

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)

大森 江 い\*

**On the Chemical Composition of Bottom Sediments in Lake Biwa,  
Central Japan**

(Studies on the Chemical Composition of Sedimentary Rocks — 1st Report)

By

Ei OMORI

Abstract

As a part of the serial geochemical studies of sedimentary rocks, the writer has carried out the chemical study of recent lake sediments from Lake Biwa, the largest and typical fresh water lake in Japan. The chemical analyses have been done by the conventional chemical method and the contents of  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , Total  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  and  $\text{P}_2\text{O}_5$  were determined.

All samples of this study were collected from six stations as shown in Fig. 1. At each station, a set of samples consisting of three samples was collected from the upper, middle and lower parts of each columnar sample, about one meter in length.

The chemical compositions of bottom sediments from Station 3 are nearly equal to those of Group C of the Japanese granitic rocks, which were reported by HATTORI, NOZAWA and SAITO in 1960. Therefore, the writer suggests that the original materials of these bottom sediments at the station may be derived from the granitic rocks exposed on the western side of the lake as shown in Fig. 1.

Comparing the chemical compositions of the bottom sediments from another five stations with those of average shale given by F. W. CLARKE et al., the writer has noticed the following points.

content of $\text{Al}_2\text{O}_3$	sediments >	shale
content of $\text{MgO}$	sediments <	shale
content of $\text{CaO}$	sediments <	shale
content of $\text{TiO}_2$	nearly equal	
content of Total $\text{Fe}_2\text{O}_3$	nearly equal	

Judging from these data, the writer suggests that the difference in chemical compositions between the bottom sediments of Lake Biwa and the average shale may largely depends on the distributional difference of grain size of analyzed samples.

Concerning the vertical variation of chemical compositions of the lake sediments, the following trends have been noticed at each observation station. These trends are expressed on the direction from the surface sample to the bottom one of each core sample.

1. At Station 2, the contents of  $\text{SiO}_2$  and Total  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  increase, and the content of  $\text{Al}_2\text{O}_3$  decreases. This station is located in the area with complicated topography of the lake

\* 技術部

bottom, and this distributional trend of chemical compositions may be caused by the steep slope of the lake bottom.

2. At Stations 1 and 5, which are located at the shallower and southern part of the lake,  $\text{SiO}_2$  decreases and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  is relatively constant.

3. At Stations 4 and 6, which are located in the deeper and central-western part of the lake,  $\text{SiO}_2$  decreases and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  increases.

4. The other chemical components show no distinct variation.

It is important to compare these data with the chemical compositions of sediments from other various types of lakes in Japan. This is an introductory paper of the serial study and the writer intends to report the chemical compositions of other lakes in Japan in the near future.

## 要 旨

水成岩の化学組成の研究の一環として、本邦の淡水湖の代表と考えられる、琵琶湖の底質の化学組成 ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , Total  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) について調べた。

調査は6測点で行なわれた。そのうち、東岸の1測点 (st. 3) の底質は、供給源が花崗岩と考えられる化学組成を示した。

その他の測点における底質の化学組成は CLARKE, F. W. & WASHINGTON, H.S. (1924) および PETHIJON, F. J. (1957) が求めた頁岩の平均組成と比較して  $\text{Al}_2\text{O}_3$  が多く、 $\text{MgO}$  と  $\text{CaO}$  が少なく、 $\text{TiO}_2$  と Total  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  はほとんど同じであった。

## 1. 緒 言

近年、堆積岩の研究が進み、多くの貴重な研究発表がなされているが、現世堆積物の化学組成に関する研究発表は少ない。この報告は水成岩の研究 (化学組成による堆積環境の研究、有機物の研究、天然ガス中の微量成分の研究) の一部として、琵琶湖の湖底土の化学組成 ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$ , Total  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) について扱ったものである。

琵琶湖の総合的現地調査研究は、昭和39年8月から9月にかけて行なわれた。当所からは、地球化学課本島公司・牧真一・比留川貴・米谷宏、化学課大森江いが、東大応用微生物学研究所からは瀬戸尚典・都留信也が、さらに名古屋大学地球科学教室からは中井信之が参加した。船上では、測深・採泥・採水・水温測定・泥温測定・酸化還元電位差測定などを行なった。水質試験の一部は京都大学の天津臨湖実験所でこれを行ない、泥は当所に持ち帰り、大森江いが主成分の化学分析を担当した。

本研究の試料の採取に協力された京都大学天津臨湖実

験所の方々に厚く感謝する。

## 2. 地質・地形

琵琶湖は滋賀県にあり、東経 $136^{\circ}05'$ 、北緯 $35^{\circ}15'$ に位置し、標高85m、湖線にその周辺188km、面積674.4 $\text{km}^2$ 、最大深度104mの貧栄養湖である。

