

中部地方，野尻湖底堆積物の粒度分析（予報）

公文富士夫*・井内美郎**

*信州大学理学部地質学教室

**地質調査所海洋地質部

(1987年6月23日受理)

1. はじめに

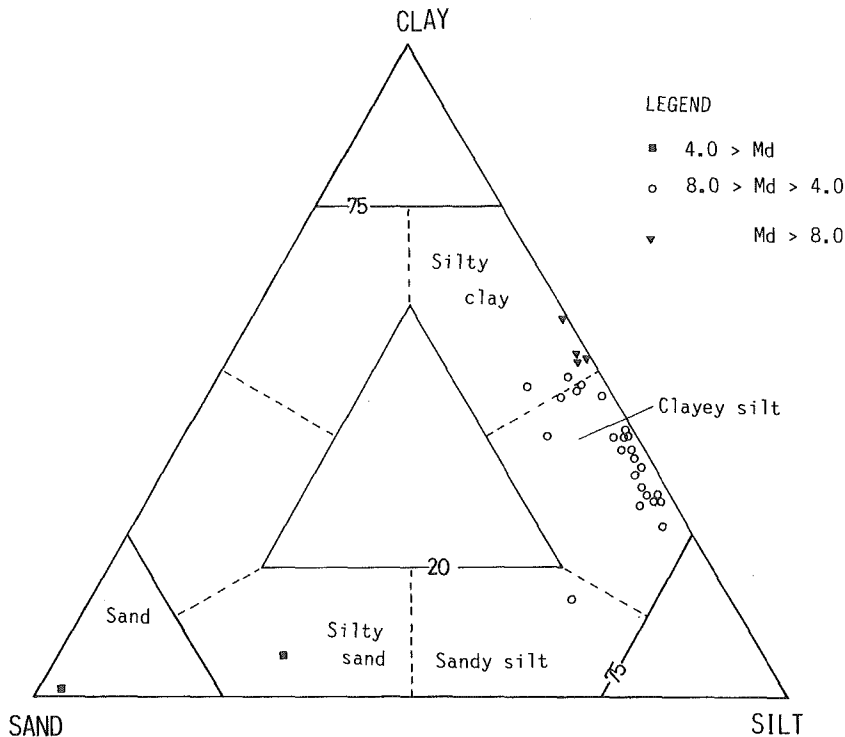
野尻湖は、長野県北部の新潟県との県境近くに位置する、標高654.3m、最大水深38.5m、面積4.6km²の小さな湖である。湖の西側湖底には更新世後期の野尻湖層が分布しており、ナウマンゾウ化石のほか旧石器を多く産している。野尻湖層については、10次にわたる発掘調査によって詳しい研究がなされている（野尻湖発掘調査団，1975；野尻湖地質グループ，1980，1984，1987）。この野尻湖層の堆積は、野尻湖そのものの形成過程と密接に関係していると考えられる。しかしながら、野尻湖の大部分を占める湖底堆積物についての堆積学的検討はあまりすすんでいない。

野尻湖地質グループ音波探査サブグループ（1987）は、ユニブームとアトラスデソ20を使って野尻湖底の堆積物の厚さや分布を音響的にあきらかにしたが、その調査の際に、30地点から湖底表層の堆積物を採集した。その試料を粒度分析した結果をここに報告する。分析地点が少ないため、湖底全域についての詳しい解明をするまでには至らないが、今後の研究の契機となれば幸いである。

一般に、湖沼は大気加熱・風・河川流入など様々な営力に対して敏感に応答する系であり（SLY, 1978），その堆積物もこれらの作用を反映している。湖沼に運びこまれた碎屑粒子の移動と沈積の機構は、堆積物の粒度分布に影響しており、それは粒度分析によってかなり解明できるはずである。日本では湖沼堆積物の粒度分析は、佐竹（1967），塩沢（1969），IKEYA and HAND（1972）などの少数の例があるが、いずれも潮流の影響のある汽水湖である。一方、多くの湖において底質図がつくられているが、砂と泥とを区分して、その分布を示しているにすぎず、堆積学的検討はほとんどされていない。近年、水質汚濁との関係で湖沼堆積物の研究も行われはじめている（井内ほか，1985，など）。湖沼の形成史や環境汚染を解明するうえで、泥質堆積物の粒度分析は大きな役割を果たすものと考えられる。

