

諏訪湖底質中の重金属等 11 元素の地球化学的研究

寺島 滋*・井内美郎**・宮田雄一郎***・片山 肇**・斎藤文紀**
安田 聡†・渡邊和明†・吉川秀樹††・稲崎富士***

TERASHIMA Shigeru, INOUCHI Yoshio, MIYATA Yuichiro, KATAYAMA Hajime, SAITO Yoshiki, YASUDA Akira, WATANABE Kazuaki, YOSHIKAWA Hideki and INAZAKI Tomio (1992) Geochemistry of eleven elements in bottom sediments from Lake Suwa, Japan. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 43(9), p. 549-564, 7 fig., 3 tab.

Abstract: In order to investigate the geochemical characteristics of elements and recent environmental pollutions in the Lake Suwa, two hundred and one bottom sediments were analyzed for iron, manganese, copper, lead, zinc, nickel, chromium, vanadium, lithium, organic carbon, and sulfur.

The elements, such as copper, lead, zinc, nickel and chromium are concentrated clearly at the sediment layers generally between 20 and 40 cm in subbottom depth, while iron, manganese, lithium and organic carbon behaved in different manner. It is considered that the high content of the former five heavy metals may be caused mainly by the recent environmental pollution.

Several flood sediment layers are found in the sediment cores from the undredged lake areas. The flood sediments are generally depleted in heavy metals and dominant in coarse fraction sediment particles. The vertical profiles of some heavy metal concentrations are affected by the flood sediments.

An average sedimentation rate in Lake Suwa is estimated to be 12.0 ± 2.1 mm/year based on vertical profiles of chromium concentration and flood sediments at 1961. This rate corresponds to about ten times of that of other lakes situated around the plains in Japan. The great sedimentation rate of Lake Suwa may be caused by the large dimension and the rapid streams of catchment area.

要 旨

諏訪湖における底質汚染の実態把握と基礎的データの取得を目的とし、湖内の全域 51 地点から採取した 201 試料について重金属、有機炭素、硫黄等 11 元素の分析を行った。柱状試料における銅、鉛、亜鉛、クロム等の鉛直変化は主として人為的な供給量の増減が原因と考えられたが、洪水堆積物もかなりの影響を与えている。柱状試料中のクロム含有量は、1961 年の洪水以降に急激に増加する傾向があり、この層準から湖内の平均堆積速度を求めた結果 12 mm/年となった。これは平野部の他湖沼よりも約 10 倍速く、その原因は諏訪湖の湖水面積に対す

る集水域が他よりも広く、しかも流入河川の勾配が急なためと解釈された。湖底の浚渫は、汚染底質の浄化手法として有用であるが、今後は自然の浄化機能をも考慮した浄化対策が必要である。

1. はじめに

地質調査所では、これまでの湖沼における堆積学的研究成果をもとに汚染底質の効果的な浄化手法の確立を目的としたプロジェクトとして平成 2 年度より国立機関公害防止等試験研究「湖沼汚染底質の浄化手法に関する研究」をスタートさせた。この研究では、井内 (1988) によって提案された「ヘドロトラップ」等の有効性、実現

*地殻化学部 **海洋地質部 ***環境地質部
†地質情報センター ††地質標本館

Keywords: bottom sediment, flood sediment, element distribution, environmental pollution, sedimentation rate, Lake Suwa

性, 経済性および設置後の管理手法等に関する総合的な調査・研究が進められている。

本研究では, 上記プロジェクトの一環として底質汚染の実態把握と基礎データの取得を主目的とし, 1991 年 11 月に長野県下の諏訪湖で採取された柱状試料の化学分析を実施した。そして, すでに筆者らによって公表されている 1961 年および 1987 年に諏訪湖で採取された柱状試料の分析結果 (寺島ほか, 1990) と比較検討した結果, 人為的影響の経年変化, 洪水堆積物の影響, 底質の堆積速度, 浚渫の問題点等に関していくつかの有益な新知見が得られたので報告する。

本研究を進めるに当たり, 諏訪湖での現地調査では信州大学の沖野外輝夫, 公文富士夫, 長野県衛生公害研究所の川村 実の各氏からは種々有益な御助言, 御援助をいただいた。厚く御礼申し上げる。

2. 諏訪湖の概要

諏訪湖は, 日本のほぼ中央部に位置する長野県下の断層盆地内に形成された湖面積 13.3 km², 最大水深 6.5

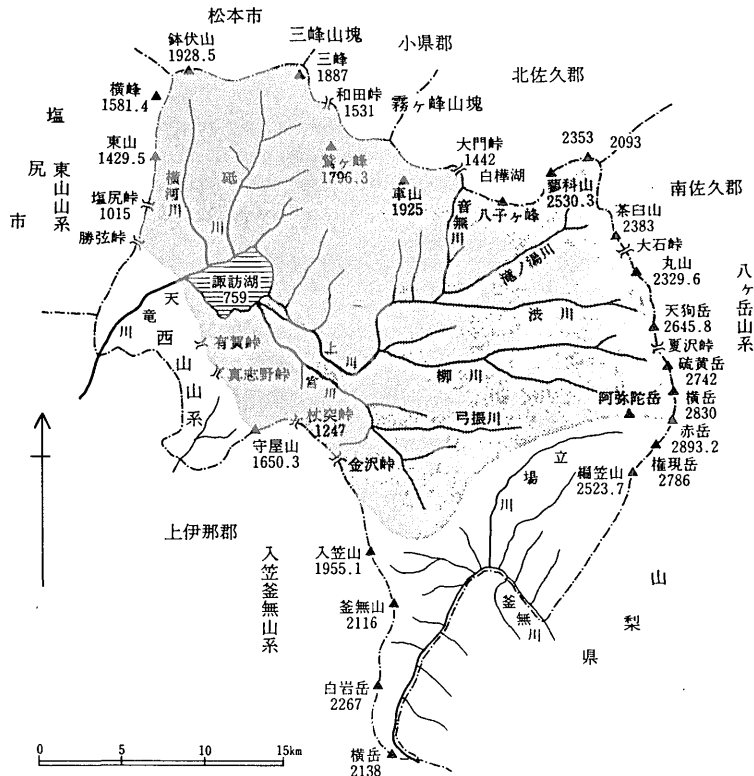
m, 平均水深約 4 m の富栄養型の淡水湖である。

諏訪湖には, 大小合わせて 26 の河川が流入しておりその全集水域は 531 km² であり, これは湖面積の約 40 倍に相当する。最大流入河川は南部からの上川であるが, その後背地には八ヶ岳, 蓼科山, 霧ヶ峰等が, 北部から流入する砥川の上流には鉢伏山~和田峠等いずれも海拔 1500 m を越す山々が連なっている (第 1 図)。このことは, 流域河川の勾配が急峻で, 河川によって搬入される碎屑粒子は平野部の湖沼より多いと考えられる。

3. 試料と分析方法

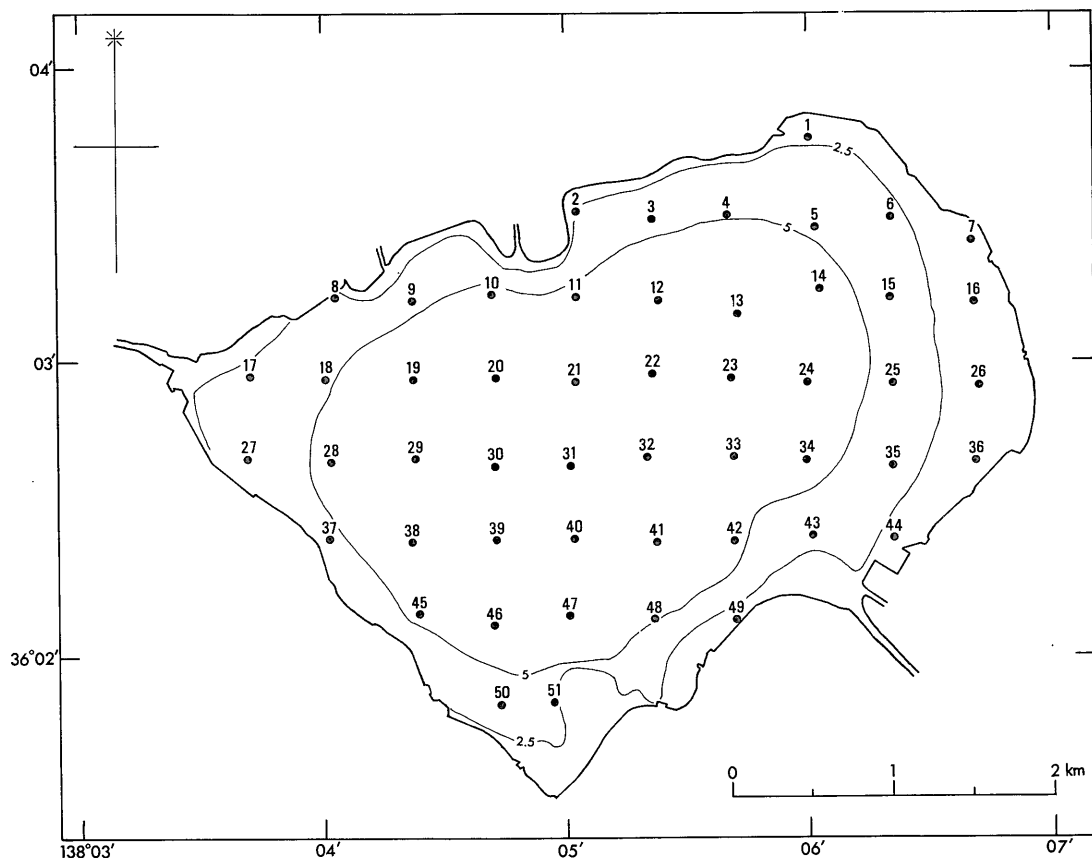
3.1 試料

柱状試料は, 人力押し込み式の簡易軽量採泥器 (井内ほか, 1987; コア長 1 m, 内径 6 cm) を使用し, 1991 年 11 月 11 日-16 日に湖内の全域 51 地点から採取した (第 2 図)。これらのうち採泥点番号 (以下 St-No. で表示) 1, 2, 7, 8, 16, 26, 31, 35-51 は予察的な音波探査の結果からこれまでに浚渫が行われた可能性が大きい水域であり, その他は非浚渫域と判断される。



第 1 図 諏訪湖の集水域 (沖野, 1990 による)

Fig. 1 Catchment area of the Lake Suwa, Japan.



