大に伴って周辺河川から供給されたマンガンの外洋への流出が少なくなり、底質中に蓄積されやすい水理環境になったことが考えられる。表層部の堆積物でマンガン濃度が1000~4000 ppmに変化する原因は、火山灰層の影響や気候変動に伴う海水温や酸化還元状態の変化が考えられるが、これについてはより詳細な分析を実施して検討する必要がある。

本調査海域南西部におけるニッケル、クロムの高濃度は、主として姫川上流域に分布する超塩基性岩体からの供給であろうことはすでに述べた。沿岸域堆積物におけるニッケル、クロムの広域的变化を見ると、富山湾(Ni 53 ppm; Cr 77 ppm)→新潟沖(33, 68)→山形~秋田沖(27, 46)→西津軽沖(24, 27)の順に濃度を減じる傾向がある。これは、新潟、山形、秋田県下に分布する主要な超塩基性岩体が姫川上流域に限定されるため、姫川以外の河川から供給されるニッケル、クロムの量が少なく、海流の北上と共に両元素の濃度が減少し、その結果として堆積物中の濃度も低下するものと解釈される。

4.3 沿岸域における銅と亜鉛の挙動

Table 1 からわかるように、銅と亜鉛の地殻存在量を比較するといずれの文献においても銅よりも亜鉛の方が多。一方、海底堆積物については日本海の各水域及び紀伊水道南方の試料では地殻存在量と同様に亜鉛の方が多。マリアナ海嶺や大平洋中央部のように陸地からの距離が遠い海域では銅の方が多くなっている。このことは、堆積過程における両元素の挙動が異なることを示唆しており、若干の検討を加えることにした。

Fig. 8 は、堆積物中の銅、亜鉛濃度と採泥点の水深の関係を示したものである。Aゾーンでは、銅、亜鉛とも水深の増加と共に高濃度となる。B、Dゾーンにおいても水深150m以深の海域の試料ではAゾーンと同様な変化を示すが、150m以浅では水深とは無関係に高濃度を示す試料がある。この結果は、B、Dゾーンには信濃川、阿賀野川等の大河川が流入しており、これら河川から供給された銅、亜鉛が水深の小さい水域で沈殿するのに対し、Aゾーンには大河川の流入がなく、河川を通しての銅、亜鉛の供給量が少ないために水深の小さい水域で高濃度を示さないことが考えられる。Fig. 8によれば、銅含有量は全体として水深150~200mで得られた試料で極小値を示す傾向があり、亜鉛とは若干異なっている。

堆積物中の粘土含有率と銅、亜鉛含有量の関係はFig. 9に示した。粘土含有率の増加に伴って両元素とも高濃度となる傾向は同じであるが、銅の増加率に比べ

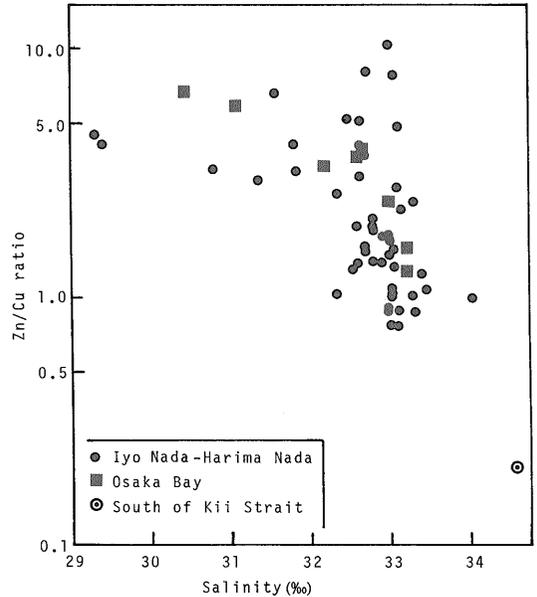


Fig. 10 Concentration ratio of Zn/Cu in sea water vs. salinity in the Seto Inland Sea, Japan (Shitashima and Tsubota, 1990).