2. 試料採集と分析方法

試料は第3図に示した30地点からエクマンバース採泥器を用いて、湖底表層から10cm程度の深さまでを採集した。採集位置は、電波測位機およびトランシットを用いてもとめた。ほとんどの地点の採取試料は暗灰青色の泥であるが、ST-31地点は淘汰の悪い礫混じり砂であり、ST-35地点は、泥質な細粒砂であった。なお、ST-18地点は、表層は泥



第1図 野尻湖底堆積物の分類図

三角ダイアグラムの区分と堆積物の命名は、SHEPARD (1954) に従う。

であったが、その下位には礫混じりの砂があった。

分析した試料は、採泥試料に表面から径5.5cmのプラスチック管を10cm程の深さまで押し込んで採取したもののうち、表層部5cmを用いた。

泥の粒度分析方法は、JIS A 1204に規定された土の粒度分析方法（土質工学会，1979；碎屑性堆積物研究会，1983，参照）に準拠した。試料中の有機物の分解には過酸化水素水を、分散剤にはヘキサメタリン酸ナトリウムを用いた。また、JIS A 1202の試験方法で粒子比重の測定を試みた。

結果の概要を第1表に示す。測定した粒子比重はかなりばらついており、かつ小さい値をもつものが多い（平均2.38）。この原因ははっきりしないが、測定誤差のほか、試料中にかなり多量の微小な珪藻遺骸を含むことも原因とおもわれる。そのため、堆積物の粒径や通過率の計算には、測定値を使わず、暫定的に粒子比重値を2.60と仮定してもちいた*。比重を測定し終わったシリンダー中の試料を4.5φのフルイの上にあけて水洗し、フルイに残ったものをフルイ法で粒度分析したが、比重計による分析とフルイ法による分析との間にはギャップが生ずることが多い。その不一致を推定乾燥重量値を変化させるこ

* 粒子比重を2.65としている例も多いが、2.60としても、重量補正後の分析値にはほとんど差がない。

第1表 野尻湖堆積物の粒度分析値

試料番号	粒子比重	推定 乾燥重量	補正 乾燥重量	重量 補正率	粒 径 値		粒 度 組 成		
					1パーセント値	中央粒径	砂	シルト	粘土
ST-1	2.46	25.81g	25.71g	-0.4%	3.70phi	6.75phi	1.5%	68.5%	30.0%
2	2.41	27.21	28.01	2.5	3.20	6.80	3.0	66.0	31.0
3	2.48	38.97	38.87	-0.3	1.70	5.12	21.0	64.0	15.0
6	2.41	20.66	23.16	12.1	3.86	7.54	1.2	60.8	38.0
7	2.37	25.13	26.63	6.0	3.96	7.38	1.2	67.8	31.0
8	2.58	58.33	54.73	-6.2	3.10	7.00	3.0	47.0	50.0
10	2.41	22.31	22.91	2.7	3.05	7.95	4.2	46.8	49.0
11	2.31	24.50	25.30	3.3	2.80	7.52	11.5	48.5	40.0
12	2.38	15.60	18.90	21.2	3.38	7.38	2.8	63.2	34.0
13	2.41	22.49	25.59	13.8	3.21	7.87	4.2	48.8	47.0
15	2.42	22.23	23.93	7.6	3.60	8.12	1.6	45.9	52.5
16	2.37	20.97	22.87	9.1	3.80	7.60	1.3	58.7	40.0
17	2.34	16.63	18.53	11.4	4.45	8.60	0.5	41.5	58.0
18	2.46	20.46	20.76	1.5	2.90	7.60	10.5	42.0	47.5
19	2.37	16.64	14.74	-11.4	3.30	7.40	3.0	65.0	32.0
20	—	20.75	22.85	10.1	3.40	8.10	1.9	46.6	51.5
21	2.38	25.20	25.80	2.4	3.85	7.00	1.5	63.5	35.0
22	2.48	16.45	18.85	14.6	4.40	8.05	0.4	48.1	51.5
23	2.36	16.73	17.93	7.2	3.95	7.55	1.0	59.0	40.0
24	2.35	20.71	21.81	5.3	3.43	7.22	2.6	67.4	30.0
25	2.28	21.39	22.29	4.2	3.46	7.10	3.2	70.8	26.0
26	2.33	16.78	17.48	4.2	4.20	7.60	0.7	58.3	41.0
27	2.31	15.01	15.61	4.0	3.50	7.55	2.7	57.3	40.0
28	2.40	20.47	20.47	0.0	3.33	6.80	4.8	65.8	29.4
29	2.39	21.67	20.97	-3.2	3.50	7.70	7.0	47.0	46.0
30	2.31	16.94	17.94	5.9	3.64	7.45	1.7	63.3	35.0
31	—	—	—	—	-4.0	0.28	96.5	—	—
32	2.40	18.27	18.07	-1.1	3.80	7.81	3.3	49.0	47.7
33	2.31	18.89	19.69	4.2	3.25	7.80	1.4	52.6	46.0
35	—	66.22	63.52	-4.1	0.40	3.42	63.5	29.7	6.8