第 2 図 諏訪湖底質の採取位置
Fig. 2 Sampling locations of bottom sediments in Lake Suwa.

採取した試料は、厚さ 1 cm 又は 5 cm 毎に分割した後約 80°C で乾燥し、めのう粉砕機で 100 メッシュ以下に粉砕して分析試料とした。なお、1961 年および 1987 年に採取した試料の位置や分析データ等については寺島ほか (1990 年) を参照していただきたい。

3.2 分析方法

金属元素：試料 0.2 g を白金皿に取り、過塩素酸 3 ml、硝酸 3 ml、ふっ化水素酸 6 ml を加え、加熱分解した後蒸発乾固した。塩酸 (1+1) 1 ml と水約 3 ml を加え、加温溶解した後メスフラスコ (10 ml) に移し入れ、水で定容とし、バナジウムは亜酸化窒素-アセチレンフレーム、その他は空気-アセチレンフレームを用いる原子吸光法で定量した。

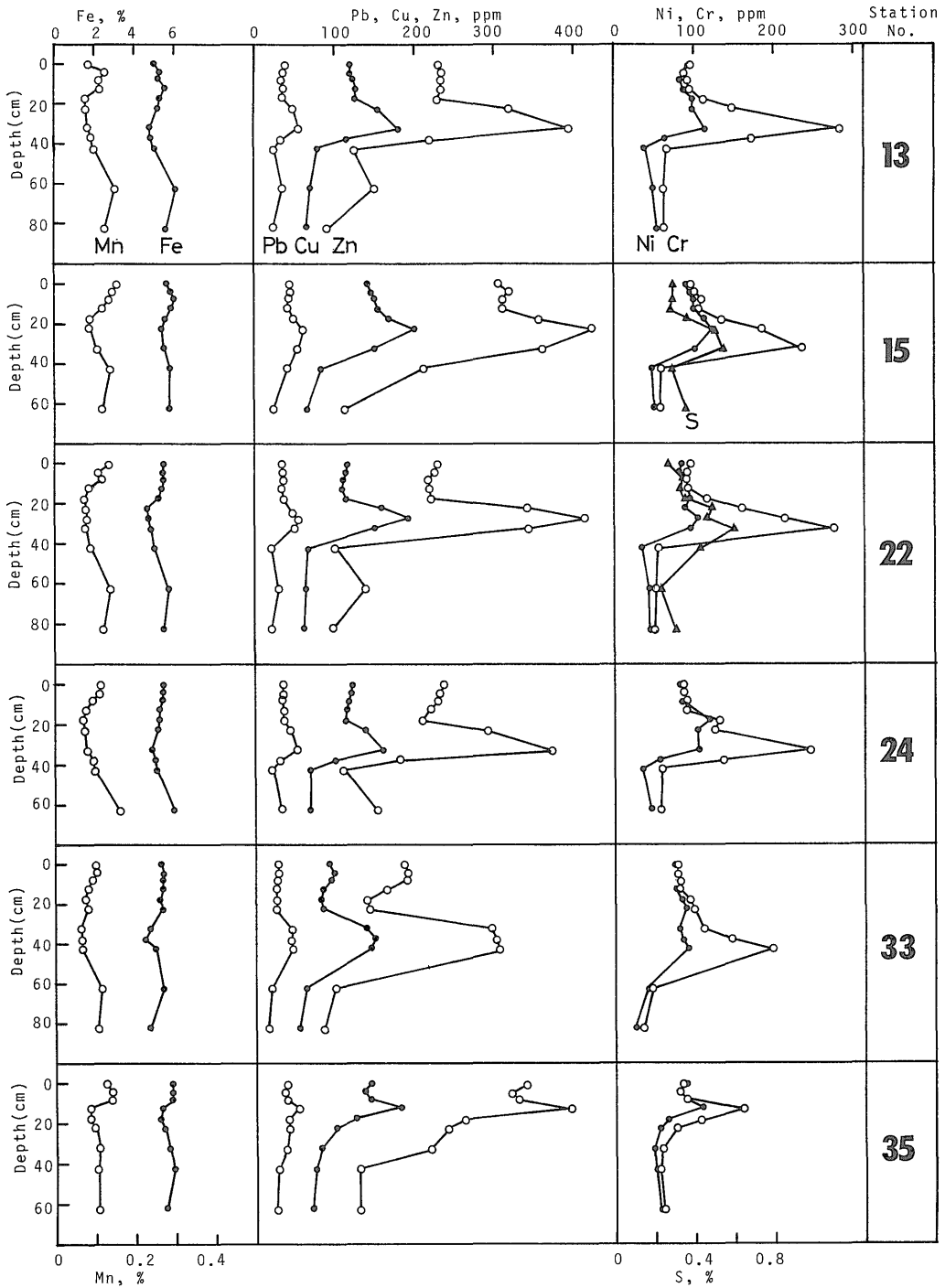
有機炭素、硫黄：いずれも試料 0.1 g を用いて燃焼-赤外吸光法 (Terashima *et al.*, 1983) で定量した。

4. 結果と考察

4.1 各元素の鉛直分布の特徴

採取した試料を深度別に分割したのから合せて 201 試料を選定し、鉄、マンガン、銅、鉛、亜鉛、ニッケル、クロム、バナジウム、リチウム、有機炭素、硫黄を分析した結果を付表 A-1 に示した。またこの結果をもとに、諏訪湖の北東部から採取した 6 本の柱状試料における各元素の鉛直分布図を第 3 図に、南西部から得た 7 本についての結果を第 4 図に示した。

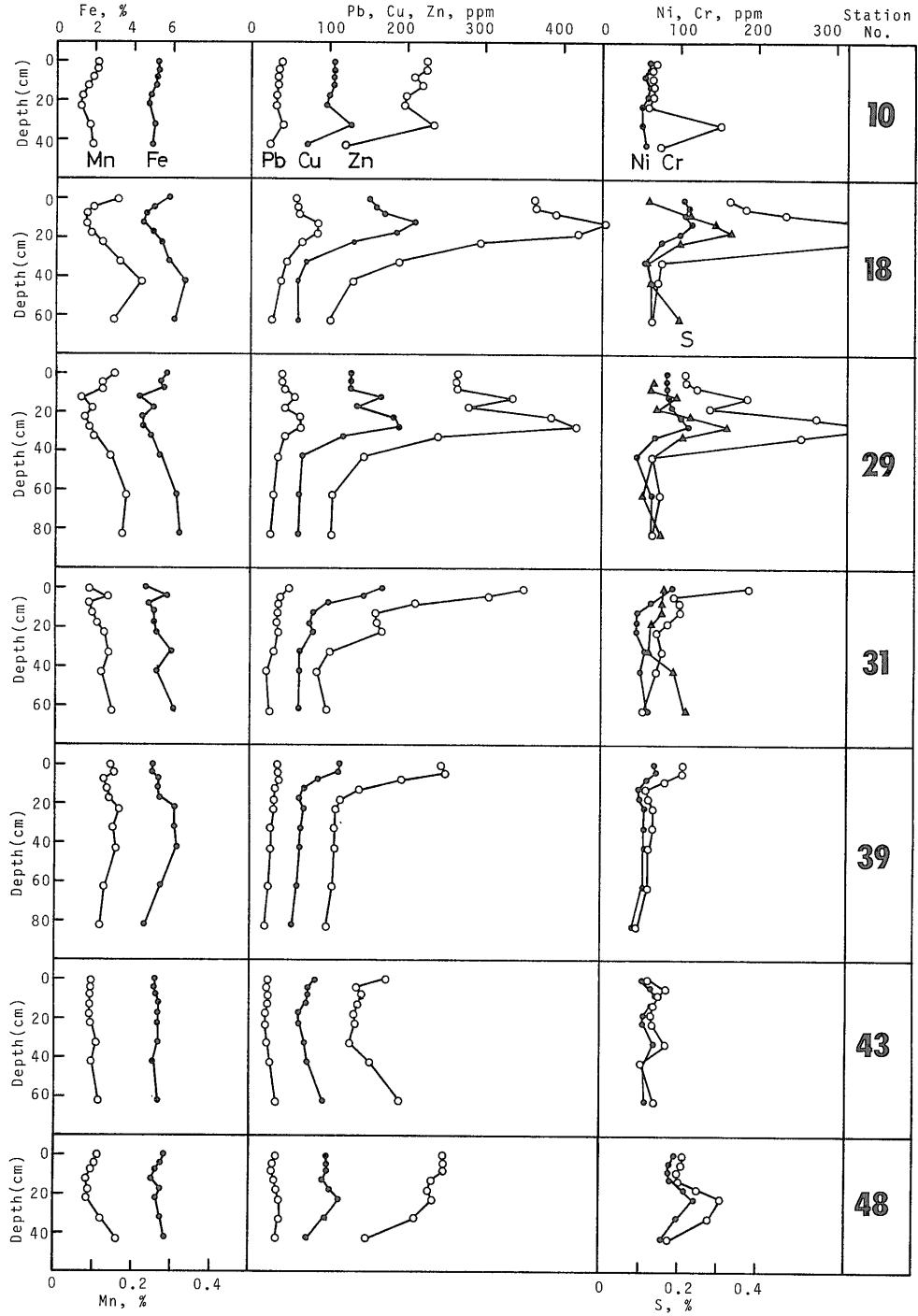
第 3 図の St-35 を除く各試料においては、銅、鉛、亜鉛、ニッケル、クロムの含有量は最下部で低く、深度 25-40 cm で最高値を示し、その上部では濃度を減じている。このような鉛直分布の特徴は前回の調査結果でも認められ、主として人為的な影響の増減に起因すると考えられた (寺島ほか, 1990)。各元素の鉛直分布に関して前回調



第3図 諏訪湖底北東域の柱状試料中8元素の濃度の鉛直変化

Fig. 3 Vertical profiles of the concentration of eight elements in sediment cores from the northeastern part of the Lake Suwa.

諏訪湖底質中の重金属等 11 元素の地球化学的研究 (寺島 ほか)



第 4 図 諏訪湖底南西域の柱状試料中 8 元素の濃度の鉛直変化

Fig. 4 Vertical profiles of the concentration of eight elements in sediment cores from the southwestern part of the Lake Suwa.