### 2.1 地 質

琵琶湖周辺の地質は第1図に示されるように、上位層から沖積層、段丘層、古琵琶湖層群、鮎河層群、綴喜層群および基盤岩類からなっている。基盤岩類、鮎河層群、綴喜層群は琵琶湖誕生前の地層である。

基盤岩類は古生層・花崗岩および石英斑岩で、盆地のまわりの山地や盆地内の孤立した山塊を構成している注1)。

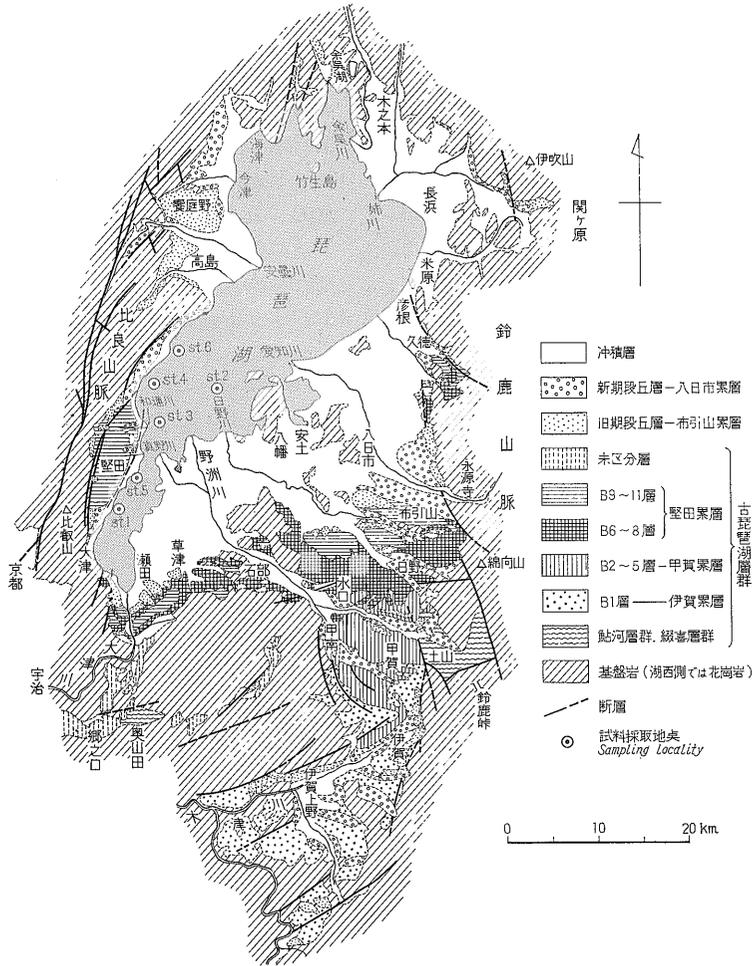
鮎河層群は湖東の土山地域の丘陵を構成している第三紀中新世の地層で、海棲貝化石を含んでおり、その層厚は1,000m内外に及んでいる。鮎河層群と同時代の海成層は、瀬田の南方の奥山田にもあって、綴喜層群とよばれ、その層厚は250m以上である。

古琵琶湖層群は湖成の砂礫・粘土からなり、層厚約500mで、多くの亜炭層をはさむ砂を主とする伊賀累層、粘土を主とする甲賀累層、砂礫を主とする堅田累層に3大別されている。この古琵琶湖層群は、多くの火山灰層を含み一般に北にゆるく傾斜している。

### 2.2 地 形

湖の西岸は背後に基盤岩からなる比良山脈をひかえて急峻である。知内川・百瀬川・石田川・鴨川および安曇川などの河川が湖に流入しているが、いずれも流域は狭く、やや大きい三角州と考えられるのは安曇川下流位で、他にみるべき三角州はない。

注1) 今回研究した琵琶湖の南半地域についてのその地質的特徴では、西に接する比良山脈を構成する花崗岩類と、野洲川、日野川の沖積層とがまざる目される。



第1図 琵琶湖周辺地域の地質図および測点位置図  
Geological map of Lake Biwa district

東岸にはやや広い沖積地から流れ込む余呉川・姉川・愛知川・日野川および野洲川があり、琵琶湖の堆積に大きな影響を与えている。湖水は三井寺付近から、2つの疎水によって京都へ流れるほかは、瀬田川によって流出し、太平洋へそそいでいる。湖面は堅田・野洲川、三角州の所でもっとも狭く、そこでは深度も浅く、ここで南湖と北湖に分けることができるが、面積、深度ともに北湖の方がはるかに大きい。

### 2.3 湖底地形

琵琶湖の湖底地形については、堀江正治 (1956), 小谷昌 (1957, 58, 59, 60), 高谷好一・西田一彦 (1946), 市原実 (1964) らによって報告されている。これらの資料から湖底地形の概要を述べると次のようになる。