て亜鉛のそれは小さく、ばらつきが大きい特徴がある。粘土含有率と亜鉛濃度が良好な正相関を示さない主な原因は碎屑物に含有される亜鉛の影響であり、特に鉄に富む砂質堆積物は一般に高濃度の亜鉛を含有する傾向があった。

Fig. 10は、Shitashima and Tsubota (1990)が瀬戸内海における海水中の重金属濃度について研究した結果から亜鉛/銅比を求め、海水の塩分濃度との関係図を作成したものである。亜鉛/銅比は、塩分濃度の増加に伴って低値となる傾向がある。このことは、海水中では銅よりも亜鉛の方がより沈殿しやすいことを示している。海底堆積物における銅と亜鉛の存在量を支配する要因としては、河川等から供給される溶存態及び碎屑物由来の金属量と共に海水中における両元素の安定性が重要と思われる。

5. まとめ

新潟沿岸から佐渡島周辺にかけての海域から得られた表層堆積物231試料について重金属を中心とする12元素を分析し、次の結果を得た。

- 1) 堆積物中の各元素濃度は、粒度組成、水深、河川の影響等によって変化するが、その平均値は地殻存在量に比べてマンガン、鉛に富んでおり、銅、コバ

ルト, ニッケル, クロム, ベリリウムに乏しい特徴が認められた。

- 2) 一般に重金属類は粗粒堆積物よりも細粒堆積物により多く含有されると言われており, マンガン, 銅, 鉛, ニッケル等についてはその傾向があったが, 鉄, コバルト, クロムでは認められなかった。鉄に富む試料の多くは砂質堆積物であり, 砂鉄に由来すると考えられた。
- 3) マンガン濃度は, 採泥点の水深と良好な正相関を示し, マンガンに富む堆積物の酸化還元電位は高い傾向があった。還元の状態にある下層堆積物から溶出したマンガンが, 堆積物表層又は海水中で酸化され, 周辺よりも水深の大きい水域で沈積し, 高濃度を示すと解釈された。
- 4) 信濃川, 阿賀野川河口付近の堆積物は銅, 鉛, 亜鉛に富む傾向があり, これら河川からの供給を示唆している。海底堆積物における亜鉛/銅比を広域的に見ると, 陸地から離れるに従って小さくなる傾向がある。一方, 海水中の亜鉛/銅比は海水の塩分濃度の増加によって減少する傾向があり, 堆積物中の存在比と調和的である。
- 5) ニッケル, クロムは, 調査海域の北部よりも南部で高濃度を示した。日本海沿岸の堆積物中両元素の広域変化を見ると, 富山湾→新潟沖→山形・秋田沖→西津軽沖の順に北部に向かって減少する。これは主として姫川上流域に分布する超塩基性岩体から供給されたニッケル, クロムの影響によると考えられた。
- 6) 金は, 佐渡島の西から北方海域で高濃度を示し, 主として同島における鉱化作用と鉱山活動に起因すると考えられた。鉱化作用や鉱山活動の影響がない堆積物では, 金は細粒堆積物により多く含有され, 堆積物の酸化還元電位とは負の相関を示した。堆積物中の金は, 主として溶存状態で河川等から供給され, 還元されて金属粒子となり沈殿したと解釈された (Terashima *et al.*, 1991)。

