

三方五湖底質の化学組成について
(水成岩の化学組成の研究, その3)

大森 江 い*

**On the Chemical Composition of Bottom Sediments from Mikata
Five Lakes, Central Japan**

—Studies on the chemical composition of sedimentary rocks, the 3rd report—

By

Ei OMORI

Abstract

As a part of the serial investigations of chemical composition of sedimentary rocks, a variation of chemical composition of lake bottom sediments in Mikata Five Lakes, Fukui Prefecture, was studied with special interest to account whether or not a variation of chemical composition of sediments was related to the differences of sedimentary environments, such as fresh-water, restricted marine (brackish), marine, the shape of basin and so on.

The core samples were collected from one location each in Hasu-gawa, Suigetsu-ko, Mikata-ko, Suga-ko, Hiruga-ko and Kugushi-ko respectively in Mikata Five Lakes District.

Ten components of SiO_2 , Al_2O_3 , TiO_2 , total Fe_2O_3 , MgO , CaO , Na_2O , K_2O , MnO and P_2O_5 were analysed chemically.

Results obtained and conclusions are as follows:

In the restricted marine environment of the brackish lakes such as Suigetsu-ko and Hiruga-ko, quantities and valencies of iron, manganese and phosphorus are affected by the existence of brackish stagnation which may generate hydrogen sulfide as a result of anaerobic reduction of sulfate ion in the bottom layer of water.

The other components seem to reflect the differences of the background rock rather than those of the sedimentary environments of lakes themselves.

要 旨

水成岩の化学組成の研究の一環として、福井県三方五湖地区をえらび、堆積環境の相違(淡水・汽水・湖盆形態)による湖底堆積物の化学組成の変化について調べた。

試料は鱒川(はす川)および各湖(三方・水月・菅・日向・久々子)にそれぞれ配置された1つずつの測点から採取し、それらに対して SiO_2 ・ Al_2O_3 ・ TiO_2 ・Total Fe_2O_3 ・ MgO ・ CaO ・ Na_2O ・ K_2O ・ MnO ・ P_2O_5 の10成分の化学分析を行なった。各試料の化学組成について比較検討した結果、淡水と海水とが流れ込み、かつ面積に比べて水深の大きい水月湖および日向湖では、それぞれの水の比重のちがいから停滞層ができ、その結果底層に硫化水素が発生し、鉄・マンガン・燐の存在状態が影響さ

* 技術部

れるとおもわれる。その他の成分では淡水、汽水による堆積環境の相違よりも湖の周辺に分布する岩石の性質による影響がより大きいように思われる。

1. 緒 言

この報告は、堆積環境と堆積物の化学組成に関する一連の研究の一部として筆者(1968, 1969)がさきに報告した琵琶湖および宍道湖・中海にひきつづく、福井県西部の三方五湖についての研究結果である。

ここに述べる、三方五湖の総合的現地調査研究は、昭和37年12月の中旬に行なわれた。当所からは地球化学課本島公司・牧真一・比留川貴・米谷宏、石油課大山桂・鈴木尉元、地形課橋本知昌、化学課大森江いが、東大応用微生物研究所からは、飯塚広・都留信也・瀬戸尚典が参加した。

船上では測深・採泥・採水・水温測定・酸化還元電位

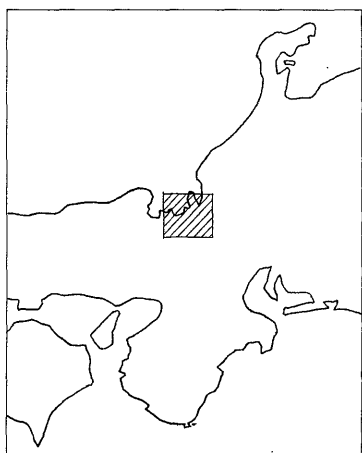
差測定などを行なった。水質試験の一部は現地での仮実験室で行なった。泥は調査所に持ち帰り、大森江いが主成分 (SiO₂・Al₂O₃・TiO₂・Total Fe₂O₃・MgO・CaO・Na₂O・K₂O・MnO・P₂O₅) の化学分析を担当した。

本研究に際し協力された福井県水産試験場山本巖氏。三方増殖場歌原淳氏に厚く感謝する。

2. 地形・地質

2.1 位置

福井県水産試験場事業報告 (昭和26. 27. 28), 堀江正治 (1956). 上治寅次郎 (1928). 川名武 (1936), および渡邊久吉 (1917) 等によれば, 三方五湖とその周辺部の一



第1図 位置図
Location map of the surveyed area

般地形, 地質, 湖況などは次のとおりである。

三方五湖は福井県三方町の北西部にあり, 三方湖・水月湖・日向湖および久々子湖の4つの湖から形成され, 水月湖の一部である菅湖とともに三方五湖と称され, いずれも富栄養湖である。位置その他を第1表に示す。

2.1.1 三方湖 (上湖)

三方五湖と呼ばれる湖群の最南部に位置し, 水月湖に

第1表 湖盆形態
Morphometry of Mikata Five Lakes

湖名	東経	北緯	標高 (m)	湖線 (km)	面積 (km ²)	最大深度 (m)
三方湖	135°53'	35°35'	0	10	3.6	2
水月湖	135°53'	35°35'	0	10	4.3	38
菅湖	135°54'	35°35'	0	4.5	0.9	13
日向湖	135°53'	35°36'	0	4	0.9	37
久々子湖	135°54'	35°36'	0	7	1.38	2.7

次ぐ面積をもち五湖中もっとも浅い淡水湖 (純淡水にあらず) である。湖に流入するおもな河川には, はず川・別荘川・観音川等があるが, 三十三間山 (842m) に源を発するはず川が流域・水量とも最大である。湖水は瀬戸 (最狭部43m, 水深2m, 切口86m²) によって水月湖に, 堀切 (長さ153m, 水深0.6m, 切口2.2m²) によって菅湖に連絡する。

2.1.2 水月湖 (中湖)・菅湖

水月湖の一部である菅湖とともに湖群の中央部にあって, 五湖中深度・面積ともに最大の汽水湖である。三方湖から2つの水道によって流入した水は, 嵯峨隧道 (長さ145m, 幅6m, 高さ4.8m, 水深1.8m, 切口10m²) によって日向湖に, 浦見川 (長さ380m, 幅14m, 水深1.3m, 切口18.2m²) によって久々子湖に連絡する。

2.1.3 日向湖

日向湖は久々子湖と並んで湖群の最北部にあって, 水月湖につぐ深度をもち, 菅湖と同じく面積の小さい湖である。日向水道 (幅23m, 水深2.5m, 切口57.5m²) の開削以前は無口湖であったといわれる, 開削 (寛永7年・1630) 後若狭湾に通じ鹹水湖になったといわれている。

2.1.4 久々子湖 (下湖)