査と明らかに異なる点は、前回調査では表層下15-30 cmに最高濃度を示す層準が存在したが、今回の調査では25-40 cm程度になったことであり、これは主として前回の調査(1987年)以降に新しい堆積物が堆積した結果と考えられる。

第4図のSt-31, 39, 43, 48における銅, 鉛, 亜鉛等の鉛直分布では表層下15-40 cmに最高濃度を示す層準が認められない。これは浚渫によって表層堆積物が除去された結果と思われる。また第3図のSt-35も浚渫の影響が考えられる水域の試料であり、最高濃度を示す層準が他よりも浅いことから浚渫によって表層部の15-30 cmが除去された結果と考えられる。

4.2 続成作用に伴う移動と濃度

Bonattiら(1971)によれば、海底堆積物中のマンガン, ニッケル, コバルト, リン, ランタンは続成作用に伴って堆積物表層の酸化層に濃集し, クロム, バナジウム, ウラン, 硫黄は還元的な下層堆積物で高濃度を示す傾向がある。この現象は湖沼堆積物においてもしばしば観察され, 野尻湖では鉄, マンガン, 銅, 鉛, 亜鉛が(寺島ほか, 1989), 琵琶湖ではマンガン, リン, その他の移動と濃集の可能性が指摘されている(川嶋ほか, 1978; 中島, 1982)。

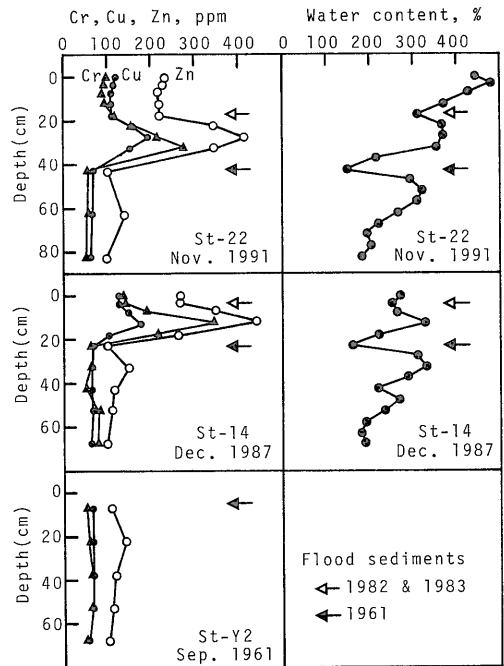
付表A-1によれば, St-15, 18, 22においてクロム含有量が最高値を示す層準は銅, 鉛, 亜鉛等に比べてやや下層となっている。これはBonattiら(1971)が指摘した続成作用に伴うクロムの下層への移動の可能性がある。しかしながら, 他の柱状試料においてはこのような傾向は認められず, また全柱状試料について検討しても最表層部で顕著な高濃度を示す元素は存在しない。そして野尻湖や琵琶湖の底質中マンガンの地域的な濃度分布に認められているような湖心部で高濃度を示す傾向も認められないことから, 諏訪湖底質中における重金属の続成作用に伴う移動と濃集の影響は小さいと判断される。

4.3 洪水堆積物の影響

1961年9月に諏訪湖で採取した5本の柱状試料について重金属等の鉛直分布を検討した結果, 各試料の最表層部における重金属含有量は湖心部よりも北東部の沿岸部の試料で高濃度を示す傾向があった。そしてこの主要原因は人為的な影響が湖心部よりも沿岸部により強く現れるためと解釈された(寺島ほか, 1990)。しかしながら, 今回採取した全柱状試料についての含水比や含砂率の鉛直分布と, 建設省諏訪建設事務所の資料による諏訪湖における洪水記録を対比した結果, 諏訪湖の堆積物中にはいくつかの洪水堆積物が含まれており, これが各種元素の鉛直分布に若干の影響を与えていることが明らかと

なった。すなわち, 1960年以降の洪水では1961年6月27日-7月3日(湖面水位+2.53 m), 1982年9月12-15日(同+1.98 m), 1983年9月27日-10月1日(同+2.4 m)の三回が大規模である。1961年9月, 即ちこのうち1回目の洪水の直後に湖心部で採取した柱状試料の最表層部は洪水堆積物の影響を強く受けており, これに対して北東部沿岸域では洪水堆積物の供給が少なかったことが重金属等の含有量に差ができた原因の一部と考えられる。

第5図は, 1961年9月, 1987年12月, 1991年11月に諏訪湖の湖心部付近で採取した柱状試料について銅, 亜鉛, クロムの含有量を比較して示したものである。まず1961年に採取した試料中の亜鉛の含有量を見ると表層下約20 cmでやや高濃度示すが, その上部では低濃度である。これは最表層部が1961年の洪水によって供給された亜鉛に乏しい堆積物に希釈されたためではないかと思われる。1987年に採取した柱状試料では, 深度約22 cm



第5図 湖心付近で1961年, 1987年, 1991年に採取した柱状試料中クロム, 銅, 亜鉛の含有量と含水比の鉛直変化の比較

Fig. 5 Comparison of vertical variation of the concentration of chromium, copper, zinc and water in the core samples collected from nearly the lake center in the different period of 1961, 1987 and 1991.

の層準から表層に向けて銅、亜鉛、クロムの含有量が急激に増加し、最大値に達した後減少する傾向を示している。この柱状試料における表層下約 22 cm の層準は、亜鉛の含有量がその上下の層準よりも低く、また含水比も明らかに小さいことから 1961 年の洪水堆積物に対比される。そして 1961 年以降の一定期間 (8-15 年) は人為的な重金属の供給料が増加すると共に、洪水堆積物の影響がなかったために重金属の含有量が増加したと考えられる。その後下水道の整備や他の公害対策等によって人為的な重金属の供給料が減少傾向を示すと共に、1982 年と 1983 年の洪水によって重金属に乏しい堆積物が供給されて低濃度を示すようになったと思われる。1991 年に採取した試料における重金属分布は、全体として 1987 年の試料のそれと極めて類似しているが、最表層部直下の重金属量に大きな変化のない層準がより厚くなっている。このことは、この水域には 1983 年以降ほぼ一定の重金属含有量を有する堆積物が供給されてきたことを示唆している。

諏訪湖全域における洪水堆積物の水平・鉛直分布の詳細については別に報告されるが、主として南部方面から供給されたものと、北方からと考えられるものがあり、河口から湖心部にかけてその影響が顕著であるが、対岸の水域への影響は小さいようである。

4.4 各元素の水平分布の特徴

湖沼底質中の各元素について、水平方向の濃度分布を解明することは各元素の供給源や湖沼内での挙動および堆積粒子の移動過程を研究する上で重要である。

付表 A-1 の結果をもとに、各採泥点における表層部 0-5 cm の堆積物中各元素の濃度分布図を作成した (第 6, 7 図)。第 6 図によれば、マンガン、銅、鉛、ニッケル等の重金属は主要流入河川である上川や砥川の河口付近では低濃度を示し、河口から離れた湖岸部で高濃度を示す傾向がある。このことは、現在これらの河川から供給されつつある堆積粒子はこれら重金属については低濃度であると考えられる。

バナジウムは、上川の河口付近に高濃度域があり、ここから離れるに従って濃度を減じている。この傾向は前回の調査でも認められ、主として後背地に分布する第四紀の火山岩類からの供給と考えた。(寺島ほか, 1990)。しかしながら、栃木県下の湯ノ湖では後背地にバナジウムに富む岩石が存在しないにもかかわらず湖内にはバナジウム濃度が 400 ppm を越える多量の堆積物が認められる。湖沼堆積物中のバナジウム濃度は、湖内における生物濃縮等の影響を受けている可能性があり、今後の検討が必要である。

4.5 最表層堆積物中の元素量の経年変化

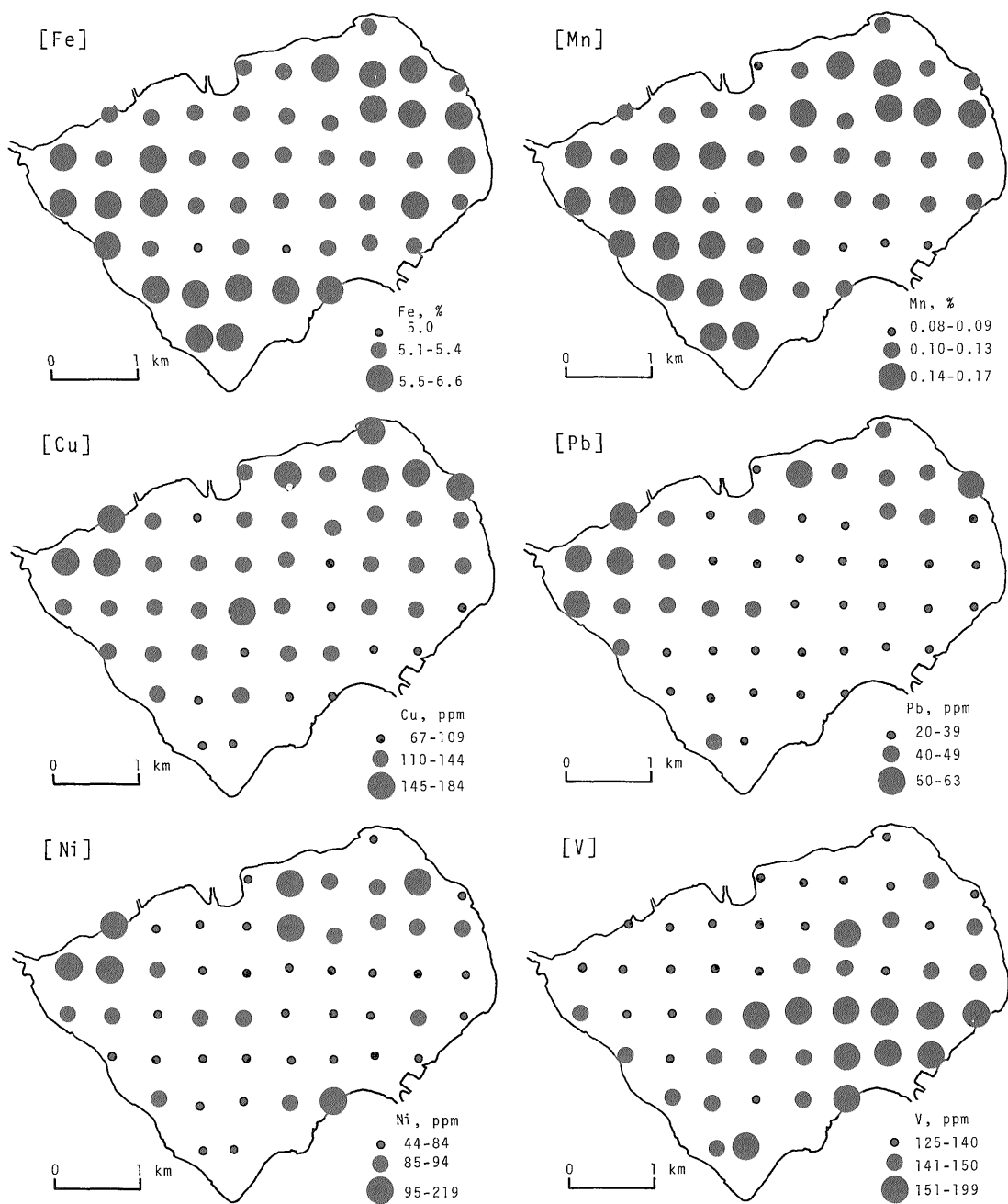
第 7 図は、1987 年および 1991 年に採取した表層試料 (0-5 cm) 中の亜鉛、クロム、有機炭素の水平分布を比較して示したものである。諏訪湖では、下水道の整備や湖底の浚渫によって浄化が進行しつつあると言われているが、表層試料中の亜鉛およびクロムの含有量は 1987 年よりも 1991 年の試料で明らかに低い。しかしながら、有機炭素に関しては予想とは逆に 1991 年の試料の方が高濃度を示している。この原因について詳細な検討を行うため、他の元素に関しても 1987 年と 1991 年に採取した試料の表層部 0-5 cm における平均含有量を求め、さらに前回調査で諏訪湖の堆積物における各元素のバックグラウンド値 (表層下 40 cm 以深の試料の平均値) とした値と比較して第 1 表に示した。この表からわかるように、亜鉛、クロムの他に鉛、バナジウムについては 1987 年よりも 1991 年の試料で低濃度となっているが、銅、ニッケルは同程度であり、鉄、マンガン、有機炭素は 1991 年の試料でやや高い。また表層試料中の銅、鉛、亜鉛、ニッケル、クロムの含有量は、試料の採取時期に関係なくバックグラウンド値よりも明らかに高い値を示しており、これら元素については人為的な影響が強くあらわれている結果と思われる。