* ST-18 地点は，採集試料上部の泥の部分进行分析

とで補正した。重量補正は、大部分は10%程度までの補正であるが、正の補正を必要としたものが多い。その原因はよくわからないが、試料分取の際に、含水率の高い部分を採取する傾向があったのかもしれない。また、全体として、各分析試料の重量が少ない点も問題として残る。

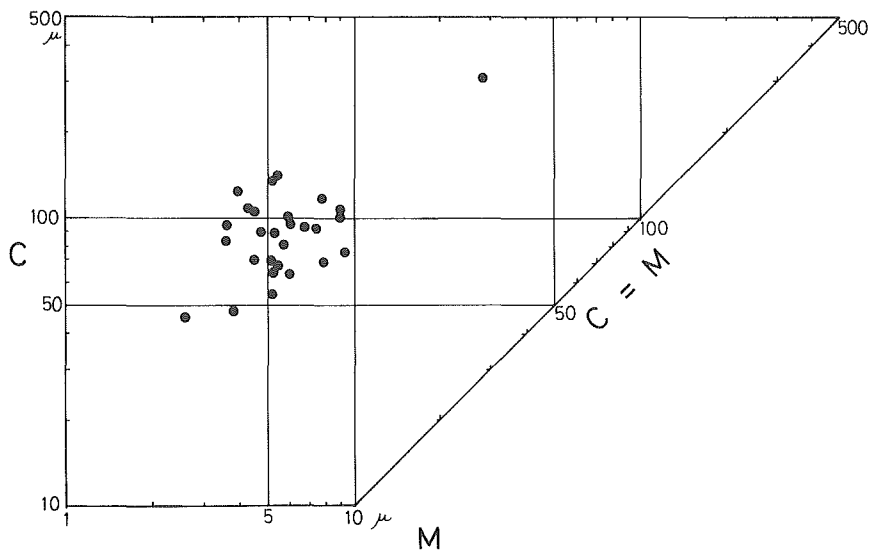
4 ϕ より粗い砂粒子は、大部分が岩片や長石、角閃石、輝石、火山ガラスなどの鉱物質のものからなっているが、大型の珪藻の遺骸や非晶質の珪質骨針なども含んでいることがある。