日向湖の東部にならび深さ2.7mの浅い鹹水湖であり, 早瀬川 (川幅12m, 水深1.2m) によって若狭湾に通じている。

2.2 湖の周辺

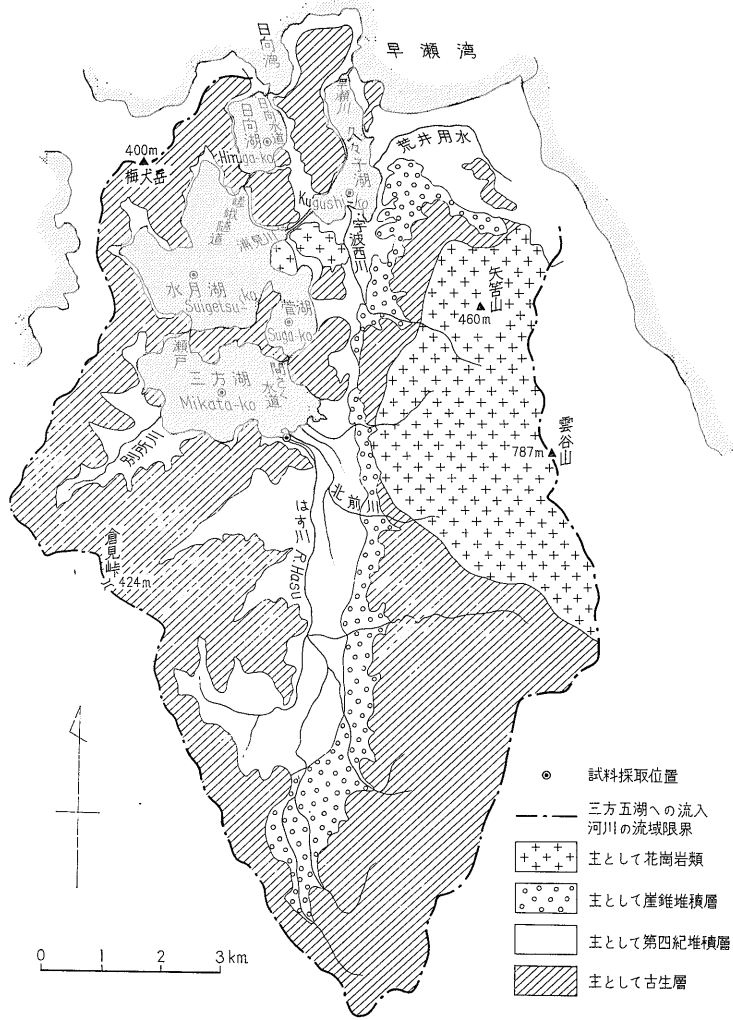
三方湖の東方には矢筈山 (460m)・雲谷山 (787m) 等の急峻な山嶽があり, その山麓には崖錐地, または扇状地が発達する。西方には倉見峠 (424m)・梅丈岳 (400m) に連なる300m高地が南北に走り, 東西の高地は三方湖南部で接し, 日本海に広がる三角形を示す, 平地ははず川によって作られた三角州ならびに別荘川の三角州があるが, 前者がもっとも大きい。久々子湖の北部には若狭湾にそって耳川につづく平地がある。

三方湖を囲む山地は古生層・第四紀層・花崗岩および石英斑岩によって構成されている。古生層は山地に広く露出し, 粘板岩・硬砂岩および角岩よりなる。花崗岩は矢筈山, 雲谷山に広く露出し, また梅丈岳付近にも露出する。花崗岩が古生層に接触した部分には, 珪岩・ホルンフェルス等を見ることができる。三方付近では岩塊および礫には花崗岩が多く砂も花崗岩砂が多い。

2.3 湖底地形

三方湖群は断層盆地に湛水されてきたものといわれ, かつては三方湖も水月湖・日向湖ならぶ深さであったと推定されている。湖底地形図には福井県水産試験

三方五湖底質の化学組成について (大森江い)



第2図 地 質 図
Geological map of Mikata Five Lakes areas

場発行のもの (1962) がある。これによれば、三方湖・久々子湖は水深 3 m 以下であり、水月湖・菅湖・日向湖は 10 m 以上の水深である。

三方湖は東西にやや長く、水深 2 m 以下の浅い湖で、はず川の沖合から瀬戸にかけて小さなくぼみが点在する。瀬戸入口のくぼみは水深 5 m に達する。

水月湖・菅湖・日向湖は湖岸に山裾が迫り、沖積地も注入河川もなく急傾斜である。

水月湖ではところにより湖岸から 30~50 m で水深は 20 m に達し、湖盆傾斜は東部の方がやや急である。湖は南北にやや長く、嵯峨水道と瀬戸をむすぶ中央近くには 38 m に達する深い湖底があるが面積はきわめて小さい。

菅湖は南北に長く、湖底も南北にのびて水月湖につづき、傾斜は西側が急である。

日向湖は五湖中もっとも湖盆傾斜が急であり、西部湖岸では湖岸から約 100 m はなれたところで水深は 30 m に達する。中央南北に細長い 37 m の深みがある。

久々子湖の水深の分布状況は三方湖のそれに近く南北に細長い平坦な湖底で、東西のほぼ中央部の南と北に計 2 カ所の深みがある。

いずれも湖底の深みが南北に連なっているのは陥没湖のためであろう。

三方湖・久々子湖は平底型、水月湖・菅湖・日向湖はトラフ型といえよう。

2.4 湖の特徴

5つの湖は狭くて水深の浅い水道、または隧道によって連絡しているため、隣接している湖もおおの独立した形となっている。海水の影響を受けて、若狭湾側から鹹水、汽水、淡水の3種の型の湖がほぼ北から南へと並ぶ。すなわち淡水湖型には一番南に位置し浅い三方湖、汽水湖型には深い水月湖とやや浅い菅湖の2湖、鹹水湖にはもっとも北に位置する深い日向湖・浅い久々子湖の2湖と分けることができる。

三方湖、久々子湖はきわめて浅い湖のため、水質は気温と降水量に支配され、水月湖・日向湖の水質は若狭湾の潮の干満、水温等に左右される。深い日向湖・水月湖・菅湖は流入した海水のため、鹹水、汽水の層を作る。

水月湖・菅湖・日向湖の底層には硫化水素が発生し、硫化水素の浮上、移動は漁業等沿岸に住む人々の生活に大きな影響がある。

硫化水素の成因について、県水産試験場の事業報告(昭和26・27・28)の中で山本巖ならびに川名武(1936)らは、海水中の硫酸塩の還元によるとし、山本巖は水月湖で観測した(昭和27年8月)湖水の垂直状況を次のように述べている。

湖水を採取し、振盪してよく空気と接触させた後、深度別に静置すると、有酸素の限界付近のものは必ず濃褐色の水酸化第二鉄を多量に沈殿する。この限界付近の層に接する下位に、硫酸細菌 Chromatium のため桃赤色を呈する水層があり、さらにその下位に硫化水素の酸化によってできた硫黄の白色の沈殿を含む水層があり、深度を増すにしたがって沈殿量は増加する。一例によれば、水酸化鉄の沈殿を多量に生ずる層は、深度7~8mに1~2mの厚さの層を作り、硫黄細菌 Chromatium は深度8~15mに2~5mの厚さの繁殖が認められた。なお水月湖の中層水に鉄が多量に溶存して化学成層を形成する原因や、中層、底層に磷酸が蓄積される原因などについても興味ある推論を行なっている。