文 献

- 有田正史・野原昌人・木下泰正・小野寺公児(1979) 富山湾の海底堆積物。環境庁環境保全研究成果集, p. 60-53~61-85.
- Bonatti, E., Fisher, D.E., Joensuu, O. and Rydell, H.S. (1971) Postdepositional mobility of some transition elements, phosphorus, uranium and thorium in deep-sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 35, p. 189-201.
- Gamo, T. and Horibe, Y. (1983) Abyssal circulation in the Japan Sea. *J. Oceanograph. Soc. Japan*, vol. 39, p. 220-230.
- Goldschmidt, V.M. (1954) *Geochemistry*. Clarendon Press, Oxford, 730 p.
- 片山 肇・中嶋 健・池原 研(1991) 新潟沖の表層堆積物。日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究, 平成2年度研究概要報告書—新潟県沖海域—, 地質調査所, p. 47-73.
- 木下 貴(1981) 日本海海底泥質堆積物の微量元素を中心とした地球化学的特徴。地質学雑誌, vol. 87, p. 369-381.
- Levinson, A.A. (1980) Introduction to exploration geochemistry. *Applied Publishing, Wilmette, Illinois*, 614 p.
- Mason, B. (1958) *Principles of geochemistry*. Wiley, New York, 310 p.
- 増澤敏行・高田実弥・松下録治(1990) ODP Leg 127 日本海深海掘削の Site 795 コアの微量元素組成。日本地球化学会演旨, p. 226.
- McHugh, J.B. (1988) Concentration of gold in natural waters. *J. Geochim. Exploration*, vol. 30, p. 85-94.
- Mita, N., Nakao, S. and Kato, K. (1982) Minor chemical composition of bottom sediments from the Central Pacific Wake-Tahiti transect. *Geol. Surv. Cruise Rept.*, vol. 18, p. 313-337.
- Shitashima, K. and Tsubota, H. (1990) Transport of heavy metals into and out of the Seto Inland Sea, Japan. *Geochem. J.*, vol. 24, p. 283-293.
- Sudo, H. (1986) A note on the Japan Sea proper water. *Prog. Oceanogr.*, vol. 17, p. 313-336.
- Terashima, S. (1988) Determination of gold in sixty geochemical reference samples by flameless atomic absorption spectrometry. *Geostandards Newsletter*, vol. 12, p. 57-60.

- , Katayama, H. and Itoh, S. (1991) Geochemical behavior of gold in coastal marine sediments from the southeastern margin of Japan Sea. *Marine Mining*, vol. 10, p. 247-257.
- 寺島 滋・片山 肇(1991) 新潟県沖表層堆積物の重金属を中心とした地球化学的特徴. 日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究, 平成2年度研究概要報告書—新潟県沖海域—, 地質調査所, p. 158-172.
- ・中嶋 健・片山 肇(1992) 山形-秋田沖表層堆積物中の重金属分布. 日本海中部東縁部大陸棚周辺海域の海洋地質学的研究, 平成3年度研究概要報告書—山形~秋田県沖海域—, 地質調査所, p. 185-196.
- Yin, J.-H., Kajiwara, Y. and Fujii, T. (1989) Distribution of transition elements in surface sediments of the southwestern margin of Japan Sea. *Geochem. J.* vol. 23, p. 161-180.
- 横田節哉(1989) 秋田沖表層堆積物の重金属元素. 秋田沖の海底地形と堆積物, 「開口性沿岸海域開発に伴う底質汚染予測技術に関する研究」成果報告書, 地質調査所, p. 71-85.
- ・大嶋和雄(1979) 石狩湾堆積物の重金属の分布. 地調月報, vol. 30, p. 533-548.
- (受付: 1992年6月23日; 受理: 1992年10月1日)

新潟沖海底表層堆積物中12元素の地球化学的挙動(寺島・片山)

Table A-1 Analytical data for the studied sediments.