4 ϕ よりも細かい泥粒子には、粘土鉱物と、長石・角閃石・火山ガラスなどの鉱物や岩石の微小な破片のほか、かなりの量の珪藻遺骸や珪質骨針が含まれている。

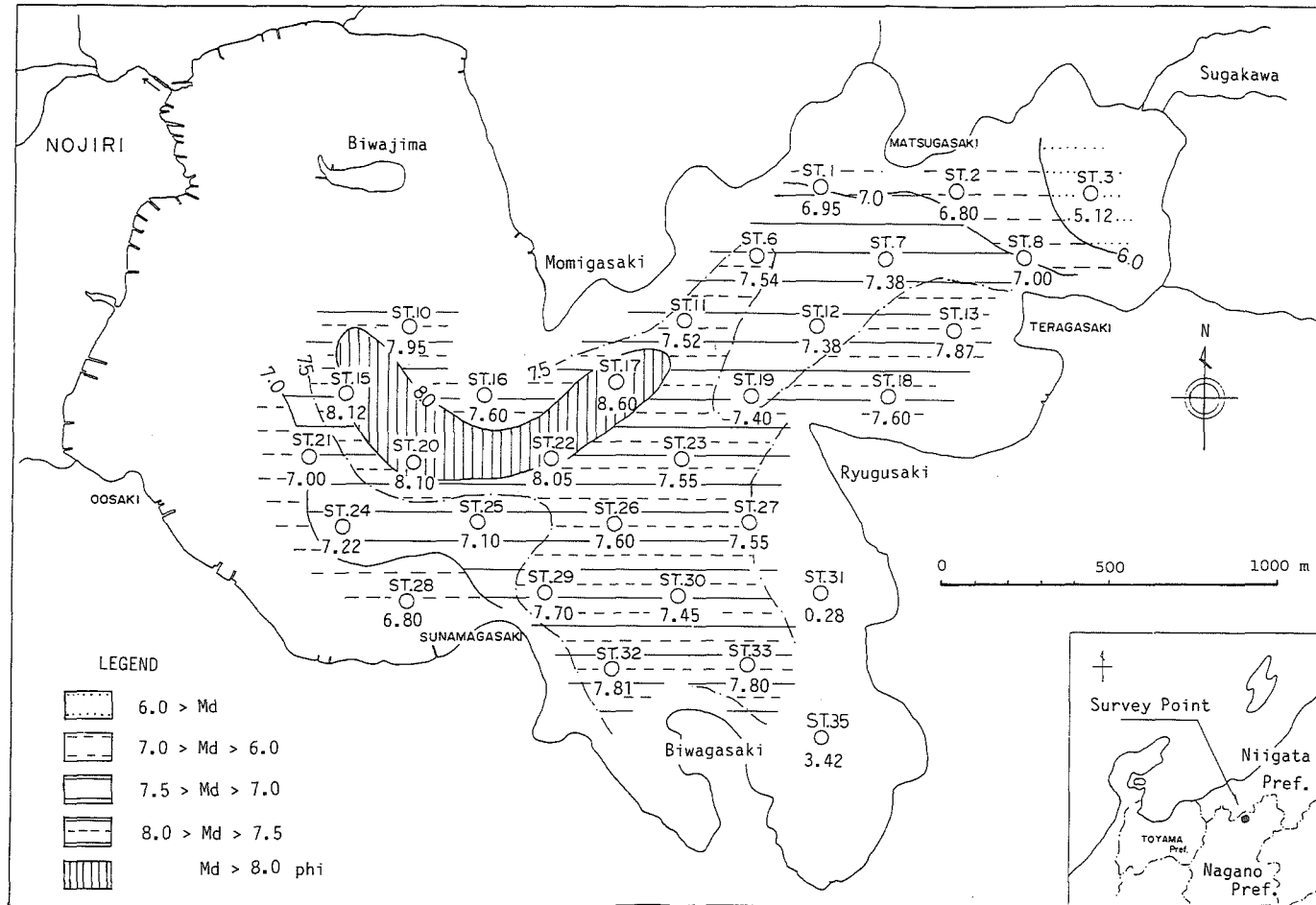
3. 粒径分布の特徴

第1図に粒度組成を砂—シルト—粘土の三成分比で表わしたダイアグラムをしめす。湖底堆積物の大部分は粘土質シルトであり、少数の試料がシルト質粘土である。8.0 ϕ 以上の中央粒径値をもつものは、シルト質粘土にあたる。S T-35地点には細粒の砂が、S T-31地点には礫混じりの粗粒砂が分布している。

第2図に分析結果のC-Mダイアグラム (PASSEGA, 1957; PASSEGA and BYRAMJEE, 1969) を示す。菅川沖のS T-3地点を除いて、ほとんどのものが、50 μ m から150 μ m の1パーセント値と4 μ m から10 μ m の中央値をもっており、いわゆる遠洋性懸濁の領域に近い。また、斎藤 (1985) が示した内湾性から半遠洋性、および湖沼の堆積物の特徴と一致している。これは、ゆるやかな流れのもとでの懸濁運搬による堆積物であることを示している。