3. 試料採取地点および試料作成

3.1 試料採取地点

第2図に試料採取地点の位置を示した。

- はす川 三方三角点99.9から
N 41°E 0.38 km
- 三方湖 三方三角点99.9から
N 52°W 1.36 km
- 菅湖 矢筈山三角点459.3から
S 86°W 3.12 km
- 水月湖 北庄三角点318から

N 63°E 1.26 km

久々子湖 葦三角点140.6から
N 82°E 1.54 km

日向湖 早瀬三角点192.8から
S 27°W 1.82 km

各試料採取地点における深度と表層水・底層水の水質(CI⁻・H₂S)の値を第2表に示した。

第2表 測点の水深、水質

Depth, Cl⁻ and H₂S contents of lake water at each observation station

St. No	はす川 St-1	三方湖 St-1	菅湖 St-1	水月湖 St-1	日向湖 St-1	久々子湖 St-1
採取深度 (m)	0.7	1.75	10.95	32.3	32.6	2.27
表層水 } Cl ⁻	850	919	3,330	3,451	9,500	910
底層水 } (mg/l)		1,120	7,560	9,140	18,350	15,600
表層水 } H ₂ S		0	0	0	0	0
底層水 } (mg/l)		0	16.9	136	5.85	0

3.2 試料の観察

湖底質の顕微鏡観察によれば

はす川：粒子はややあらく、花崗岩源とみられる石英・アルカリ長石・白雲母、古生層源とみられるチャート・泥質岩片および黒雲母。

三方湖：花崗岩源とみられる長石・白雲母およびコロイド状物質。

菅湖：やや粒子はあらく、花崗岩源とみられる長石・石英・黒雲母およびホルンフェルスの岩片。

久々子湖：花崗岩源とみられる長石・石英および白雲母(風化が進んでいるもの)。

水月湖・日向湖：細泥のため鉞物片を観察できなかった。なお水月湖のX線回析によれば石英・イライト・カオリン・白鉄鉱?ならびに非結晶質物質を認めた。

3.3 試料作成

各採取地点で採取したコアのうち、本研究に使用した試料作成部分を第3表に示した。

試料の作成は、現地で採取した試料を3重のビニール袋に入れて、地質調査所に持ち帰り、風乾し、乳鉢で粉碎(約100メッシュ)した。ただし微量成分の試料と兼用のため篩は使用しなかった。

4. 湖底質の分析結果

化学分析は筆者の“琵琶湖底質の化学組成について”(1968)と同一方法で行なった。

化学組成を第4表、第5表、第6表に示す。第4表は風乾試料を base にした値であり、第5表は第4表の水

三方五湖底質の化学組成について (大森江い)

第3表 分析試料作製部分

Position of analysed core samples for each observation station

St. No	はす川 St-1	三方湖 St-1	菅湖 St-1	水月湖 St-1	日向湖 St-1	久々子湖 St-1
採取コア全長 (cm)		140	48	112	62	85
分析試料採取部分 (cm)	0*	0~10 40~50 70~80 110~120	10~20 20~30 40~48	15~30 45~60 90~105	5~10 25~40 55~62	0~10 30~40 70~85

* surface sediments

第4表 底質の分析表 (風乾試料)

Chemical composition of bottom sediments from Mikata Five Lakes (Natural dry samples)

St. No	深度	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Total Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ig. loss (%)	Total	H ₂ O ⁻ (%)	H ₂ O ⁺ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	FeO (%)
はす川		63.68	1.34	13.33	7.53	0.12	2.24	1.29	1.37	1.95	0.21	7.32	100.38	1.33	4.55	3.66	3.48
三方湖	0~10	45.48	0.98	17.35	10.36	0.11	2.93	0.88	0.90	1.83	0.22	19.29	100.33	5.54	7.93	6.53	3.45
"	40~50	48.36	1.00	17.44	10.49	0.15	2.51	0.86	0.89	1.88	0.26	16.42	100.26	4.68	7.16	6.77	3.35
"	70~80	47.81	1.02	19.04	9.78	0.16	2.80	0.91	0.98	1.92	0.26	15.50	100.18	4.08	7.97	5.69	3.68
"	110~ 120	47.94	0.88	15.96	7.84	0.11	2.16	0.86	0.78	1.70	0.15	21.65	100.03	5.49	7.92	4.15	3.32
水月湖	15~30	45.29	0.47	10.87	7.62	0.19	1.62	0.55	1.59	1.25	0.18	29.96	99.59	8.12	4.62	3.97	3.28
"	45~60	44.18	0.40	10.33	5.70	0.16	1.32	0.52	1.21	1.25	0.41	35.00	100.48	23.95	8.14	3.89	1.63
"	90~ 105	55.00	0.47	10.86	6.84	0.25	1.52	0.46	0.89	1.26	0.50	21.60	99.65	8.33	8.42	4.11	2.46
菅湖	10~20	47.18	0.54	13.82	5.46	0.10	1.46	1.54	1.28	2.08	0.14	26.66	100.26	10.96	8.42	3.64	1.64
"	20~30	52.60	0.57	14.80	7.20	0.10	1.58	0.51	1.23	2.08	0.13	19.60	100.40	3.88	7.75	4.98	2.00
"	40~48	54.94	0.46	10.66	4.57	0.07	1.51	0.53	1.44	1.43	0.16	24.13	99.90	6.55	8.23	2.18	2.15
久々子湖	0~10	48.49	0.48	18.43	5.63	0.13	1.52	0.69	1.79	2.20	0.17	20.39	99.92	4.85	8.48	3.32	2.08
"	30~40	48.28	0.43	19.32	5.60	0.11	1.27	0.47	1.74	2.28	0.12	20.52	100.14	5.28	8.41	4.02	1.42
"	70~85	51.55	0.38	13.69	4.20	0.07	1.05	0.52	1.27	1.65	0.08	25.42	99.88	5.89	7.55	1.78	2.18
日向湖	5~10	47.42	0.84	15.61	7.18	0.18	2.27	0.76	1.83	2.05	0.15	21.42	99.71	4.56	8.14	4.71	2.22
"	25~40	49.81	0.93	14.72	7.33	0.17	2.14	0.70	1.46	1.81	0.13	20.46	99.66	5.15	7.85	5.07	2.03
"	55~62	46.36	0.74	13.01	8.54	0.23	1.83	0.76	1.42	1.60	0.30	24.76	99.55	7.02	8.95	5.83	2.44

分を除いたものを100%として計算した値である。これは“琵琶湖底質の化学組成について”の報文(1968)中の第2表,ならびに“宍道湖・中海底質の化学組成について”の報文(1969)中の第4表に示した値と同一形式のものである。三方五湖では海水が流入するため,試料中に海水が付着し,試料とともに乾燥されているおそれがある。第6表はこの影響を除くため,“宍道湖・中海