一般に、堆積物の粒度と重金属や有機炭素の含有量との間には密接な関係があり、もし人為的な影響が特に問題とならない場合は重金属等は粗粒堆積物よりも細粒堆

第 1 表 表層 (0-5cm) および下層 (40cm以深) 堆積物中の 9 元素の含有量
Table 1 Average contents of nine elements for upper and lower layer sediments.

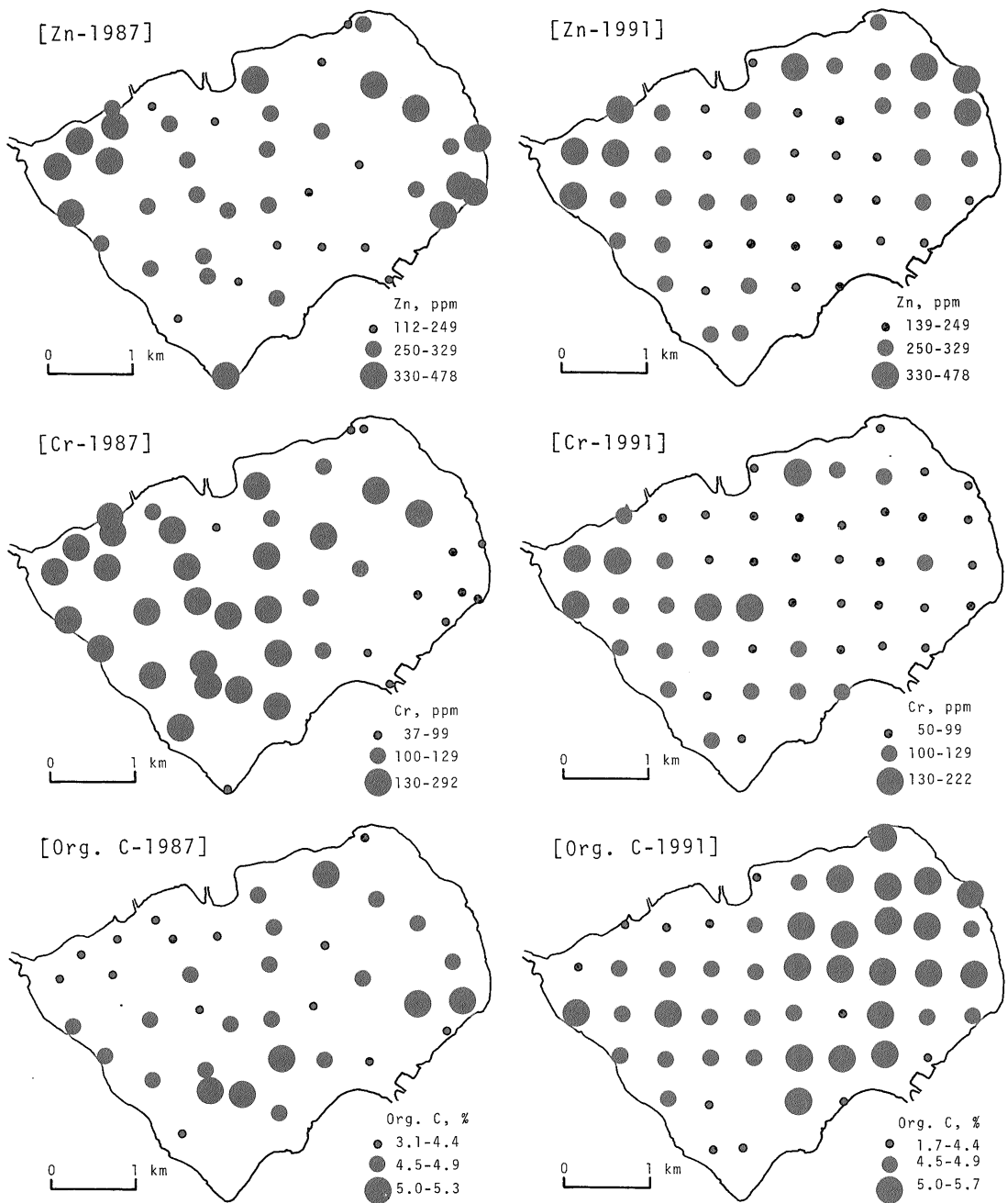
| Sampling period | Location (cm) | (n) | Fe (%) | Mu (ppm) | Cu (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Ni (ppm) | Cr (ppm) | V (ppm) | Org. C (%) |
|-----------------|---------------|-----|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|------------|
| 1991 | 0-5 | 51 | 5.50 | 1,281 | 124 | 40 | 272 | 84 | 101 | 145 | 4.72 |
| 1987* | 0-5 | 55 | 5.26 | 1,108 | 122 | 45 | 291 | 82 | 135 | 156 | 4.48 |
| | >40 | 53 | 5.31 | 1,240 | 61 | 22 | 116 | 54 | 70 | 178 | 3.01 |

*From Terashima *et al.* (1990).



第6図 諏訪湖底表層(0-5cm)堆積物中の鉄, マンガン, 銅, 鉛, ニッケル, バナジウムの湖底水平方向の含有量変化

Fig. 6 Horizontal variation of the concentration of iron, manganese, copper, lead, nickel and vanadium in the Lake Suwa surface (0-5cm) sediments.



第 7 図 1987年及び1991年に採取した諏訪湖底層堆積物中亜鉛, クロム, 有機炭素の湖底水平方向の含有量変化の比較

Fig. 7 Comparison of horizontal variation of the concentration of zinc, chromium and organic carbon in the Lake Suwa surface sediments collected in the different period of 1987 and 1991.

積物により多く含有される傾向がある。一方、河川を通して湖内に供給される堆積物の粒径は平常時よりも洪水時の方が大きい。そして粒径の大きい層準では一般に含水比が小さい特徴がある。第5図に示した1991年に採取したSt-22の含水比によれば、表層下約42cmの層準が1961年の洪水堆積物で、1982-1983年の洪水堆積物は深度約22cmにあると考えられる。一方、1987年に採取したSt-14試料では表層部にまで1982-1983年の洪水堆積物の影響が残っている。1991年の試料の表層部では洪水の影響がほとんどなくなり、1987年よりも細粒となって鉄、マンガ、有機炭素の含有量が若干高くなったものと解釈される。

4.6 諏訪湖底質の堆積速度

湖沼堆積物の堆積速度を明らかにすることは人為的影響の経年変化や物質収支の研究において不可欠の課題で

ある。しかし、諏訪湖の湖心付近の堆積速度については鉛-210を用いる方法で3.9mm/年(Megumi, 1978)、セシウム-137では15mm/年(Nishimura, 1978)というかなり異なる値が報告されており、他の方法による検討が必要である。

4.3で述べたように、諏訪湖の南部から湖心部の底質中に認められる1961年の洪水堆積物はこの時期にすでに増加傾向にあった底質中の重金属含有量を一時的に低下させる効果を示した。従ってこの層準を基準とし、これより上部の層厚から堆積速度を求めることが可能と思われる。第3, 4図からわかるように、指標とする重金属としては銅、鉛、亜鉛、ニッケル、クロム等の利用が可能であるが、このうち銅、鉛、ニッケルの濃度変化はやや小さい欠点がある。亜鉛とクロムの濃度変化を比較すると亜鉛の方がやや大きい、亜鉛では基準とする層準

第2表 諏訪湖底質の堆積速度
Table 2 Sedimentation rates in the Lake Suwa, Japan.