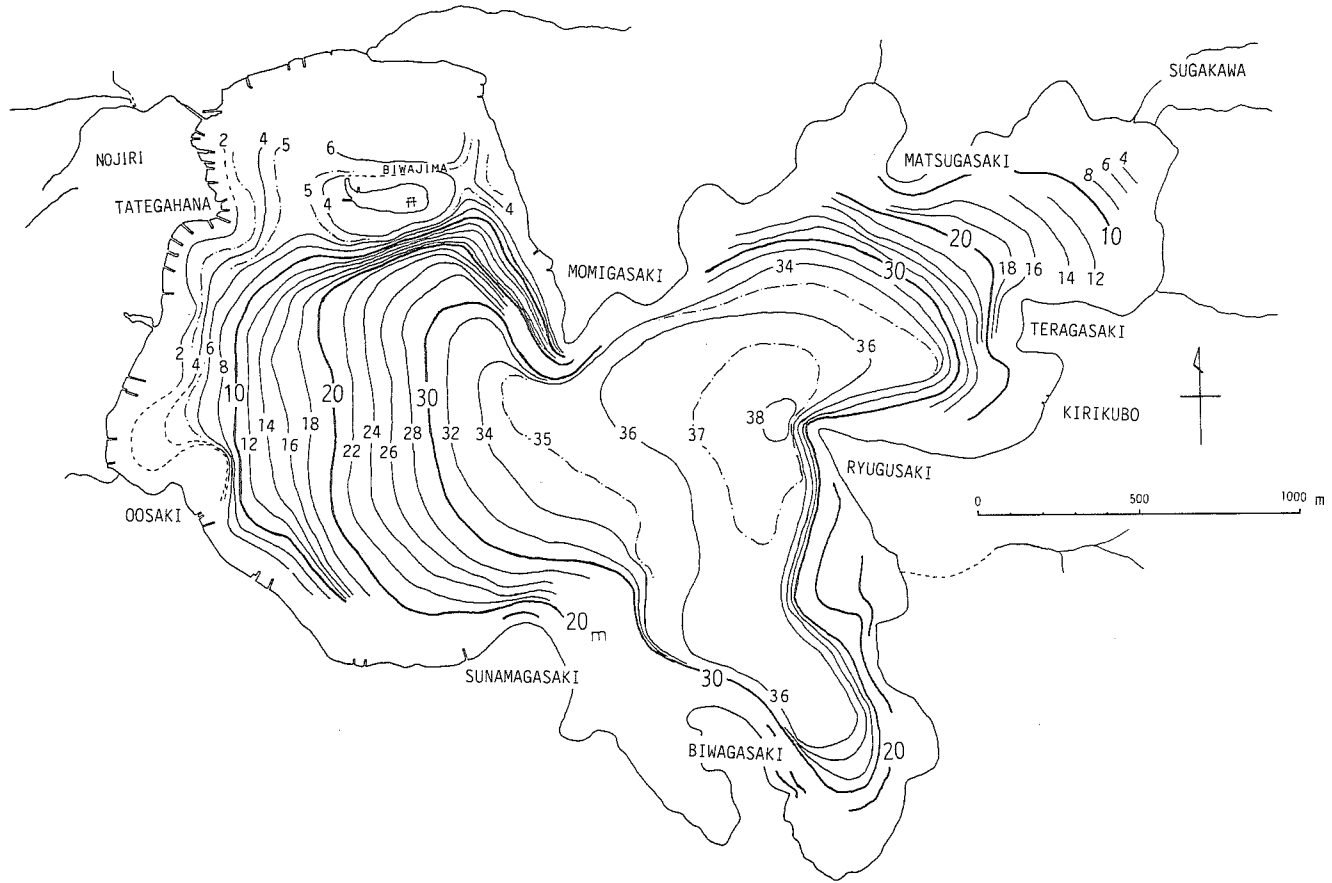


第2図 野尻湖底堆積物のC-Mダイアグラム
S T-31, 35地点は省略してある。



第3図 中央粒径値に基づく野尻湖の底質区分図

凡例のMdは中央粒径。○印は試料採集位置で，その下の数字は中央粒径値。



第4図 野尻湖の湖底地形図（野尻湖地質グループ音波探査サブグループ，1987）

第3図に中央粒径値をもとにした底質区分図を示す。大部分の領域が、 7.0ϕ よりも細かい中央粒径値をもつ粘土質シルトであるが、縦ヶ崎の南側には 8.0ϕ よりも細かいシルト質粘土の分布する細長い領域が認められる。一方、湖の北東部の菅川の沖には粗粒シルトの分布がみられる。これは野尻湖の最も大きな流入河川である菅川からの供給を反映したものであろう。