底質の化学組成について”の報文(1969)にのべた方法で補正したものである。

第7表に抽出したNa₂OおよびK₂Oの%を示す。

5. 湖底質の化学組成

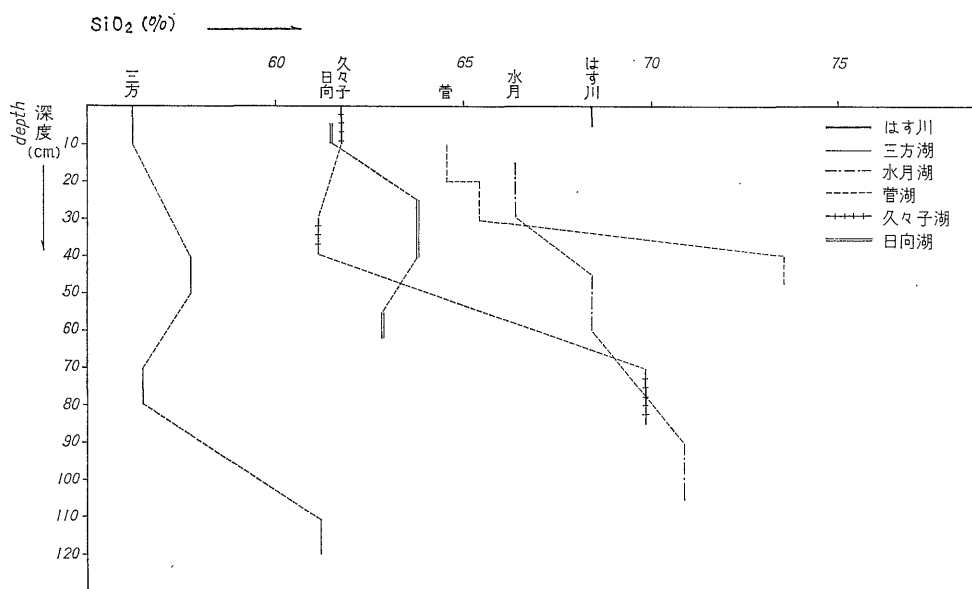
5.1 化学組成の変化

第6表の値を基として説明を行なう。

第5表 底質の分析表(乾燥試料)

Chemical composition of bottom sediments from Mikata Five Lakes (Dry samples)

St. No	深度	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Total Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	Ig.loss (%)	Total	H ₂ O ⁺ (%)	Ig.loss (H ₂ O ⁺) (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	FeO (%)
はず川		64.29	1.35	13.46	7.60	0.12	2.26	1.30	1.39	1.97	0.21	6.05	100.00	4.59	1.46	3.70	3.51
三方湖	0~10	47.98	1.03	18.30	10.93	0.12	3.09	0.93	0.95	1.93	0.23	14.51	100.00	8.37	6.14	6.89	3.64
"	40~50	50.60	1.05	18.25	10.97	0.16	2.62	0.90	0.93	1.97	0.27	12.28	100.00	7.49	4.79	7.08	3.50
"	70~80	49.75	1.06	19.81	10.18	0.17	2.91	0.95	1.02	2.00	0.27	11.88	100.00	8.29	3.59	5.92	3.83
"	110~ 120	50.71	0.93	16.88	8.29	0.12	2.28	0.91	0.83	1.80	0.16	17.09	100.00	8.38	8.72	4.39	4.05
水月湖	15~30	49.51	0.51	11.83	8.33	0.21	1.77	0.60	1.74	1.37	0.20	23.88	100.00	5.05	18.83	4.34	3.59
"	45~60	57.73	0.52	13.50	7.45	0.21	1.72	0.68	1.58	1.63	0.54	14.44	100.00	10.64	3.80	5.08	2.13
"	90~ 105	60.23	0.52	11.89	7.49	0.27	1.66	0.50	0.98	1.38	0.55	14.53	100.00	9.22	5.31	4.50	2.69
菅湖	10~20	52.83	0.60	15.48	6.11	0.11	1.64	1.73	1.43	2.33	0.16	17.58	100.00	9.43	8.15	4.08	1.84
"	20~30	54.50	0.59	15.33	7.46	0.10	1.64	0.53	1.27	2.16	0.13	16.29	100.00	8.03	8.26	5.16	2.07
"	40~48	58.85	0.49	11.42	4.90	0.08	1.62	0.57	1.54	1.53	0.17	18.83	100.00	8.82	10.01	2.34	2.30
久々子湖	0~10	51.00	0.50	19.39	5.92	0.14	1.60	0.73	1.88	2.31	0.18	16.35	100.00	8.92	7.43	3.49	2.19
"	30~40	50.90	0.45	20.37	5.90	0.12	1.34	0.49	1.83	2.40	0.13	16.07	100.00	8.87	7.20	4.24	1.50
"	70~85	54.85	0.40	14.57	4.47	0.07	1.12	0.55	1.35	1.76	0.08	20.78	100.00	8.03	12.75	1.89	2.32
日向湖	5~10	49.84	0.88	16.41	7.55	0.19	2.38	0.80	1.92	2.15	0.16	17.72	100.00	8.56	9.16	4.95	2.33
"	25~40	52.70	0.98	15.58	7.76	0.18	2.26	0.74	1.54	1.92	0.14	16.20	100.00	8.31	7.89	5.36	2.15
"	55~62	50.10	0.80	14.06	9.23	0.25	1.98	0.82	1.54	1.73	0.32	19.17	100.00	9.67	9.50	6.30	2.64



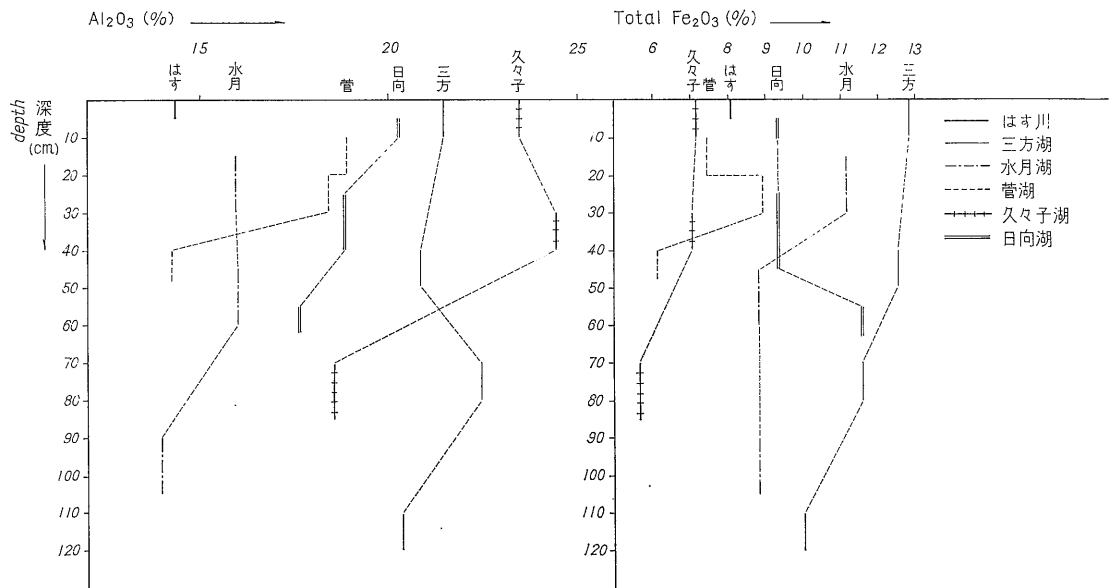
第3図a 底質の化学成分の垂直分布
Vertical distribution of chemical constituents of bottom sediments

三方五湖底質の化学組成について (大森江い)