Local No.	W. D. (m)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Be (ppm)	Li (ppm)	Au (ppb)
1	653	3.70	410	23	38	103	11	92	150	110	1.5	39	2.9
2	31	3.73	700	7	11	72	9	21	42	89	0.9	30	0.5
3	178	4.48	550	10	25	91	11	42	81	85	1.0	33	0.8
4	584	3.54	460	23	40	103	8	68	118	102	1.3	41	2.1
5	53	5.69	1600	9	24	82	17	21	25	125	1.3	19	0.3
6	32	4.23	660	6	10	82	10	14	38	89	0.8	29	0.3
7	585	3.50	600	23	38	102	10	61	105	96	1.2	40	2.7
8	117	11.95	830	9	73	129	16	48	73	157	1.7	23	0.5
9	47	4.68	500	11	25	114	11	31	53	110	1.1	32	1.1
10	1053	3.52	2700	25	45	102	7	55	98	97	1.4	39	2.5
11	255	4.66	360	13	28	93	9	49	99	91	1.4	33	0.9
12	103	5.50	440	7	27	95	10	24	53	90	1.1	29	0.5
13	1110	3.74	3320	27	43	95	9	42	78	91	1.2	45	2.1
14	783	3.32	900	26	44	101	7	58	98	95	1.3	41	2.0
15	133	6.02	620	7	29	84	10	15	39	90	1.2	19	0.4
16	64	5.18	1180	10	30	91	10	23	35	106	0.8	24	0.5
17	1017	3.13	2100	27	41	100	9	37	66	90	1.0	43	2.7
18	1021	3.20	3900	25	42	91	8	40	69	90	0.9	37	2.1
19	412	3.32	500	20	32	91	9	56	99	91	1.5	38	1.6
20	113	8.13	550	6	41	93	11	30	52	107	1.2	24	0.5
21	36	4.15	640	9	13	82	10	18	50	101	0.9	32	0.7
22	1167	3.50	4700	26	46	93	9	38	68	89	1.1	40	2.6
23	992	3.48	1410	26	44	97	8	44	82	105	1.4	42	2.2
24	462	3.40	400	23	37	98	8	51	95	106	1.5	40	2.3
25	93	8.48	610	8	44	128	14	36	60	138	1.4	27	0.6
26	1139	3.31	4300	27	44	97	9	39	69	95	1.3	42	2.8
27	1110	3.31	1740	27	43	97	8	42	76	100	1.3	43	3.2
28	970	3.20	410	25	41	96	8	48	87	100	1.1	40	2.4
29	130	6.00	630	7	28	90	13	19	37	70	1.4	20	0.4
30	37	4.85	980	7	12	87	11	18	37	99	0.7	26	0.3
31	1506	3.86	6100	28	49	100	10	38	68	94	1.1	41	2.3
32	1135	3.88	5460	25	44	95	9	37	68	92	1.1	39	3.0
33	977	3.34	1800	26	45	96	8	45	80	100	1.4	41	2.9
34	316	3.42	390	19	29	86	7	31	74	98	1.5	38	1.7
35	117	9.80	620	9	41	123	15	31	69	145	1.5	26	0.6
36	1606	4.06	4800	27	50	98	11	37	65	93	1.4	41	3.0
37	958	3.57	1580	26	51	95	9	41	78	100	1.2	41	2.9
38	820	3.35	950	26	44	94	9	42	80	102	1.3	41	2.7
39	252	9.98	380	10	33	100	10	23	70	103	1.8	25	1.0
40	500	3.32	390	24	42	96	8	44	85	110	1.5	42	2.2
41	1695	4.30	1140	29	39	110	21	96	161	101	1.6	37	2.6
42	1145	3.38	3420	26	43	92	10	47	75	100	1.1	40	3.9
43	353	4.05	720	18	28	86	16	35	75	93	1.1	37	3.6
44	187	3.46	500	5	19	49	7	23	52	54	1.0	22	0.4
45	519	3.53	5700	25	42	104	7	45	79	115	1.0	38	1.8
46	85	5.67	390	12	32	137	18	35	64	99	1.2	33	0.9
47	1742	4.22	1000	27	33	107	26	120	198	106	1.5	35	2.7
48	1212	3.68	2800	25	37	95	14	40	74	91	1.4	41	4.5
49	102	4.60	690	11	38	68	9	49	165	87	0.7	24	1.2
50	90	4.53	5750	13	32	68	3	43	51	109	0.4	29	1.3
51	520	3.56	2540	26	44	107	7	44	86	125	0.9	49	1.8
52	219	6.68	320	8	20	88	6	25	64	87	1.2	26	0.6
53	1916	4.40	1400	26	30	97	20	148	233	106	1.8	44	3.6
54	1664	3.93	2950	29	46	95	9	40	69	104	1.2	41	3.7
55	88	4.00	700	9	37	65	8	40	74	73	0.6	30	2.9
56	43	1.01	250	6	30	30	1	15	19	18	0.1	6	0.5
57	511	3.52	480	25	38	97	17	43	83	111	1.2	43	2.6
58	499	5.50	1800	19	29	96	18	35	71	100	1.2	34	1.7