第4図に野尻湖の湖底地形（水深図）を示す。これと底質区分図（第3図）とを比較すると、水深の大きいところ、または、地形的に平坦なところに細かいシルト質粘土が堆積しているわけではないことがわかる。シルト質粘土は、湖の中央より少し北側寄りの位置に、湖底の平坦部から西側にある緩斜面にかけて分布している。中央粒径値と水深との相関性を検討しても、0.64程度の相関係数しかなく、深いところほど細粒な物質が堆積しているとは言えない。

一方、 7.5ϕ の等粒度線に注目すると、前述の菅川の南西沖に張り出しがあるほか、砂間ヶ崎の北沖にも、小さな張り出しが認められる。これらは、緩やかな斜面上に位置している。

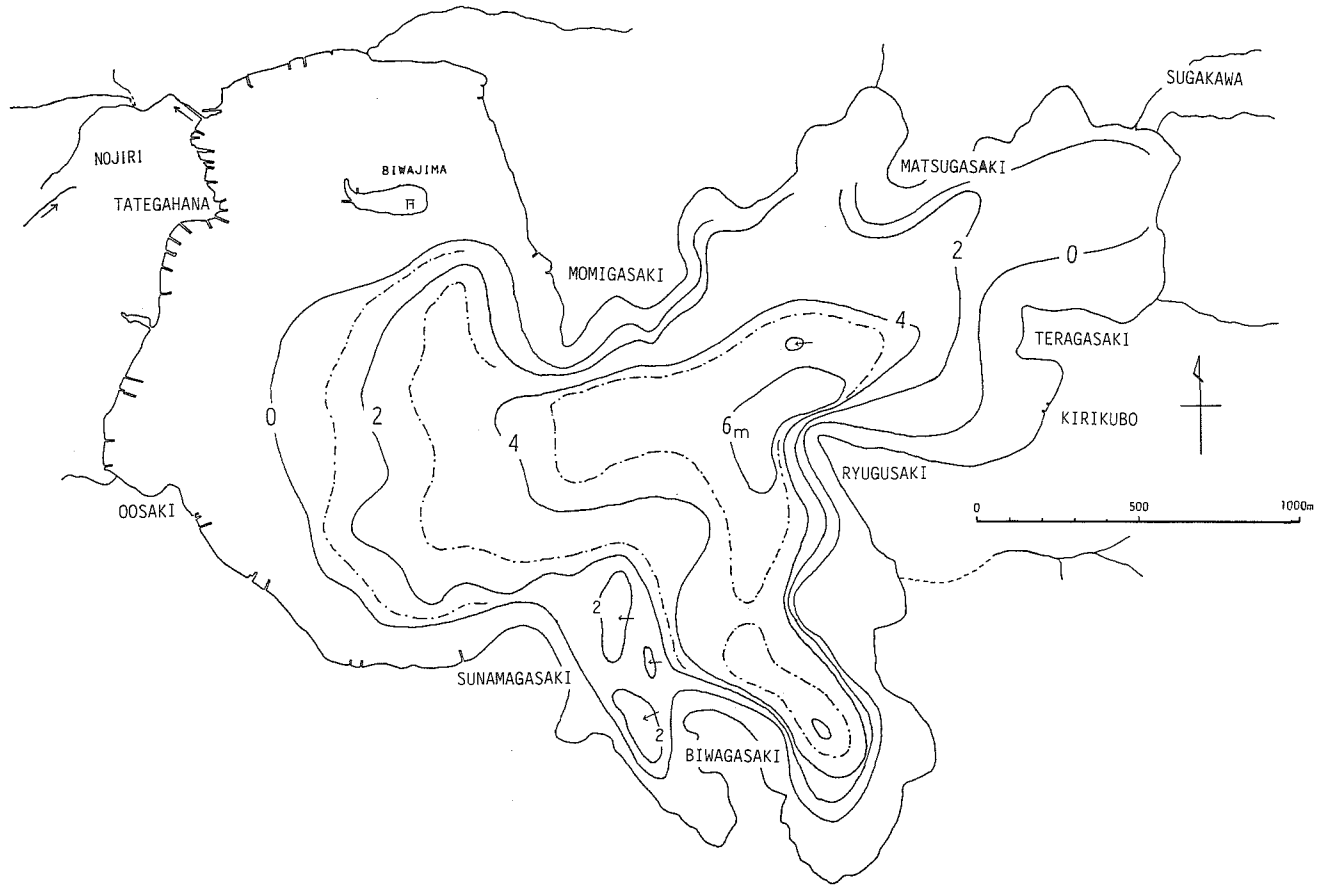
このような粒径の分布は何を意味しているのであろうか。試料の採集密度が小さいため、現段階でははっきりとは言えないが、次のような可能性が指摘できる。