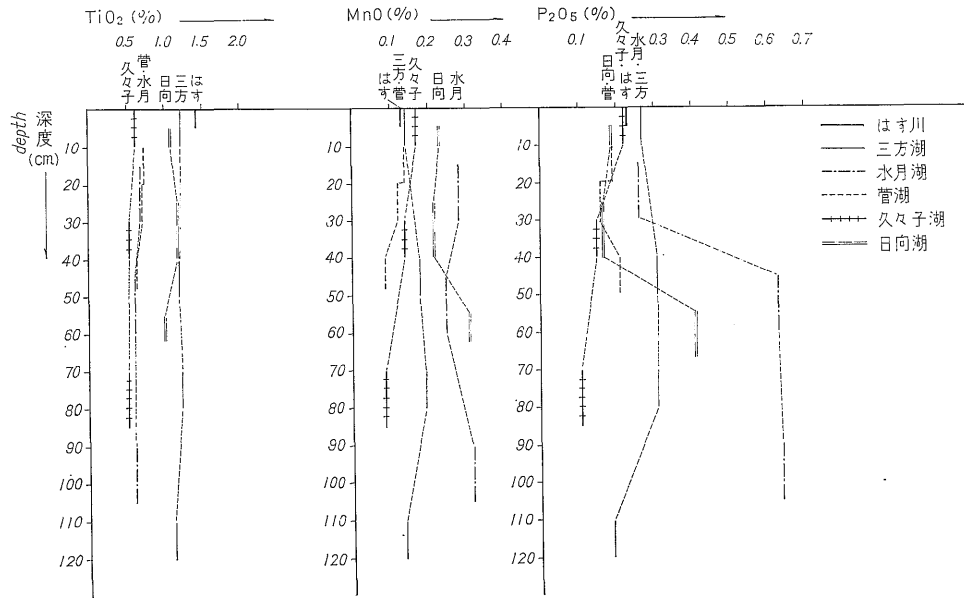
第6表 底質の分析表 (補正再計算したもの)

Recalculated chemical composition of bottom sediments

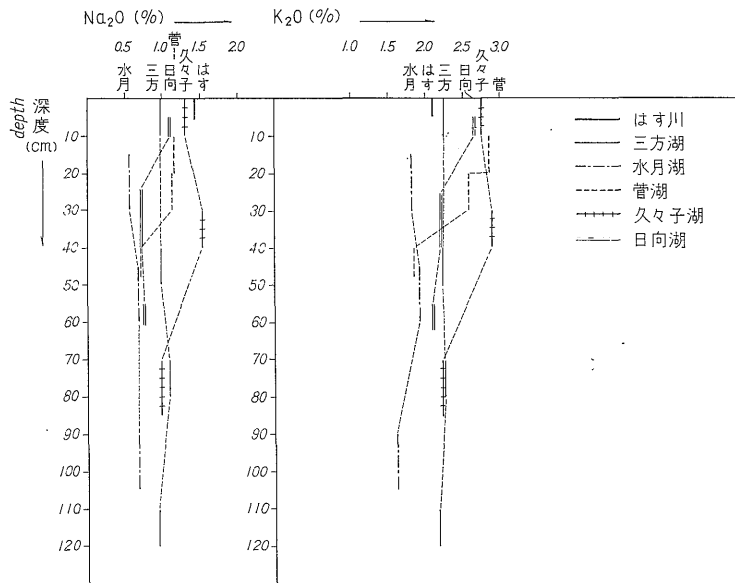
St. No	深 度	SiO ₂ (%)	TiO ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Total Fe ₂ O ₃ (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)	P ₂ O ₅ (%)	Total
はず川		68.44	1.44	14.33	8.09	0.13	2.40	1.40	1.44	2.10	0.23	100
三方湖	0~10	56.21	1.21	21.44	12.81	0.14	3.60	1.09	0.98	2.25	0.27	100
"	40~50	57.75	1.19	20.82	12.52	0.18	2.98	1.03	0.98	2.24	0.31	100
"	70~80	56.48	1.21	22.49	11.56	0.19	3.31	1.08	1.10	2.27	0.31	100
"	110~120	61.20	1.12	20.37	10.01	0.14	2.76	1.10	0.94	2.17	0.19	100
水月湖	15~30	66.38	0.69	15.93	11.17	0.28	2.08	0.81	0.57	1.83	0.26	100
"	45~60	68.40	0.62	16.00	8.83	0.25	1.84	0.81	0.68	1.94	0.63	100
"	90~105	70.87	0.61	13.99	8.81	0.32	1.88	0.59	0.68	1.61	0.64	100
菅湖	10~20	64.54	0.74	18.90	7.47	0.14	1.90	2.11	1.16	2.85	0.19	100
"	20~30	65.41	0.71	18.40	8.95	0.12	1.90	0.63	1.13	2.59	0.16	100
"	40~48	73.57	0.62	14.27	6.12	0.09	1.82	0.71	0.74	1.85	0.21	100
久々子湖	0~10	61.72	0.61	23.46	7.17	0.17	1.76	0.88	1.26	2.75	0.22	100
"	30~40	61.12	0.54	24.46	7.09	0.14	1.49	0.59	1.53	2.89	0.15	100
"	70~85	69.83	0.51	18.55	5.69	0.09	1.30	0.70	0.98	2.24	0.11	100
日向湖	5~10	61.47	1.09	20.24	9.31	0.23	2.72	0.99	1.10	2.66	0.19	100
"	25~40	63.76	1.19	18.85	9.38	0.22	2.55	0.90	0.74	2.24	0.17	100
"	55~62	62.87	1.00	17.64	11.58	0.31	2.28	1.03	0.76	2.12	0.41	100



第3図b



第3図c



第3図d

5.1.1 各成分の水平分布 (上層)

第3図は横軸に各成分の%, 縦軸に採取した試料の深度を示したものである。成分の変化はつぎのようになる。

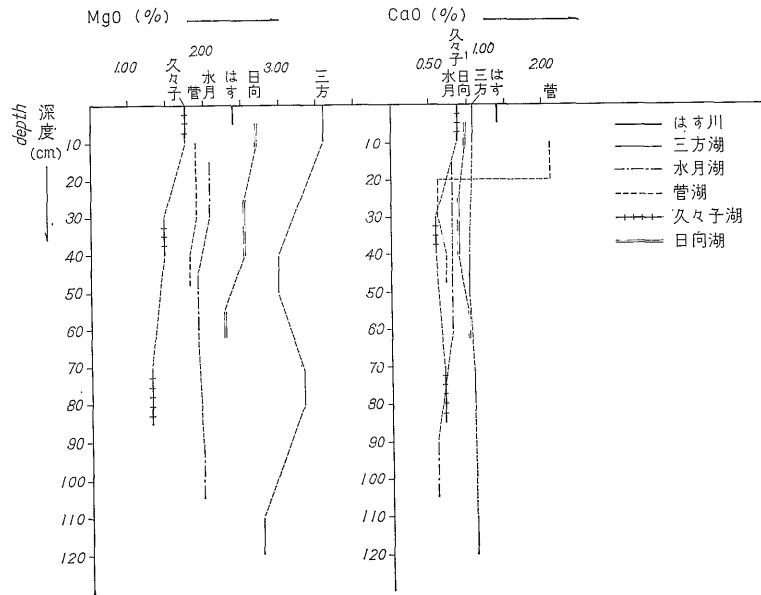
SiO₂: 三方湖・日向湖・久々子湖・菅湖・水月湖・は

ず川の順に増加する。

Al₂O₃: はず川・水月湖・菅湖・日向湖・三方湖・久々子湖の順に増加する。

Total Fe₂O₃: 久々子湖・菅湖・はず川・日向湖・水月湖・三方湖の順に増加する。

三方五湖底質の化学組成について (大森江い)