Table A-1 (Continued)

Local No.	W. D. (m)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Be (ppm)	Li (ppm)	Au (ppb)
59	31	3.68	600	9	15	71	15	24	47	92	1.0	29	0.7
60	1740	4.00	4800	30	45	95	7	46	69	100	1.1	40	4.4
61	234	3.78	450	10	30	64	9	25	60	65	1.4	37	9.0
62	65	3.01	450	5	23	58	10	22	46	53	1.5	48	1.8
63	83	4.10	460	8	30	72	8	23	55	61	1.1	31	0.5
64	506	3.71	600	27	39	102	12	49	89	123	1.4	43	2.2
65	101	6.52	400	19	35	113	21	40	76	110	1.6	37	1.4
66	1811	3.98	6700	30	48	94	16	50	76	100	1.0	40	3.6
67	555	3.06	390	28	36	84	14	36	76	91	1.1	41	19.4
68	96	4.20	510	12	32	82	12	19	56	60	1.0	34	26.0
69	490	3.41	700	25	37	94	18	41	87	114	1.1	41	2.3
70	146	8.16	400	12	32	100	24	32	69	106	1.9	35	0.7
71	1826	3.70	7200	29	44	97	8	50	75	103	1.4	41	3.5
72	642	3.26	510	25	31	80	16	34	70	95	1.5	42	22.5
73	361	3.30	380	22	30	82	16	34	77	109	1.4	41	1.9
74	255	4.39	330	15	25	82	21	33	79	106	1.3	35	1.0
75	35	3.56	510	19	18	80	15	24	60	100	1.8	33	2.2
76	1837	3.92	10400	32	47	100	14	61	80	102	1.3	51	3.0
77	1497	3.58	2170	31	43	91	14	39	71	101	1.3	42	7.0
78	276	3.70	390	16	25	79	13	35	81	94	1.5	41	1.3
79	92	4.36	430	19	26	95	39	39	86	102	1.7	40	1.4
80	1834	3.96	9900	32	45	98	17	58	82	100	1.3	44	3.4
81	1777	4.16	5700	32	48	100	10	40	69	108	0.6	41	9.7
82	312	3.50	470	19	30	73	7	19	53	72	0.8	38	32.1
83	260	4.41	320	12	25	78	9	28	69	102	0.7	33	1.0
84	120	8.98	350	10	30	105	13	33	70	105	1.3	33	1.4
85	56	3.96	420	23	28	99	9	38	71	120	0.5	39	2.8
86	1799	3.80	7500	34	49	99	10	43	70	115	0.6	43	4.5
87	885	3.33	1650	31	44	97	6	42	73	100	0.4	42	14.1
88	254	3.01	320	11	25	68	5	20	42	73	1.1	40	2.4
89	110	3.26	260	4	24	47	3	13	37	50	1.1	28	0.4
90	95	2.58	610	6	18	55	2	14	37	52	0.2	29	0.4
91	90	4.25	460	19	32	99	13	40	85	108	1.2	52	1.8
92	42	4.08	500	19	27	99	12	26	55	99	1.1	35	3.3
93	1775	4.12	5900	34	49	100	11	42	70	102	0.5	48	4.9
94	1298	3.65	1960	32	46	98	8	42	73	107	0.5	43	7.9
95	121	2.78	480	5	24	53	2	9	26	45	0.5	39	4.7
96	206	3.90	400	6	23	63	8	18	45	54	0.7	35	1.0
97	231	3.11	560	9	24	67	9	20	38	67	0.4	30	0.7
98	114	4.50	530	18	37	95	14	41	86	102	1.3	41	1.2
99	95	4.48	460	26	36	111	11	44	93	110	1.0	43	2.1
100	40	4.44	590	39	31	146	14	33	70	101	0.5	38	5.6
101	1701	3.93	7800	34	47	102	15	44	70	115	0.6	48	5.1
102	1462	3.36	1980	32	44	97	8	40	76	113	0.4	43	6.7
103	778	3.07	800	31	42	94	7	35	69	110	0.5	43	29.6
104	499	3.32	700	21	32	90	8	28	58	90	0.6	40	5.6
105	441	3.35	560	16	28	84	9	28	58	91	0.6	38	2.8
106	102	3.83	520	6	22	69	8	22	35	73	0.5	25	0.5
107	121	4.40	380	23	38	107	14	46	93	121	1.2	44	1.6
108	74	4.21	500	32	33	126	12	38	83	125	0.8	43	3.0
109	1719	3.80	9700	34	49	103	13	50	68	116	0.7	44	4.2
110	1120	3.56	2400	29	40	95	10	40	72	93	0.7	42	6.5
111	435	4.36	900	15	26	80	7	20	73	88	1.3	35	12.1
112	140	3.72	440	10	27	66	5	12	41	58	0.8	33	35.0
113	656	3.53	700	26	38	96	9	34	66	108	0.7	43	6.7
114	159	4.61	560	7	26	76	8	19	41	80	1.2	26	0.7
115	135	4.24	560	19	36	99	16	43	90	110	1.2	44	1.2
116	106	4.22	500	29	47	130	11	41	88	116	1.2	54	2.4
117	55	4.26	610	33	38	141	12	31	70	110	1.2	41	3.8
118	1863	3.50	13900	38	52	108	14	56	66	100	0.9	53	3.8
119	1010	3.28	1660	30	42	95	9	41	70	93	0.9	41	7.0