| Station No. | Water depth (m) | Sedimentation rate (mm/yr) |
|------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| 1987-2 | 4.65 | 8.7 |
| 5 | 5.75 | 12.5 |
| 6 | 2.60 | 8.7 |
| 9 | 6.10 | 12.5 |
| 10 | 5.55 | 12.5 |
| 12 | 3.20 | 12.5 |
| 13 | 5.35 | 12.5 |
| 14 | 6.25 | 8.7 |
| 17 | 6.15 | 12.5 |
| 20 | 5.15 | 12.5 |
| 22 | 4.15 | 8.7 |
| 23 | 3.45 | 12.5 |
| 30 | 4.50 | 8.7 |
| 1991-10 | 4.30 | 14.2 |
| 13 | 5.80 | 14.2 |
| 15 | 3.70 | 14.2 |
| 18 | 4.20 | 10.8 |
| 22 | 6.30 | 14.2 |
| 24 | 5.60 | 14.2 |
| 29 | 5.90 | 14.2 |
| Average(A), Water depth : <5m, n=9 | | 11.0±2.4 |
| (B), Water depth : >5m, n=11 | | 12.8±1.6 |
| (C), All the sites, n=20 | | 12.0±2.1 |
| Megumi (1978), Pb-210 method | | 3.9 |
| Nishimura (1978), Cs-137 method | | 15 |

の設定がむずかしい柱状試料が多い。例えば第 3 図の St-15, 第 4 図の St-18, 29 では亜鉛の濃度増加がはじまる層準はニッケル, クロムのそれよりもやや下層となっている。この原因は, これら試料を採取した水域では 1961 年の洪水堆積物の影響がさほど大きくなく, すでにかなりの高濃度となっていた亜鉛の含有量がバックグラウンドレベルにまで低下しなかったためと思われる。そこで本研究ではクロム含有量について顕著な増加がはじまる層準を 1961 年と仮定し, 1987 年および 1991 年に採取して化学分析を行った柱状試料のうち浚渫の影響が認められない試料を選択してそれぞれの採取地点における堆積速度を算出して第 2 表に示した。この表からわかるように, 水深 5 m 以下 (2.6-4.65 m) の水域における平均堆積速度は 11.0 ± 2.4 mm/年, 水深 5 m 以上 (5.15-6.3 m) では 12.8 ± 1.6 mm/年であり, 全体の平均は 12.0 ± 2.1 mm/年となった。この結果は, 鉛-210 法による値よりも明らかに大きい, セシウム-137 による結果よりはやや小さい。

日本の他湖沼における年間堆積速度に関しては, 琵琶湖 0.6 mm (井内ほか, 1987), 霞ヶ浦 0-4.1 mm (平均 1.5 mm, 井内ほか, 1983), 浜名湖 1.6~4.8 mm (池谷ほか, 1987), 水月湖 1.1 mm (Matsuyama, 1974), 野尻湖 0.2 mm (塚田, 1967) という報告がある。諏訪湖の堆積速度はこれらよりも明らかに大きい。この原因は諏訪湖の集水域が湖面積の約 40 倍と大きく, しかも流入河川の勾配が急峻であるため他湖沼よりも碎屑物の供給速度が大きいことにあると考えられる。

4.7 浚渫の問題点

諏訪湖では, 浄化対策の一環として 1969 年以降汚染底質の浚渫が行われており, これによってそれ以前に湖岸付近に分布していた著しく重金属に富む底質のかかなりの部分が除去されたであろうことはすでに報告した (寺島ほか, 1990)。1980 年以降は, 湖の南部から湖心部へかけての水域でも浚渫が行われ, 3.1 で述べたように今回の調査によれば, St-1, 2, 7, 8, 16, 26, 31, 35-51 の水域では過去のいずれかの時期に浚渫が行われたと判断される。

浚渫によって汚染底質がすべて除去されれば問題ないが, 例えば第 3 図の St-35, 第 4 図の St-31, 39 のように表層部のみが除去されても下層部の重金属に富む底質が残っている場合がある。また, 各元素の湖底水平方向の濃度分布図 (第 6, 7 図) によれば, 浚渫が行われたと判断される水域の底質中で各元素が明らかに低濃度を示す傾向は認められない。この原因は, 先に述べた浚渫深度が浅い場合や一度浚渫を行っても波浪や湖流によって周

辺の非浚渫域から汚染底質が再移動してくるためと思われる。

4.4 で述べたように, 諏訪湖への主要流入河川である上川から現在供給されつつある堆積物における人為的な影響は極めて小さいと判断される。そして諏訪湖の水深 5 m 以上の水域における堆積速度は 10 mm/年を越えていると考えられるのでこの水域に関しては浚渫によらなくても浄化が進むものと思われる。従って今後は, 中小河川からの汚染物質の流入量評価とその対策および湖岸付近に分布する汚染底質の処理が重要な課題と思われる。

5. ま と め

諏訪湖の全域 51 地点から採取した柱状試料から選定した 201 試料について鉄, マンガン, 銅, 鉛, 亜鉛, ニッケル, クロム, バナジウム, リチウム, 有機炭素, 硫黄の 11 元素を分析し, 水平・鉛直分布の特徴, 人為的影響, 洪水堆積物の影響, 堆積速度, 浚渫の問題点等について検討し, 以下の結果を得た。

1) 柱状試料中の銅, 鉛, 亜鉛, ニッケル, クロムの鉛直分布に関しては, 最下層部で最も低く, 中間部で最高濃度を示し, その上部で減少する傾向があり, これは主として人為的な供給量の経年変化に起因すると考えられた。

2) 諏訪湖の湖底から 1961 年, 1987 年, 1991 年に採取した柱状試料の分析結果と, 諏訪湖における洪水記録を対比した結果, 1961 年 6 月の洪水はその時期にすでに増加傾向にあった重金属濃度を一時的に低下させる効果を示し, 1982 年および 1983 年の洪水はその時期に減少傾向にあった重金属濃度をさらに低下させたと解釈された。

3) 現時点における諏訪湖の最表層堆積物中の鉛, 亜鉛, クロムの含有量は, 1987 年当時よりも減少傾向にあるが, 鉄, マンガン, 有機炭素はやや増加している。前者は主として人為的な供給量の減少のためであり, 後者は下位の洪水堆積物の影響が少なくなったためと考えられた。

4) 柱状試料中のクロムの顕著な増加がはじまった層準を 1961 年とし, その上位の堆積層の厚さから堆積速度を算出した。その結果, 湖内 20 地点における平均堆積速度は 12 ± 2 mm/年となり, 日本の他湖沼に比べて大きい。これは主として諏訪湖の集水域が他よりも大きく, 流入河川の勾配が急なためと解釈された。

5) これまでに実施された浚渫により, 汚染底質のかかなりの部分が除去されたと判断された。しかし, 浚渫深

度が浅いと重金属等に富む堆積層が湖底表層部に露出する場合がある。今後は、湖内への汚染物質の流入量の削減と自然の浄化機能を利用した浄化対策が必要と思われる。

文 献

Bonatti, E., Fisher, D. E., Joensun, O. and Rydell, H. (1971) Postdepositional mobility of some transition elements, phosphorus, uranium and thorium in deep sea sediments. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 35, p. 189-201.

池谷仙之・和田秀樹・大森真秀(1987) 浜名湖のボーリング柱状試料について。静岡大学地球科学研究報告, vol. 13, p. 67-111.

井内美郎・斎藤文紀・横田節哉(1983) 霞ヶ浦湖底泥の堆積速度—火成灰層を用いた堆積速度算定法—, 地質雑, vol. 89, p. 125-128.

———・中尾征三・横田節哉・斎藤文紀・村上文敏・寺島 滋・寺島美南子・竹内三郎・吉川秀樹・志岐常正・太井子宏和・徳岡隆夫・公文富士夫・中野聡志・遠藤修一・前田広人・熊谷道夫・近藤洋一(1987) 湖沼汚染底質の堆積機構解明に関する研究。環境庁環境保全研究成果集, p. 64-1~64-19.

井内美郎(1988) 「ヘドロトラップ」・「水中ダム」・「水中堤防」, 第14回産業公害研究総合推進会議総会試料, p. 90-91.

川嶋宗継・中川利宏・中嶋美栄子・塩田 晃・谷口孝敏・板坂 修・高松武次郎・松下録治・小山睦夫・堀 太郎(1978) 琵琶湖堆積物における種々の元素の鉛直分布と化学的性質—特に、マンガン、リン、ヒ素の分布について—, 滋賀大紀要, 自然, vol. 28, p. 13-29.

Matsuyama, M. (1974) Vertical distributions of

some chemical substance in surface sediments of a meromictic Lake Suigetsu. *Jour. Ocean. Soc. Japan*, vol. 30, p. 209-215.

Megumi, K. (1978) A problem in ^{210}Pb geochronologies of sediments. *Nature*, vol. 274, p. 885-887.

中島 進(1982) 琵琶湖柱状堆積物中の重金属元素(マンガン, 鉄, ヒ素, カドミウム, 鉛, 銅, 亜鉛, コバルト, ニッケル)の形態分別。日本陸水学会誌, vol. 43, p. 67-80.

Nishimura, M. (1978) Geochemical characteristics of the high reduction zone of stenols in Suwa sediments and the environmental factors controlling the conversion of stenols into stanols. *Geochim. Cosmochim. Acta*, vol. 42, p. 349-357.

沖野外輝夫(1990) 諏訪湖-ミクロコスモスの生物, 八坂書房, 東京, 204p.

Terashima, S., Yonetani, H., Matsumoto, E. and Inouchi, Y. (1983) Sulfur and carbon contents in recent sediments and their relation to sedimentary environments *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 34, p. 361-382.

寺島 滋・井内美郎・中尾征三・米谷 宏(1989) 野尻湖底表層堆積物におけるマンガン, 銅, 鉛, 亜鉛の挙動。地調月報, vol. 40, p. 113-125.

———・———・———(1990) 諏訪湖底質中の重金属, 有機炭素, 硫黄, りん等14元素の地球化学的研究。地調月報, vol. 41, p. 147-172.

塚田松雄(1967) 野尻湖における化石枝角類と生態的秩序。第四紀研究, vol. 6, p. 101-110.