第3図c

第7表 抽出 Na と K
Extracted Na and K

St. No	コア採取部分 (cm)	Na ₂ O (%)	K ₂ O (%)
はす川		0.03	0.00
三方湖	0~10	0.11	0.01
"	40~50	0.07	0.00
"	70~80	0.05	0.00
"	110~120	0.04	0.00
水月湖	15~30	1.20	0.00
"	45~60	0.77	0.00
"	90~105	0.36	0.01
菅湖	10~20	0.43	0.00
"	20~30	0.32	0.00
"	40~48	0.89	0.05
久々子湖	0~10	0.80	0.04
"	30~40	0.53	0.00
"	70~85	0.55	0.00
日向湖	5~10	0.98	0.00
"	25~40	0.88	0.06
"	55~62	0.86	0.04

MgO: 久々子湖・菅湖・水月湖・はす川・日向湖・三方湖の順に増加する。

CaO: 水月湖・久々子湖・日向湖・三方湖・はす川・菅湖の順に増加する。

水月湖・久々子湖・日向湖・三方湖間の変化量

は少ない。

Na₂O: 水月湖・三方湖・日向湖・菅湖・久々子湖・はす川の順に増加する。

K₂O: 水月湖・はす川・三方湖・日向湖・久々子湖・菅湖の順に増加する。

TiO₂: 久々子湖・水月湖・菅湖・日向湖・三方湖・はす川の順に増加する。

MnO: はす川・菅湖・三方湖・久々子湖・日向湖・水月湖の順に増加する。

P₂O₅: 日向湖・菅湖・久々子湖・水月湖・三方湖の順に増加する。

5.1.2 各成分の垂直分布 (第3図)

上層と下層との各成分の変化は (はす川は表泥のみなのでのぞく)

SiO₂: 下層へ増加する。全測点

Al₂O₃: 下層へ減少する。全測点

Total Fe₂O₃: 下層へ増加する。日向湖

下層へ減少する。久々子湖・菅湖・水月湖・三方湖

MgO: 下層へ減少する。全測点

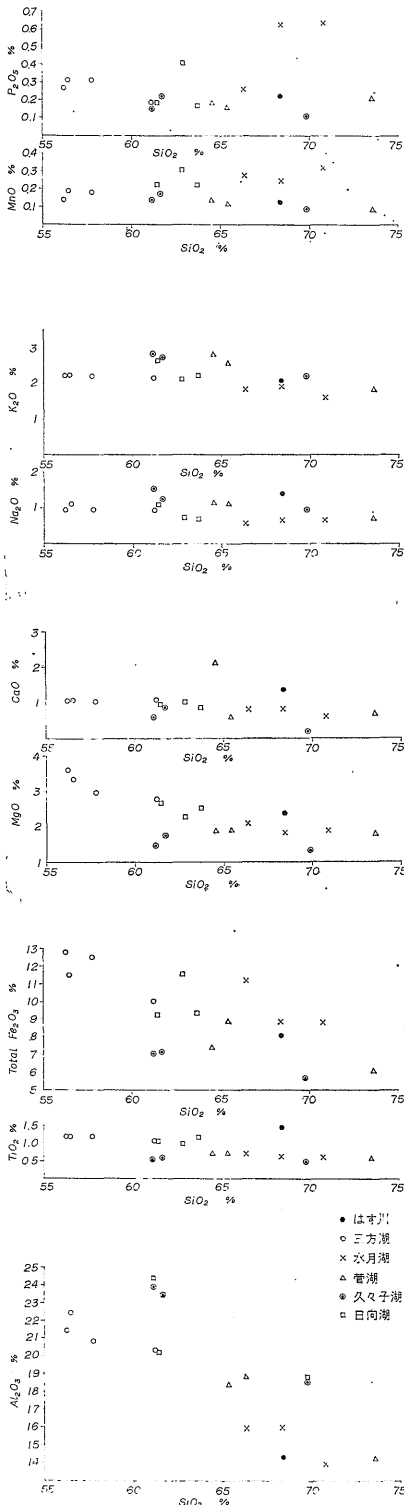
CaO: 下層へ増加する。日向湖

下層へ減少する。水月湖・久々子湖・菅湖

変化が少ない。三方湖

菅湖の変化量が多い。

Na₂O: 下層へ増加する。水月湖・三方湖



第4図 底質のSiO₂百分率と他の化学成分との関係図

Relationship between SiO₂ and other chemical components

下層へ減少する。日向湖・菅湖・久々子湖・水月湖・三方湖の変化量は少ない。

K₂O: 下層へ減少する。全測点
三方湖の変化量は少ない。

TiO₂: あまり変化しない。全測点
久々子湖・菅湖・水月湖と日向湖・三方湖の2つの群に分かれる。

MnO: 下層へ増加する。水月湖・日向湖
下層へ減少する。菅湖・久々子湖

P₂O₅: 下層へ増加する。菅湖・日向湖・水月湖
下層へ減少する。久々子湖・三方湖
日向湖・水月湖の変化量は大きい。

5.2 SiO₂量と他成分との関係

第4図は横軸にSiO₂%を示し、縦軸に各成分の%を示した。

SiO₂%の増加に対する各成分の変化は

Al₂O₃: 減少する。全測点

TiO₂: 減少する。三方湖・菅湖・水月湖・久々子湖
ばらつくもの。日向湖
変化量はきわめて少ない。

Total Fe₂O₃: 減少する。三方湖・菅湖・久々子湖・水月湖
ばらつくもの。日向湖

MgO: 減少するもの。三方湖・菅湖・久々子湖
ばらつくもの。日向湖・水月湖

CaO: 減少するもの。久々子湖・水月湖
変化のないもの。三方湖
変化量はきわめて少ない。

Na₂O: 減少するもの。日向湖・菅湖・久々子湖
変化のないもの。三方湖・水月湖

K₂O: 減少するもの。菅湖・日向湖・水月湖・久々子湖
変化のないもの。三方湖

MnO: 減少するもの。菅湖・久々子湖
ばらつくもの。三方湖・日向湖・水月湖

P₂O₅: 減少するもの。三方湖・久々子湖
増加するもの。水月湖
ばらつくもの。日向湖
水月湖の変化量は大きい。

SiO₂量と各成分との関係を4図から読取ると、SiO₂の増加につれて減少するものに、Al₂O₃・Total Fe₂O₃・MgOをあげることができる。

5.3 化学組成変化の範囲

成分変化の範囲と変化量を第8表に示す。

5.4 各測点の化学組成の比較

第8表 各成分の変化範囲と量
Variation range and percentage of chemical components

成分	変化範囲 (%)	おもなる変化範囲 (%)	変化量 (%)
SiO ₂	56~73	61~70	9
Al ₂ O ₃	13~24		11
Total Fe ₂ O ₃	5~12	7~12	5
TiO ₂	0.5~1.4	0.5~1.2	0.7
MgO	1.0~3	1.5~3	1.5
CaO	0.5~1.4	0.5~1	0.5
Na ₂ O	0.5~1.5	0.5~1.5	1.0
K ₂ O	1.6~2.8	2~3	1.0
P ₂ O ₅	0.1~0.6	0.1~0.3	0.2
MnO	0.1~0.3	0.1~0.3	0.2