Table A-1 (Continued)

Local No.	W. D. (m)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Be (ppm)	Li (ppm)	Au (ppb)
120	681	3.26	1400	28	38	90	10	35	63	85	0.6	40	12.1
121	569	3.10	610	23	31	84	8	30	55	84	1.3	41	18.1
122	656	3.54	4600	23	39	96	5	28	57	90	1.1	39	6.3
123	365	3.41	390	21	34	90	9	33	72	99	1.3	40	3.0
124	114	4.03	480	9	24	72	6	17	50	93	1.3	27	0.5
125	128	4.27	440	22	37	106	14	42	87	107	1.6	45	1.4
126	85	4.40	410	28	40	130	13	41	85	117	1.6	48	2.3
127	42	3.42	530	24	30	122	8	24	55	88	1.4	38	3.9
128	1726	3.78	5700	34	47	102	11	41	67	100	1.4	43	7.4
129	763	3.09	480	28	35	95	3	33	62	87	1.4	42	5.8
130	513	3.18	490	25	32	90	3	26	59	84	1.4	37	6.9
131	146	3.42	480	8	24	69	3	17	57	60	1.4	40	13.3
132	140	4.48	490	7	25	72	7	20	60	81	1.5	30	1.7
133	616	3.55	1620	24	41	100	4	33	62	95	1.4	48	4.5
134	140	3.30	500	8	22	67	2	17	40	68	1.4	26	0.3
135	135	4.44	470	16	32	92	12	36	72	100	1.5	40	1.0
136	105	4.50	360	23	40	119	14	42	85	111	1.6	47	1.6
137	55	4.02	490	28	38	127	8	31	60	101	1.6	43	2.2
138	1873	3.61	8900	35	48	103	8	44	62	102	1.4	44	4.3
139	710	6.50	1500	20	30	93	8	26	82	118	2.2	36	5.1
140	198	6.59	390	4	21	63	6	9	88	70	2.6	15	1.2
141	502	3.43	680	20	31	85	6	24	58	71	1.5	43	29.8
143	661	3.16	720	27	41	102	4	35	66	111	1.3	43	5.5
144	408	3.61	380	24	35	92	8	35	79	112	1.4	42	4.2
145	129	3.40	500	8	23	67	5	18	43	76	1.2	30	0.5
146	112	4.36	410	20	39	109	13	40	79	99	1.5	46	1.3
147	80	4.25	410	30	46	136	13	36	82	117	1.9	48	2.3
148	1835	3.50	12800	35	48	104	10	48	62	102	1.5	45	4.7
149	929	3.30	2200	31	40	93	5	37	64	97	1.4	42	6.9