(受付:1992年4月21日;受理:1992年5月15日)

付 録

付表A-1 諏訪湖底質 (1991) の分析結果

Table A-1 Analytical results for lake Suwa sediments (1991).

| Sample No. | Station No. | Location (cm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Cu (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Ni (ppm) | Cr (ppm) | V (ppm) | Li (ppm) | Org. C (%) | S (%) |
|------------|-------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------------|-------|
| 1 | 1 | 0-1 | 5.31 | 1,350 | 148 | 43 | 310 | 77 | 85 | 126 | 52 | 5.16 | 0.24 |
| 2 | (2.6m)* | 4-5 | 5.33 | 1,200 | 158 | 43 | 311 | 74 | 86 | 124 | 51 | — | — |
| 3 | 2 | 0-1 | 5.00 | 700 | 82 | 32 | 186 | 36 | 58 | 140 | 25 | 1.68 | 0.52 |
| 4 | (2.5m)* | 4-5 | 5.42 | 860 | 148 | 43 | 310 | 63 | 91 | 140 | 31 | — | — |
| 5 | 3 | 0-1 | 5.27 | 880 | 191 | 57 | 391 | 111 | 152 | 146 | 46 | 4.80 | 0.30 |
| 6 | (4.4m)* | 4-5 | 5.40 | 1,300 | 177 | 55 | 356 | 94 | 135 | 130 | 46 | — | — |
| 7 | 4 | 0-1 | 5.52 | 1,530 | 140 | 46 | 284 | 89 | 110 | 132 | 47 | 5.36 | 0.27 |
| 8 | (4.6m)* | 4-5 | 5.52 | 1,180 | 144 | 47 | 288 | 93 | 113 | 136 | 46 | — | — |
| 9 | 5 | 0-1 | 5.54 | 1,440 | 149 | 46 | 300 | 90 | 108 | 132 | 49 | 5.48 | 0.28 |
| 10 | (4.7m)* | 4-5 | 5.66 | 1,430 | 164 | 48 | 308 | 94 | 130 | 133 | 50 | — | — |
| 11 | 6 | 0-1 | 5.68 | 1,430 | 157 | 47 | 348 | 94 | 97 | 140 | 57 | 5.36 | 0.30 |
| 12 | (3.0m)* | 4-5 | 5.63 | 1,250 | 152 | 47 | 345 | 105 | 98 | 141 | 56 | — | — |
| 13 | 7 | 0-1 | 5.42 | 1,240 | 168 | 50 | 383 | 83 | 84 | 132 | 61 | — | — |
| 14 | (2.6m)* | 4-5 | 5.50 | 1,250 | 168 | 49 | 392 | 84 | 84 | 134 | 60 | 5.50 | 0.31 |
| 15 | 8 | 0-1 | 5.31 | 1,340 | 167 | 62 | 416 | 220 | 101 | 129 | 36 | 3.86 | 0.24 |
| 16 | (2.5m)* | 4-5 | 5.23 | 1,330 | 162 | 59 | 408 | 217 | 98 | 127 | 36 | — | — |
| 17 | 9 | 0-1 | 5.22 | 1,090 | 116 | 48 | 274 | 84 | 85 | 134 | 40 | 4.07 | 0.18 |
| 18 | (4.0m)* | 4-5 | 5.22 | 1,050 | 117 | 50 | 273 | 82 | 85 | 133 | 40 | — | — |
| 19 | 10 | 0-1 | 5.16 | 1,050 | 106 | 38 | 224 | 60 | 68 | 133 | 33 | — | — |
| 20 | (4.3m)* | 4-5 | 5.21 | 1,050 | 106 | 35 | 225 | 59 | 66 | 141 | 32 | 4.40 | 0.25 |
| 21 | | 5-10 | 5.12 | 960 | 105 | 33 | 208 | 53 | 64 | — | 31 | — | — |
| 22 | | 10-15 | 5.10 | 800 | 106 | 33 | 217 | 62 | 66 | — | 34 | — | — |
| 23 | | 15-20 | 4.83 | 650 | 99 | 32 | 198 | 59 | 64 | — | 33 | — | — |
| 24 | | 20-25 | 4.69 | 630 | 97 | 32 | 196 | 50 | 58 | — | 32 | — | — |
| 25 | | 30-35 | 5.00 | 840 | 127 | 41 | 234 | 55 | 152 | — | 25 | — | — |
| 26 | | 40-45 | 4.88 | 930 | 70 | 23 | 120 | 28 | 74 | — | 25 | — | — |
| 27 | 11 | 0-1 | 5.43 | 1,290 | 130 | 46 | 273 | 79 | 96 | 136 | 41 | 4.88 | 0.28 |
| 28 | (5.2m)* | 4-5 | 5.30 | 1,210 | 128 | 42 | 266 | 76 | 92 | 138 | 40 | — | — |
| 29 | 12 | 0-1 | 5.63 | 1,720 | 121 | 37 | 255 | 139 | 98 | 140 | 45 | — | — |
| 30 | (5.7m)* | 4-5 | 5.26 | 1,440 | 120 | 40 | 240 | 84 | 90 | 138 | 42 | 5.34 | 0.30 |
| 31 | 13 | 0-1 | 5.01 | 870 | 121 | 39 | 232 | 94 | 96 | 154 | 42 | — | — |
| 32 | (5.8m)* | 4-5 | 5.29 | 1,280 | 120 | 36 | 240 | 86 | 88 | 151 | 43 | 4.95 | 0.27 |
| 33 | | 5-10 | 5.20 | 1,130 | 124 | 34 | 234 | 83 | 93 | — | 44 | — | — |
| 34 | | 10-15 | 5.60 | 1,130 | 127 | 35 | 234 | 88 | 96 | — | 43 | — | — |
| 35 | | 15-20 | 5.28 | 780 | 122 | 35 | 231 | 99 | 112 | — | 42 | — | — |
| 36 | | 20-25 | 5.19 | 790 | 156 | 48 | 319 | 98 | 148 | — | 43 | — | — |
| 37 | | 30-35 | 4.83 | 850 | 179 | 56 | 394 | 115 | 284 | — | 38 | — | — |
| 38 | | 35-40 | 4.86 | 930 | 116 | 33 | 220 | 64 | 173 | — | 37 | — | — |
| 39 | | 40-45 | 5.03 | 1,010 | 78 | 24 | 126 | 39 | 66 | — | 29 | — | — |
| 40 | | 60-65 | 6.06 | 1,510 | 70 | 36 | 150 | 50 | 62 | — | 47 | — | — |
| 41 | | 80-85 | 5.65 | 1,260 | 66 | 23 | 92 | 54 | 62 | — | 57 | — | — |
| 42 | 14 | 0-1 | 5.48 | 1,360 | 132 | 41 | 270 | 86 | 96 | 142 | 48 | — | — |
| 43 | (5.2m)* | 4-5 | 5.68 | 1,490 | 134 | 43 | 276 | 85 | 96 | 142 | 46 | 5.16 | 0.29 |
| 44 | 15 | 0-1 | 5.65 | 1,550 | 142 | 44 | 306 | 91 | 96 | 136 | 52 | — | — |
| 45 | (3.7m)* | 4-5 | 5.82 | 1,440 | 146 | 45 | 318 | 95 | 101 | 140 | 52 | 5.36 | 0.29 |
| 46 | | 5-10 | 6.00 | 1,370 | 152 | 43 | 311 | 100 | 108 | — | 53 | 5.02 | 0.29 |
| 47 | | 10-15 | 5.88 | 1,210 | 154 | 42 | 310 | 98 | 106 | — | 52 | 4.96 | 0.28 |
| 48 | | 15-20 | 5.62 | 900 | 168 | 49 | 355 | 113 | 134 | — | 53 | 4.75 | 0.37 |
| 49 | | 20-25 | 5.41 | 870 | 201 | 60 | 422 | 123 | 185 | — | 52 | 4.84 | 0.50 |
| 50 | | 30-35 | 5.46 | 1,070 | 151 | 54 | 361 | 102 | 235 | — | 49 | 4.33 | 0.55 |

地質調査所月報(第43巻 第9号)