湖岸における波浪の作用で懸濁した細粒物質や周囲から流入した懸濁物が、単に拡散しつつ沖合いに運ばれて沈積するのであれば、湖の中心部ほど細かい堆積物が分布するはずである。しかしながら、大局的にみれば中央部により細粒な堆積物があるものの、最も細粒な部分は北に片寄った位置に、しかも、細長く分布している。スベリオル湖のような大きな湖では地衡性の循環流（環流）が粘土質粒子の移動と堆積に大きな影響を与えていることが示唆されている（THOMAS *et al.*, 1972）。ずっと規模の小さな野尻湖にも類似の流れが存在するのかもしれない。

菅川の沖の 7.5ϕ の等粒度線の張り出しは、菅川から流入した懸濁水が、一種の密度流となってシルト粒子を運搬したものと推定される。砂間ヶ崎の北の張り出しは、斜面のすぐ上にごく浅い湖棚があることと関係しているのかもしれない。すなわち、浅いために波の影響をうけて懸濁した水が斜面にそって流れ下り、やや粗い堆積物をつくったものと考えられる。

S T-31地点は、細礫から粘土まで混合した非常に不淘汰な堆積物であり、深さ20mの湖棚の上から採集している。その緩斜面は陸上の扇状地状の地形に続いており、土石流堆積物か過去の低水位の時期の陸上堆積物のレリックである可能性がある。一方、S T-35地点は泥質分を多く含んだ細粒の砂で、湖の南岸の急斜面直下、36mの深さから採集したものである。この周囲には山ひだに相当するような小さな谷しか存在しない。この砂を堆積した機構は見当がつかない。

第5図に音響的に検討した湖底表層部の堆積物の厚さを示す。この図は、湖底表面からユニブームの第一反射面までの厚さを表わした等層厚線図である。この第一反射面は、約4,500年前の大田切川火山灰に対応するものと考えられている（野尻湖地質グループ音波探査サブグループ, 1987）。この図は、湖底地形とよく調和している。層厚と水深との間には0.82の相関があり、深い所ほど厚い堆積物があることがわかる。逆に、この等層厚線図と



第5図 野尻湖底堆積物の第一反射面までの等層厚線図(野尻湖地質グループ音波探査サブグループ, 1987)
単位はメートル

底質区分図とは整合性が乏しい。つまり, 野尻湖の堆積作用においては, 粒度を規制する要因と堆積物の厚さを支配する要因とが別々に働いているものと考えられる。それが具体的にどの程度であるのか, 今後, 検討していく必要がある。