各測点の平均値を比較するため、横軸に各成分を現わし、縦軸に各成分の平均%を目盛って、各測点ごとの成分を結んだものを第5図に示した。

5.5 上層と下層の比較

第6図は湖水の深度の順に各測点をならべ、上層と下層をそれぞれの成分ごとに結んだものである。

成分によっては各湖の底質の上・下層で増加するものと減少するものがある。これを成分別に分けると

P₂O₅: 下層へ向かって増加する。水月湖・日向湖

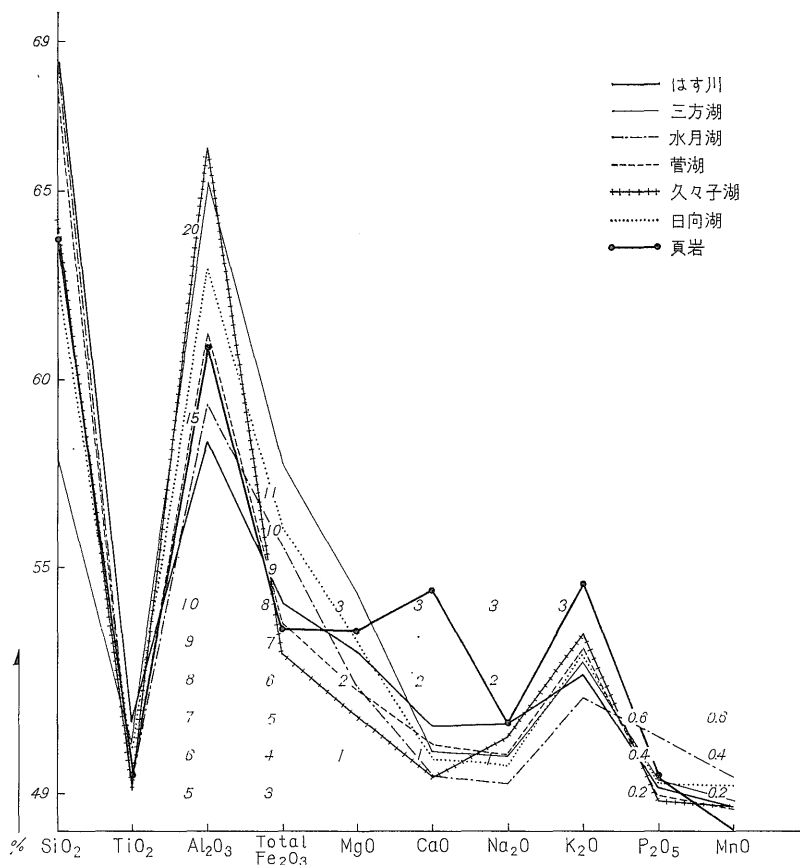
下層へ向かって減少する。三方湖・久々子湖

MnO: 下層へ向かって増加する。水月湖・日向湖

下層へ向かって減少する。久々子湖・菅湖

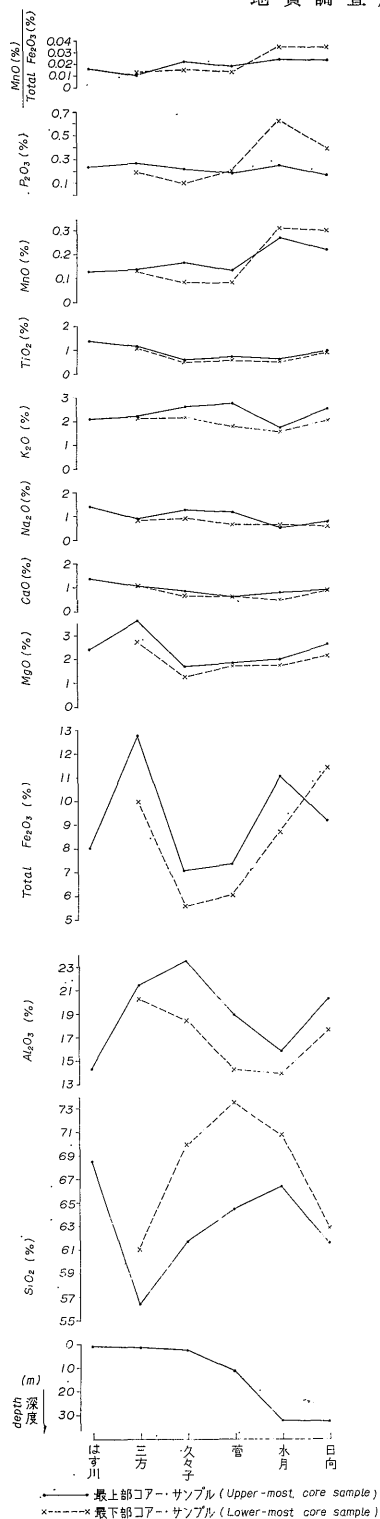
の2群に分けることができる。

Al₂O₃・CaO・Na₂O・K₂O・TiO₂が下位層では深さを増す方向に減少する。これは鉱物の分解が進んだためともいえる。



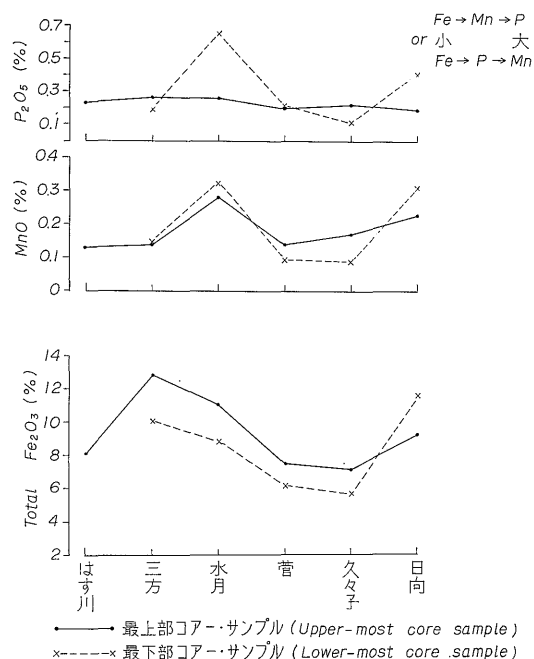
第5図 頁岩 (平均) と三方五湖底質の各成分比較図

Comparison of chemical components between the average shale and the bottom sediments. Arabic numerals showing the contents of each constituent in %



第6図 底質の化学成分比較図

Relationship between chemical compositions and sampling depth of bottom sediments