付表A-1 つづき
Table A-1 Continued

| Sample No. | Station No. | Location (cm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Cu (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Ni (ppm) | Cr (ppm) | V (ppm) | Li (ppm) | Org. C (%) | S (%) |
|------------|-------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------------|-------|
| 51 | | 40-45 | 5.83 | 1,390 | 83 | 42 | 212 | 48 | 58 | — | 55 | 4.16 | 0.29 |
| 52 | | 60-65 | 5.80 | 1,180 | 65 | 24 | 113 | 53 | 57 | — | 62 | 3.45 | 0.36 |
| 53 | 16 | 0-1 | 6.58 | 1,750 | 126 | 37 | 402 | 94 | 84 | 135 | 61 | 4.86 | 0.29 |
| 54 | (2.1m)* | 4-5 | 6.01 | 1,250 | 98 | 34 | 280 | 76 | 75 | 154 | 63 | — | — |
| 55 | 17 | 0-1 | 6.48 | 1,580 | 158 | 62 | 480 | 103 | 224 | 138 | 52 | 4.04 | 0.31 |
| 56 | (2.7m)* | 4-5 | 6.70 | 1,700 | 150 | 63 | 476 | 103 | 220 | 140 | 51 | — | — |
| 57 | 18 | 0-1 | 5.82 | 1,590 | 152 | 58 | 364 | 103 | 163 | 130 | 45 | 4.84 | 0.24 |
| 58 | (4.2m)* | 4-5 | 5.00 | 950 | 161 | 59 | 365 | 111 | 183 | 140 | 45 | — | — |
| 59 | | 5-10 | 4.61 | 780 | 172 | 62 | 390 | 105 | 234 | — | 45 | 4.55 | 0.45 |
| 60 | | 10-15 | 4.48 | 770 | 211 | 85 | 451 | 114 | 470 | — | 42 | 4.46 | 0.58 |
| 61 | | 15-20 | 4.99 | 920 | 187 | 85 | 418 | 98 | 760 | — | 40 | 4.22 | 0.66 |
| 62 | | 20-25 | 5.40 | 1,200 | 132 | 66 | 294 | 75 | 525 | — | 41 | 3.49 | 0.40 |
| 63 | | 30-35 | 5.81 | 1,630 | 71 | 47 | 190 | 53 | 76 | — | 46 | 3.06 | 0.23 |
| 64 | | 40-45 | 6.58 | 2,200 | 60 | 38 | 131 | 61 | 70 | — | 47 | 2.40 | 0.25 |
| 65 | | 60-65 | 6.13 | 1,480 | 61 | 27 | 102 | 61 | 64 | — | 60 | 2.74 | 0.39 |
| 66 | 19 | 0-1 | 5.55 | 1,690 | 129 | 45 | 280 | 84 | 106 | 131 | 41 | — | — |
| 67 | (5.4m)* | 4-5 | 5.62 | 1,710 | 131 | 49 | 282 | 86 | 106 | 136 | 41 | 4.60 | 0.25 |
| 68 | 20 | 0-1 | 5.15 | 1,660 | 109 | 36 | 232 | 67 | 80 | 127 | 37 | 4.83 | 0.23 |
| 69 | (5.9m)* | 4-5 | 5.28 | 1,530 | 111 | 38 | 234 | 72 | 81 | 134 | 37 | — | — |
| 70 | 21 | 0-1 | 5.39 | 1,210 | 123 | 37 | 249 | 80 | 98 | 138 | 41 | 4.88 | 0.27 |
| 71 | (6.3m)* | 4-5 | 5.46 | 1,300 | 122 | 38 | 250 | 80 | 100 | 139 | 42 | — | — |
| 72 | 22 | 0-1 | 5.45 | 1,360 | 116 | 33 | 230 | 83 | 96 | 144 | 43 | 5.06 | 0.27 |
| 73 | (6.3m)* | 4-5 | 5.41 | 1,100 | 114 | 35 | 226 | 81 | 92 | 143 | 39 | — | — |
| 74 | | 5-10 | 5.41 | 1,150 | 110 | 35 | 217 | 86 | 90 | — | 41 | 4.75 | 0.34 |
| 75 | | 10-15 | 5.35 | 850 | 110 | 33 | 219 | 90 | 92 | — | 41 | 4.46 | 0.33 |
| 76 | | 15-20 | 5.22 | 760 | 116 | 36 | 221 | 95 | 116 | — | 40 | 4.18 | 0.35 |
| 77 | | 20-25 | 4.92 | 780 | 158 | 48 | 342 | 88 | 160 | — | 40 | 4.55 | 0.49 |
| 78 | | 25-30 | 4.75 | 820 | 193 | 56 | 415 | 106 | 214 | — | 43 | 4.36 | 0.47 |
| 79 | | 30-35 | 4.82 | 770 | 151 | 50 | 344 | 95 | 275 | — | 35 | 3.84 | 0.60 |
| 80 | | 40-45 | 4.98 | 940 | 67 | 22 | 100 | 34 | 56 | — | 23 | 4.00 | 0.43 |
| 81 | | 60-65 | 5.70 | 1,410 | 64 | 31 | 138 | 44 | 53 | — | 44 | 3.01 | 0.23 |
| 82 | | 80-85 | 5.42 | 1,220 | 62 | 23 | 98 | 46 | 50 | — | 52 | 2.90 | 0.31 |
| 83 | 23 | 0-1 | 5.37 | 1,560 | 105 | 32 | 202 | 80 | 82 | 144 | 43 | 5.15 | 0.24 |
| 84 | (5.9m)* | 4-5 | 5.42 | 1,110 | 105 | 32 | 201 | 83 | 85 | 154 | 40 | — | — |
| 85 | 24 | 0-1 | 5.40 | 1,130 | 122 | 35 | 236 | 82 | 85 | 148 | 43 | 5.03 | 0.25 |
| 86 | (5.6m)* | 4-5 | 5.42 | 1,110 | 121 | 35 | 231 | 85 | 85 | 126 | 42 | — | — |
| 87 | | 5-10 | 5.40 | 950 | 117 | 33 | 227 | 84 | 88 | — | 45 | — | — |
| 88 | | 10-15 | 5.23 | 780 | 115 | 34 | 220 | 92 | 90 | — | 44 | — | — |
| 89 | | 15-20 | 5.26 | 700 | 113 | 36 | 210 | 118 | 132 | — | 40 | — | — |
| 90 | | 20-25 | 5.14 | 740 | 138 | 44 | 292 | 103 | 126 | — | 41 | — | — |
| 91 | | 30-35 | 4.88 | 800 | 160 | 52 | 373 | 105 | 246 | — | 40 | — | — |
| 92 | | 35-40 | 5.00 | 950 | 101 | 31 | 182 | 56 | 136 | — | 37 | — | — |
| 93 | | 40-45 | 5.06 | 1,000 | 68 | 22 | 110 | 35 | 58 | — | 25 | — | — |
| 94 | | 60-65 | 5.95 | 1,610 | 68 | 33 | 152 | 46 | 57 | — | 49 | — | — |
| 95 | 25 | 0-1 | 5.77 | 1,400 | 135 | 40 | 296 | 87 | 92 | 148 | 50 | 5.17 | 0.25 |
| 96 | (3.5m)* | 4-5 | 5.10 | 1,130 | 127 | 38 | 256 | 72 | 120 | 150 | 37 | — | — |
| 97 | 26 | 0-1 | 5.51 | 1,190 | 140 | 37 | 304 | 80 | 72 | 142 | 52 | 5.26 | 0.25 |
| 98 | (23m)* | 4-5 | 5.38 | 1,160 | 139 | 36 | 290 | 78 | 73 | 142 | 51 | — | — |
| 99 | 27 | 0-1 | 5.80 | 1,620 | 141 | 48 | 330 | 88 | 161 | 142 | 48 | 4.72 | 0.23 |
| 100 | (3.0m)* | 4-5 | 5.53 | 1,320 | 146 | 52 | 332 | 92 | 172 | 144 | 47 | — | — |
| 101 | 28 | 0-1 | 5.70 | 1,740 | 133 | 43 | 294 | 89 | 124 | 140 | 42 | — | — |

諏訪湖底質中の重金属等 11 元素の地球化学的研究 (寺島 ほか)

付表A-1 つづき
Table A-1 Continued

| Sample No. | Station No. | Location (cm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Cu (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Ni (ppm) | Cr (ppm) | V (ppm) | Li (ppm) | Org. C (%) | S (%) |
|------------|-------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------------|-------|
| 102 | (4.9m)* | 4-5 | 5.70 | 1,760 | 137 | 43 | 302 | 83 | 125 | 140 | 43 | 5.18 | 0.29 |
| 103 | 29 | 0-1 | 5.69 | 1,510 | 128 | 41 | 266 | 83 | 106 | 136 | 40 | — | — |
| 104 | (5.9m)* | 4-5 | 5.40 | 1,210 | 129 | 40 | 264 | 83 | 107 | 138 | 40 | 4.62 | 0.27 |
| 105 | | 5-10 | 5.52 | 1,220 | 128 | 43 | 265 | 84 | 122 | — | 41 | 4.35 | 0.25 |
| 106 | | 10-15 | 4.30 | 660 | 166 | 56 | 336 | 85 | 186 | — | 41 | 4.56 | 0.38 |
| 107 | | 15-20 | 5.02 | 950 | 137 | 45 | 280 | 89 | 138 | — | 41 | 4.43 | 0.28 |
| 108 | | 20-25 | 4.48 | 740 | 184 | 63 | 386 | 102 | 274 | — | 38 | 4.02 | 0.45 |
| 109 | | 25-30 | 4.49 | 880 | 191 | 64 | 418 | 111 | 383 | — | 38 | 4.18 | 0.64 |
| 110 | | 30-35 | 4.90 | 970 | 118 | 44 | 241 | 69 | 254 | — | 37 | 3.32 | 0.41 |
| 111 | | 40-45 | 5.35 | 1,400 | 67 | 35 | 146 | 46 | 64 | — | 41 | 3.08 | 0.26 |
| 112 | | 60-65 | 6.21 | 1,830 | 62 | 30 | 106 | 63 | 74 | — | 43 | 2.41 | 0.21 |
| 113 | | 80-85 | 6.38 | 1,710 | 62 | 26 | 104 | 62 | 64 | — | 64 | 2.55 | 0.30 |
| 114 | 30 | 0-1 | 5.00 | 960 | 142 | 44 | 301 | 90 | 147 | 142 | 41 | 4.62 | 0.40 |
| 115 | (6.6m)* | 4-5 | 5.31 | 1,000 | 133 | 42 | 276 | 86 | 113 | 143 | 42 | — | — |
| 116 | 31 | 0-1 | 4.69 | 890 | 168 | 50 | 350 | 92 | 188 | 153 | 40 | 4.60 | 0.32 |
| 117 | (6.8m)* | 4-5 | 5.82 | 1,390 | 145 | 38 | 305 | 93 | 94 | 152 | 51 | — | — |
| 118 | | 5-10 | 4.83 | 870 | 100 | 36 | 210 | 63 | 100 | — | 39 | 3.98 | 0.31 |
| 119 | | 10-15 | 5.10 | 960 | 82 | 34 | 161 | 46 | 84 | — | 37 | 3.82 | 0.31 |
| 120 | | 15-20 | 5.11 | 1,090 | 76 | 34 | 162 | 46 | 72 | — | 40 | 3.63 | 0.26 |
| 121 | | 20-25 | 5.18 | 1,270 | 80 | 35 | 168 | 46 | 78 | — | 36 | 3.91 | 0.28 |
| 122 | | 30-35 | 6.04 | 1,400 | 63 | 30 | 102 | 56 | 70 | — | 43 | 2.35 | 0.24 |
| 123 | | 40-45 | 5.23 | 1,200 | 64 | 22 | 85 | 50 | 55 | — | 36 | 3.08 | 0.37 |
| 124 | | 60-65 | 6.10 | 1,440 | 63 | 25 | 99 | 61 | 60 | — | 55 | 2.71 | 0.44 |
| 125 | 32 | 0-1 | 5.01 | 1,290 | 112 | 31 | 225 | 80 | 91 | 153 | 41 | 4.78 | 0.26 |
| 126 | (6.3m)* | 4-5 | 5.12 | 1,180 | 113 | 33 | 226 | 81 | 93 | 152 | 40 | — | — |
| 127 | 33 | 0-1 | 5.27 | 1,000 | 93 | 28 | 187 | 74 | 78 | 176 | 37 | 4.00 | 0.22 |
| 128 | (5.5m)* | 4-5 | 5.40 | 1,010 | 98 | 29 | 192 | 75 | 78 | 180 | 38 | — | — |
| 129 | | 5-10 | 5.35 | 950 | 95 | 28 | 190 | 78 | 82 | — | 37 | — | — |
| 130 | | 10-15 | 5.35 | 810 | 84 | 26 | 165 | 75 | 81 | — | 32 | — | — |
| 131 | | 15-20 | 5.21 | 750 | 82 | 25 | 139 | 83 | 93 | — | 26 | — | — |
| 132 | | 20-25 | 5.31 | 810 | 84 | 26 | 142 | 88 | 98 | — | 26 | — | — |
| 133 | | 30-35 | 4.74 | 630 | 138 | 45 | 294 | 80 | 111 | — | 41 | — | — |
| 134 | | 35-40 | 4.48 | 660 | 149 | 45 | 300 | 86 | 147 | — | 41 | — | — |
| 135 | | 40-45 | 5.00 | 670 | 145 | 46 | 307 | 91 | 198 | — | 34 | — | — |
| 136 | | 60-65 | 5.39 | 1,150 | 64 | 20 | 100 | 41 | 47 | — | 19 | — | — |
| 137 | | 80-85 | 4.73 | 1,040 | 55 | 17 | 85 | 26 | 37 | — | 16 | — | — |
| 138 | 34 | 0-1 | 5.30 | 970 | 114 | 31 | 217 | 76 | 71 | 166 | 42 | 5.03 | 0.23 |
| 139 | (4.9m)* | 4-5 | 5.23 | 980 | 113 | 28 | 217 | 75 | 71 | 167 | 41 | — | — |
| 140 | 35 | 0-1 | 5.79 | 1,240 | 143 | 38 | 338 | 87 | 84 | 162 | 48 | 4.50 | 0.25 |
| 141 | (3.1m)* | 4-5 | 5.80 | 1,410 | 136 | 36 | 320 | 83 | 80 | 160 | 47 | — | — |
| 142 | | 5-10 | 5.84 | 1,390 | 143 | 39 | 328 | 89 | 89 | — | 49 | — | — |
| 143 | | 10-15 | 5.30 | 850 | 182 | 53 | 394 | 110 | 160 | — | 47 | — | — |
| 144 | | 15-20 | 5.19 | 840 | 125 | 40 | 260 | 65 | 106 | — | 47 | — | — |
| 145 | | 20-25 | 5.40 | 960 | 100 | 42 | 240 | 56 | 76 | — | 51 | — | — |
| 146 | | 30-35 | 5.71 | 1,080 | 82 | 38 | 218 | 48 | 58 | — | 50 | — | — |
| 147 | | 40-45 | 5.88 | 1,010 | 74 | 27 | 128 | 50 | 56 | — | 51 | — | — |
| 148 | | 60-65 | 5.53 | 1,050 | 71 | 25 | 129 | 57 | 61 | — | 52 | — | — |
| 149 | 36 | 0-1 | 4.91 | 1,000 | 62 | 18 | 122 | 45 | 51 | 169 | 67 | 4.48 | 0.26 |
| 150 | (2.6m)* | 4-5 | 5.28 | 1,060 | 72 | 21 | 155 | 43 | 48 | 173 | 53 | — | — |
| 151 | 37 | 0-1 | 5.93 | 1,630 | 132 | 44 | 301 | 83 | 126 | 143 | 47 | — | — |
| 152 | (4.3m)* | 4-5 | 5.85 | 1,480 | 136 | 45 | 300 | 83 | 125 | 140 | 46 | 4.60 | 0.30 |