150	497	2.88	410	23	32	87	6	26	59	79	1.2	39	6.8
152	474	3.02	390	22	32	89	8	23	55	71	1.3	37	7.1
153	137	3.84	340	7	32	61	1	15	36	32	0.9	17	7.2
154	742	3.20	900	27	41	107	6	33	60	92	1.1	43	7.1
155	614	3.39	1010	26	42	105	7	34	70	101	1.1	41	4.6
156	147	4.53	390	9	25	80	9	18	44	76	1.3	33	0.7
157	112	6.92	360	12	35	94	10	25	57	93	1.7	35	0.9
158	93	4.61	360	25	40	122	18	35	85	123	1.8	56	1.9
159	38	3.24	380	11	26	112	11	15	35	72	1.8	40	0.7
160	1738	3.77	7600	35	42	101	19	40	61	113	1.2	43	4.6
161	1348	3.38	3900	32	43	97	4	39	62	85	1.3	41	5.1
162	424	8.10	500	6	22	70	7	11	152	125	3.0	23	1.5
163	222	2.61	490	8	30	63	2	9	27	30	1.0	20	5.0
164	582	3.07	520	27	40	95	3	29	56	75	1.1	41	9.6
165	224	4.26	500	9	25	75	4	14	41	56	1.7	27	8.7
166	695	3.30	3100	28	44	102	7	35	60	96	1.3	40	4.2
167	249	3.68	300	13	29	80	11	27	61	77	1.3	36	1.1
168	115	2.61	330	6	22	53	2	11	30	44	1.3	32	0.5
169	89	2.56	300	7	23	60	4	13	34	45	1.4	37	0.4
170	61	3.85	480	25	37	120	16	34	62	93	1.5	44	1.8
171	1644	3.48	10100	35	47	101	7	47	61	94	1.2	55	4.6
172	1281	3.78	6700	32	42	94	8	42	64	94	1.2	43	4.3
173	389	10.65	720	5	22	82	9	14	188	147	3.9	31	1.0
174	137	1.58	500	5	27	42	1	6	15	8	0.2	10	0.6
175	408	3.61	490	20	31	85	2	23	52	71	1.4	36	4.5
176	351	5.32	490	9	23	71	5	14	61	71	1.6	29	6.4
177	764	3.34	3800	27	42	102	2	33	56	99	1.0	40	3.8
178	666	3.48	1100	26	40	99	6	34	64	100	1.2	41	3.1
179	136	5.87	600	13	29	85	9	26	57	83	1.4	32	0.7
180	94	3.65	550	10	34	61	2	18	40	71	0.8	20	0.7
181	75	4.47	470	26	40	131	19	31	73	98	1.6	61	2.3
182	1253	3.49	10600	30	44	94	6	43	57	87	1.1	41	5.0

Table A-1 (Continued)