謝辞: 本研究に用いた試料の採集にあたっては, 小林雅弘, 近藤洋一, 後藤昌徳, 鈴木一久, 松岡弘和の各氏にはたいへんお世話になった。また, 本研究の一部には, 文部省科学研究補助金(課題番号60420015, 代表 酒井潤一)を使用した。記して, 深く謝意を表す。

文 献

- 土質工学会編(1979)土質試験法。日本土質工学会, 757p.
- IKEDA, N. and HANDA, T. (1972) Surface sediments in Hamana Lake, the Pacific coast of Central Japan. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, **7**, 129-148.
- 井内美郎・横田節哉・村上文敏・中尾征三・竹内三郎・吉川秀樹・寺島 滋・寺島美南子(1985)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. 74-1-20.
- 野尻湖地質グループ(1980)野尻湖発掘とその周辺の地質(1976-1978)。地質学論集, **19**, 1-31.
- (1984)野尻湖層の層序—野尻湖発掘地とその周辺の地質 その3(1981-1983)—。地団研専報, **27**, 1-21.
- (1987)野尻湖発掘地とその周辺の地質 その5(1984-1985)。地団研専報, **32**, 1-21.
- 野尻湖地質グループ音波探査サブグループ(1987)音波探査による野尻湖底堆積物の層序と形成史。地団研専報, **32**, 23-36.
- 野尻湖発掘調査団(1975)野尻湖の発掘1962-1973。共立出版, 東京, 278p.
- 碎屑性堆積物研究会編(1983)堆積物の研究法—礫岩・砂岩・泥岩—。地学双書24, 地学団体研究会, 377p.
- PASSEGA, R. (1957) Texture as characteristic of clastic deposition. *Bull. A. A. P. G.*, **41**, 1952-1984.
- PASSEGA, R. and BYRAMJEE, R. (1969) Grain-size image of clastic deposits. *Sedimentology*, **13**, 233-252.
- 斎藤文紀(1985)C-Mダイアグラム上における細粒堆積物の基本分布。堆積学研究会報, 22・23合併号, 54-64.
- 佐竹俊孝(1967)サロマ湖の底質の粒度組成。地質雑, **73**, 429-440.
- SHEPARD, F. P. (1954) Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Jour. Sed. Petrology*, **24**, 151-158.
- 塩沢孝之(1969)厚岸湖および厚岸湾の底質—粒度組成と粘土鉱物組成—。地質雑, **75**, 1-11.
- SLY, P. G. (1978) Sedimentary processes in lakes. In Lerman, A. (ed.), *Lakes; chemistry, geology, physics*. 65-89, Springer-Verlag, Berlin, 363p. (日本語版; 奥田, 半田監訳 湖沼の科学, 古今書院, 508p, 1984).
- THOMAS, R. L., KEMP, A. L. W. and LEWIS, C. F. M. (1972) Distribution, composition and characteristics of the surficial sediments of Lake Ontario. *Jour. Sed. Petrology*, **42**, 66-84.

**Preliminary report on the grain-size distribution
of the surface sediments in Lake Nojiri,
Central Japan**

Fujio KUMON* and Yoshio INOUCHI**

*Department of Geology, Faculty of Science,
Shinshu University

**Geological Survey of Japan

(Received June 23, 1987)

[abstract]

Grain-size analysis of muddy sediments taken from the bottom surface of Lake Nojiri was carried out by the method of JIS A 1204, so called hydrometer analysis.

Most sediments are clayey silt, and six samples are silty clay. C-M pattern diagram of these sediments indicates that the most sediments are pelagic or hemipelagic, transported by suspension. Silty clay sediments whose median grain-size are larger than 8.0 phi, are distributed in a small elongated area off the Momigasaki. The locality is not the center of the lake but also not the deepest part of the lake. Such a distribution pattern seems to be related to some flow mechanisms such as a circulation current.

Sediment of ST-3 off the mouth of the River Sugakawa is sandy silt. It probably results from the pour of the river. Sample of ST-31 taken from the subsurface terrace at 20 meters deep is ill-sorted gravelly sand. It seems to be relict sediment or old debris flow deposit. Sediment of ST-35 is muddy sand. It is near the southern margin of the basin plain of 36 to 38 meters in depth. Its origin is unknown.