地質調査所月報(第43巻 第9号)

付表A-1 つづき
Table A-1 Continued

| Sample No. | Station No. | Location (cm) | Fe (%) | Mn (ppm) | Cu (ppm) | Pb (ppm) | Zn (ppm) | Ni (ppm) | Cr (ppm) | V (ppm) | Li (ppm) | Org. C (%) | S (%) |
|------------|-------------|---------------|--------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|----------|------------|-------|
| 153 | 38 | 0-1 | 5.22 | 1,490 | 121 | 38 | 255 | 76 | 113 | 130 | 42 | — | — |
| 154 | (5.7m)* | 4-5 | 5.03 | 1,410 | 122 | 36 | 266 | 78 | 108 | 139 | 41 | 4.72 | 0.30 |
| 155 | 39 | 0-1 | 5.04 | 1,430 | 116 | 36 | 244 | 69 | 103 | 140 | 41 | 4.60 | 0.28 |
| 156 | (6.5m)* | 4-5 | 5.03 | 1,510 | 113 | 37 | 251 | 70 | 103 | 141 | 41 | — | — |
| 157 | | 5-10 | 5.35 | 1,250 | 88 | 37 | 194 | 59 | 80 | — | 43 | — | — |
| 158 | | 10-15 | 5.30 | 1,330 | 71 | 33 | 140 | 48 | 56 | — | 43 | — | — |
| 159 | | 15-20 | 5.41 | 1,390 | 64 | 31 | 116 | 51 | 61 | — | 48 | — | — |
| 160 | | 20-25 | 6.12 | 1,650 | 70 | 30 | 110 | 57 | 67 | — | 44 | — | — |
| 161 | | 30-35 | 6.13 | 1,500 | 66 | 27 | 108 | 56 | 67 | — | 48 | — | — |
| 162 | | 40-45 | 6.30 | 1,560 | 64 | 26 | 108 | 57 | 59 | — | 58 | — | — |
| 163 | | 60-65 | 5.42 | 1,270 | 62 | 24 | 106 | 55 | 57 | — | 67 | — | — |
| 164 | | 80-85 | 4.59 | 1,160 | 54 | 20 | 98 | 40 | 45 | — | 63 | — | — |
| 165 | 40 | 0-1 | 5.03 | 1,380 | 113 | 37 | 240 | 70 | 95 | 139 | 40 | 4.92 | 0.34 |
| 166 | (6.6m)* | 4-5 | 5.10 | 1,120 | 87 | 38 | 192 | 53 | 72 | 159 | 46 | — | — |
| 167 | 41 | 0-1 | 5.02 | 1,180 | 118 | 35 | 240 | 75 | 102 | 140 | 40 | 5.14 | 0.26 |
| 168 | (6.4m)* | 4-5 | 5.00 | 1,110 | 116 | 35 | 236 | 75 | 98 | 144 | 40 | — | — |
| 169 | 42 | 0-1 | 5.16 | 890 | 108 | 30 | 214 | 73 | 83 | 160 | 41 | 5.08 | 0.22 |
| 170 | (4.9m)* | 4-5 | 5.18 | 950 | 112 | 29 | 216 | 73 | 74 | 158 | 42 | — | — |
| 171 | 43 | 0-1 | 5.18 | 970 | 84 | 23 | 175 | 54 | 61 | 182 | 31 | 5.40 | 0.25 |
| 172 | (2.5m)* | 4-5 | 5.19 | 940 | 75 | 23 | 138 | 66 | 83 | 187 | 28 | — | — |
| 173 | | 5-10 | 5.22 | 920 | 76 | 26 | 144 | 70 | 73 | — | 29 | — | — |
| 174 | | 10-15 | 5.40 | 920 | 73 | 24 | 140 | 65 | 68 | — | 26 | — | — |
| 175 | | 15-20 | 5.36 | 920 | 64 | 21 | 134 | 57 | 65 | — | 24 | — | — |
| 176 | | 20-25 | 5.35 | 930 | 64 | 20 | 136 | 57 | 66 | — | 24 | — | — |
| 177 | | 30-35 | 5.40 | 1,050 | 73 | 23 | 130 | 69 | 83 | — | 22 | — | — |
| 178 | | 40-45 | 5.06 | 940 | 75 | 26 | 155 | 52 | 52 | — | 28 | — | — |
| 179 | | 60-65 | 5.31 | 1,130 | 96 | 33 | 193 | 57 | 69 | — | 30 | — | — |
| 180 | 44 | 0-1 | 5.20 | 790 | 90 | 26 | 210 | 55 | 52 | 166 | 33 | 3.45 | 0.19 |
| 181 | (2.0m)* | 4-5 | 5.39 | 790 | 108 | 29 | 234 | 60 | 58 | 163 | 37 | — | — |
| 182 | 45 | 0-1 | 5.81 | 1,510 | 117 | 43 | 260 | 85 | 116 | 140 | 45 | — | — |
| 183 | (5.1m)* | 4-5 | 5.79 | 1,340 | 117 | 43 | 262 | 87 | 120 | 142 | 46 | 4.62 | 0.26 |
| 184 | 46 | 0-5 | 6.25 | 1,420 | 100 | 40 | 226 | 76 | 90 | 148 | 46 | 4.36 | 0.26 |
| 185 | (5.9m)* | 4-5 | 6.11 | 1,450 | 95 | 36 | 212 | 72 | 85 | 143 | 46 | — | — |
| 186 | 47 | 0-1 | 5.65 | 1,410 | 116 | 38 | 260 | 82 | 106 | 142 | 43 | — | — |
| 187 | (6.5m)* | 4-5 | 5.64 | 1,350 | 115 | 39 | 260 | 79 | 106 | 136 | 42 | — | — |
| 188 | 48 | 0-1 | 5.63 | 1,130 | 100 | 35 | 248 | 97 | 106 | 148 | 39 | 5.72 | 0.24 |
| 189 | (5.3m)* | 4-5 | 5.50 | 1,040 | 100 | 32 | 250 | 90 | 104 | 147 | 39 | — | — |
| 190 | | 5-10 | 5.22 | 970 | 100 | 31 | 250 | 89 | 100 | — | 38 | — | — |
| 191 | | 10-15 | 5.05 | 830 | 95 | 33 | 235 | 92 | 100 | — | 36 | — | — |
| 192 | | 15-20 | 5.50 | 910 | 104 | 35 | 230 | 109 | 124 | — | 38 | — | — |
| 193 | | 20-25 | 5.28 | 830 | 115 | 39 | 235 | 122 | 154 | — | 41 | — | — |
| 194 | | 30-35 | 5.53 | 1,210 | 98 | 40 | 212 | 100 | 138 | — | 41 | — | — |
| 195 | | 40-45 | 5.70 | 1,600 | 75 | 34 | 150 | 79 | 89 | — | 43 | — | — |
| 196 | 49 | 0-1 | 6.48 | 1,040 | 89 | 27 | 226 | 100 | 105 | 200 | 26 | 2.80 | 0.24 |
| 197 | (2.2m)* | 4-5 | 6.15 | 990 | 96 | 28 | 226 | 109 | 106 | 198 | 27 | — | — |
| 198 | 50 | 0-1 | 6.40 | 1,730 | 107 | 38 | 254 | 80 | 102 | 144 | 50 | 4.44 | 0.25 |
| 199 | (3.7m)* | 4-5 | 6.37 | 1,500 | 108 | 53 | 265 | 79 | 110 | 147 | 50 | — | — |
| 200 | 51 | 0-1 | 6.37 | 1,830 | 101 | 35 | 248 | 72 | 92 | 153 | 47 | 4.40 | 0.24 |
| 201 | (3.9m)* | 4-5 | 6.39 | 1,530 | 102 | 37 | 254 | 77 | 100 | 148 | 48 | — | — |

*: Water depth. —: Not determined.