Local No.	W. D. (m)	Fe (%)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)	Co (ppm)	Ni (ppm)	Cr (ppm)	V (ppm)	Be (ppm)	Li (ppm)	Au (ppb)
183	935	3.23	1900	32	39	93	5	38	60	85	1.2	43	6.8
184	921	3.12	900	30	37	95	2	33	58	74	1.2	40	5.0
185	214	4.65	590	5	19	91	1	10	58	69	1.9	28	0.7
186	686	3.00	1200	30	39	72	2	31	57	82	1.2	41	15.5
187	621	3.80	1320	23	37	101	2	27	59	96	1.4	39	3.2
188	769	3.33	1450	26	39	93	3	35	61	96	1.3	42	3.3
189	207	8.52	680	7	23	100	10	18	66	98	2.3	20	0.9
190	194	3.77	490	11	28	83	10	22	50	70	1.5	33	0.7
191	75	3.43	430	10	27	82	9	26	59	66	1.5	37	0.5
192	49	3.00	480	11	25	83	8	15	40	64	1.5	38	0.7
193	1312	3.36	7300	32	40	89	2	41	60	86	1.4	40	4.1
194	832	3.86	2800	22	33	88	5	30	59	82	1.5	38	2.4
195	737	3.03	510	27	33	86	2	30	59	75	1.4	40	4.4
196	255	3.82	600	26	37	100	10	27	61	84	1.7	37	5.6
197	504	3.00	320	26	38	93	2	28	59	82	1.1	39	7.3
198	186	9.10	480	2	19	76	11	11	106	83	3.0	22	0.6
199	781	3.36	8200	28	40	107	3	36	62	96	1.3	40	3.2
200	482	3.42	310	23	28	86	4	33	73	88	1.3	41	2.4
201	234	4.06	400	14	29	88	11	28	67	83	1.5	38	1.3
202	57	1.03	980	5	23	28	1	15	30	57	0.1	6	0.3
203	66	3.62	520	20	33	127	13	24	60	84	1.7	45	1.5
204	1573	3.53	7700	34	43	100	11	42	65	101	1.4	46	3.2
205	1112	3.31	13900	32	42	101	13	43	63	92	1.2	44	3.8
206	995	3.22	2900	32	39	99	9	36	58	103	1.2	44	4.0
207	851	2.94	1600	28	35	96	8	33	58	100	1.3	43	3.8
208	204	6.44	510	6	22	77	5	12	88	89	2.1	18	1.4
209	144	3.50	2400	8	23	74	8	30	45	74	1.2	20	1.1
210	790	3.16	3360	28	36	106	6	33	64	115	1.0	44	3.0
211	694	3.31	2900	25	42	101	8	32	65	117	1.1	49	2.4
212	342	3.35	350	22	30	97	10	32	75	108	1.1	44	2.3
213	128	8.00	480	7	33	85	12	20	54	88	1.2	38	0.5
214	89	4.51	440	18	35	121	14	32	83	100	1.1	45	1.3
215	1194	3.54	13800	33	45	101	14	42	64	99	1.0	44	6.0
216	1039	3.80	8000	31	43	100	14	42	64	95	1.0	44	5.1
218	623	8.76	1280	12	23	88	13	17	135	161	3.1	28	2.3
219	120	2.12	430	6	36	40	3	14	8	39	0.2	8	0.8
220	428	8.07	1040	11	22	87	11	17	108	145	2.7	28	1.4
221	785	3.50	1950	26	37	105	8	37	70	116	1.2	50	3.2
222	500	3.50	430	25	36	100	8	32	70	115	1.3	44	2.9
223	412	3.51	330	23	33	98	8	32	76	115	1.2	44	2.5
224	62	5.58	6640	11	42	89	14	34	45	112	1.0	30	0.8
225	78	3.86	550	19	32	121	12	23	56	95	1.5	45	1.3
229	122	1.06	840	4	29	30	1	9	5	11	0.1	4	0.6
231	623	3.41	800	27	41	108	10	33	67	131	1.2	43	2.5
232	462	3.35	360	24	35	99	8	33	69	113	1.2	44	2.2
233	129	7.22	380	9	32	83	9	20	52	79	1.3	28	0.6
234	77	3.73	880	3	36	51	3	7	25	64	0.8	24	0.3
240	614	3.40	700	26	37	106	7	30	66	123	1.2	44	2.8
241	415	3.38	360	24	30	97	6	31	71	123	1.2	45	1.9
242	130	5.72	550	10	24	98	14	39	84	108	1.5	36	1.2
243	66	3.29	530	5	16	65	10	9	42	70	1.2	26	0.3
248	603	3.42	1100	24	37	105	10	32	67	109	1.2	41	1.8
250	106	4.90	640	10	22	97	15	38	100	113	1.3	42	0.6