第7図 懸濁物の移動性
Mobility of suspended matter

6. Total Fe₂O₃・MnO および P₂O₅ について

第7図に各測点の Total Fe₂O₃・MnO および P₂O₅ の分布を示した。

図によると Total Fe₂O₃ は三方湖に多く、水月湖・菅湖に少なくなる。日向湖は海と連絡しているため海水の影響を考えるべきである。

MnO は三方湖に少なく、水月湖に多い。

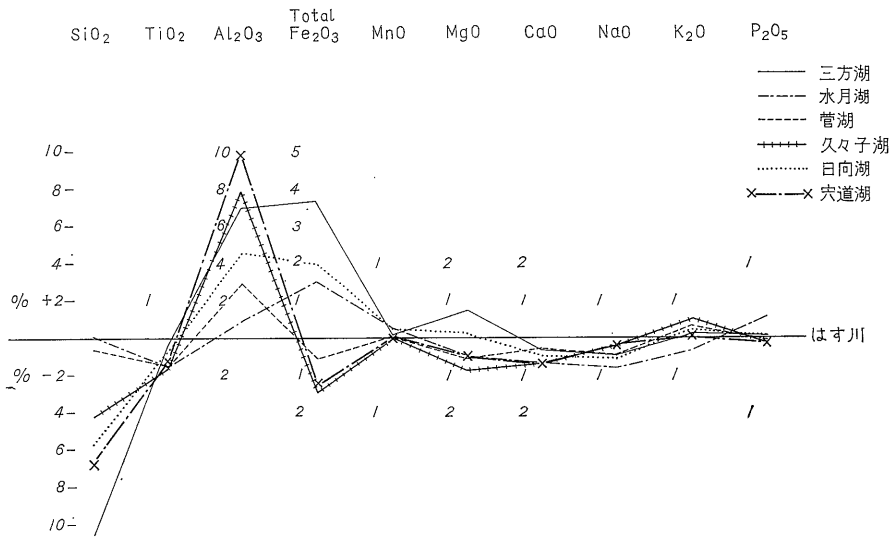
P₂O₅ は表層では変化が少ないが、下層では三方湖に少なく水月湖に多い。

下層における MnO と P₂O₅ の各湖の分布はよく類似しており、両者は行動をともにしていると考えられる。

H. M. СТРЯХОВ (1967) によると、懸濁物の移動性は Fe→Mn→P あるいは Fe→P→Mn の順に大きくなると報告されており、本調査結果でも Fe₂O₃ は三方湖に多く、水月湖に少なく、MnO は三方湖に少なく、水月湖に多いので、これらのことは Fe・Mn の移動性の相違によるものと考えられる。

堀内清司 (1969)・吉村信吉 (1942) らによれば、湖水中の磷の含有量は人間活動によって大きく左右され、富栄養湖の湖底付近での増加は、表水層で生成されたタンパク質が下層で分解されるためと言われる。山本巖は福

三方五湖底質の化学組成について (大森江い)



第8図 はす川と三方五湖底質の化学成分比較図
Deviation of the abundance of chemical components between the bottom sediment of River Hasu and other bottom sediments of Mikata Five Lakes

井県水産試験場報告(1954?)で $\text{Fe}(\text{OH})_3$ が $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ に酸化される場合あるいは FeS を形成する場合に、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ に吸着されていた磷酸を遊離するから蓄積されると推論している。

湖泥中の磷の湖水中への拡散は、安定状態にある湖ではきわめてゆっくりしていることも認められている。水月湖および日向湖が他の湖に比べて下層に $\text{MnO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ の増加がみられるのは、底層では水の流れによる攪乱が行なわれていないためであろう。底質中の Fe は、硫化水素と結合して、硫化鉄として存在しているものも多いと思われる。

7. はす川との比較

はす川の化学組成と各湖および穴道湖の平均値の差引きを第8図に示した。

はす川の試料は河口から約 200m 上流で採取した表泥で、“試料の観察”で述べたように、粒子は粗く、河水によって泥分が流されている可能性がつよく、組成に片寄りがあるといえよう。このことを考慮に入れて図を見ると、はす川の試料では流入物のふるい分けがすでに行なわれていることを示しているのではなからうか。久々子湖は穴道湖に近い傾向を示しているが、これは花崗岩質の影響が大きいといえよう。

8. まとめ

はす川・三方湖・菅湖・水月湖・日向湖・久々子湖の底質を採取し、合計17コについて分析を行なった結果、

地形上の位置および湖盆形態の違いは、日向湖・久々子湖間に見られるような硫化水素の有無を生じ、Total $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5$ の存在状態にも差を与えているものと思われる。

また一般に流域面積の広い河川による原岩の影響が大きいといわれていたが、湖辺の流域面積の小さな河川による原岩(主として花崗岩)の影響も多いことが判った。

文 献

CLARKE, F. W. & WASHINGTON, H. S. (1924): The composition of the earth's crust, U.S.G.S. Professional Paper, 127.
 福井県水産試験場 (1954?) : 昭和26・27・28年度事業報告書, 福井県
 福井県 (1955) : 福井県地質図説明書
 福井県水産試験場 (1962) : 福井県三方諸湖図
 福井県 (1965) : 三方五湖周辺温泉源調査報告書
 GOLDSCHMIDT, V.M. (1954): *Geochemistry*, Clarendon Press, Oxford.
 СТРАХОВ, Н. М. (1963) : Типы литогенеза, и их эволюция в истории земли
 平山次郎・市川輝雄・盛谷智之・水野篤行共訳(1967) : 堆積岩の生成, そのタイプと進化 1, 丸善
 堀江正治 (1956) : 本邦主要湖沼の湖盆形態, 陸水学, vol. 18, p. 24~25

- 堀内清司 (1969) : 陸水, 山本莊毅編, p. 221~245,
共立出版株式会社
- 上治寅次郎 (1928) : 福井県三方郡北西郷村日向湖
付近温泉の試掘に就いて, 地球, vol. 26,
no. 1, p. 15~23
- 川名 武 (1936) : 三方湖群の異常現象に就きて,
水産研究誌, vol. 31, no. 7, p. 395~399
- 川名 武 (1936) : 三方湖群の異常現象に就きて(第
2報), 水産研究誌, vol. 31, no. 8, p. 424
~439
- 川名 武 (1936) : 三方湖群の異常現象に就きて(第
3報), 水産研究誌, vol. 31, no. 9, p. 486
~499
- 三宅泰雄 (1957) : 地球化学, p. 180~181, 朝倉書
房
- 大森江い (1968) : 琵琶湖底質の化学組成について,
水成岩の化学組成の研究, その1, 地質調
査所月報, vol. 19, no. 2, p. 35~46
- 大森江い (1969) : 宍道湖・中海底質の化学組成に
ついて, 水成岩の化学組成の研究, その2,
地質調査所月報, vol. 20, no. 7, p. 29~
45
- 渡邊久吉 (1917) : 福井県三方湖地質及湧水調査報
文, 地質調査所報告, no. 63, p. 1~17
- 渡邊久吉 (1918) : 福井県三方湖地質及湧水調査報
文, 地学雑誌, vol. 30, no. 349, p. 20~
29
- 吉村信吉 (1942) : 湖沼学, p. 149~204, 三省堂