湖盆形態の模式断面では湖棚→湖盆斜面→湖底平原の

順に地形が配列している。湖盆の断面の形態をみると、湖盆斜面に幅 5 km に達する顕著な階段状地形が発達し、この湖段は野洲川・日野川沖に広く発達しており、西湖岸では和邇川河口以北にもあって、500~1,000m ぐらいの幅をもっている。東岸の湖段には日野川河口から北西に引いた一直線上に顕著な急斜面があって、それを境にして、上下 2 段に分かれ、西側のものを第 1 湖段とよび、東側の沖の島を含む浅い部分を第 2 湖段とよぶ。第 3 湖段は真野川デルタと和邇川デルタとの中間、および湖南の島丸崎沖合から草津川にかけて分布し、湖北では姉川デルタと余吾川デルタとの中間に顕著な発達を見ることができる。野洲川デルタの前面の第 1 湖段は沖合に向かってゆるやかに傾いているが、深度 23m 内外のところから急斜面に移り、深度 43m の湖底平原まで一挙に落ち込

んでいる。その表面はきわめて平滑で泥に覆われている。第2湖段は深度ほぼ8~14mぐらいのところであり、ほとんど全面にわたり粗砂・粗砂混じりの礫に覆われている。しかし長命寺港の前面だけは泥で覆われている。これら湖底地形面のうち、第3湖段が沖積面に、第2湖段が新期段丘面につながるものと考えられる。しかし第1湖段・湖底平原となると、まだよくわからない点が多い。形式的に陸上の段丘面に対応させると、一応第1湖段は低位旧期段丘面に、湖底平原は高位旧期段丘面にそれぞれ対応させることができる。

3. 試料採取地点および試料作成

第1図に試料採取地点の位置を示した。

- st. 1 大宮川河口から S50°E 方向 1.6 km
- st. 2 日野川河口から N4°W 方向 4.9 km
- st. 3 和邇川河口から N77°E 方向 1.4 km
- st. 4 近江木戸三角点 (90.5) から S76°E 方向 1.6 km
- st. 5 天神川河口から S15°E 方向 1.3 km
- st. 6 近江舞子三角点 (88.3) から N68°E 方向 1.2 km

試料採取地点の深度、表層水、底層水の水質

st. No.	1	2	3	4	5	6
採取深度 (m)	4.5	43.0	31.8	52.5	4.5	57.0
表層水	7.0	7.0	7.0	6.8	6.3	6.5
底層水	6.3	7.3	6.5	6.5	7.5	6.4 (53.5m)
表層水	7.2	7.3	7.2	7.2	7.3	7.2
底層水	6.7	6.8	6.8	6.8	7.2	6.8 (53.5m)

試料の作成

現地採取の試料はビニール袋に3重に入れて、地質調査所にもちかえり、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なので篩は使用しなかった)。

試料作成部分

st. No.	1	2	3	4	5	6
採取コア 全長 (cm)	68	36	23	73	73	74
分析試料 部分 (cm)	0~15	0~13	0~15	0~5	0~5	0~6
	15~30	13~28	15~23	20~35	35~50	21~36
	30~45	28~36		35~50	65~73	60~69
	60~68			65~73		

4. 化学分析方法

試料の分析は地質調査所資料珪酸塩分析方法にしたが

って次のようにこれを行なった。

**SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO** 試料を白金ルツボに採り、炭酸アルカリ合剤で融解。

**SiO<sub>2</sub>, MgO, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** 重量法で求めた。

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** から Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MnO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> を差引いて求めた。

**TiO<sub>2</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** を重硫酸カリウムで融解後、硫酸酸性とし、過酸化水素で発色、比色法で求めた。

**Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, R<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** の上記溶液の一部から、Zimmermann-Reinhardt 氏法で過マンガン酸カリウムで滴定し、求めた。

**CaO** R<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 溶液からしゅう酸カルシウムとして沈殿させ、ろ過洗浄後、沈殿を硫酸に溶解し、過マンガン酸カリウムで滴定し求めた。

**MnO** 硫酸酸性で過沃度酸カリウムで発色させ比色法で求めた。

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** 硝酸酸性でリンバナドモリブデン酸法で発色させ、比色法で求めた。

**Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O** 炎光分光分析法により求めた。

なお以上の分析は、分析操作に移る前に、秤りとした試料をあらかじめ電熱器とガスバーナーで除熱し、さらに電気炉で600~700°Cに加熱して完全に有機物を除去した後に行なったものである。

**H<sub>2</sub>O- 灼熱減量** 試料を白金ルツボに採り、105°Cで乾燥し、減量を H<sub>2</sub>O- とし、さらにガスバーナーで除熱後、電気炉で1,000°Cで加熱した減量を灼熱減量とした。

**H<sub>2</sub>O+** ペンフィールド管で H<sub>2</sub>O± を定量し、H<sub>2</sub>O- を差引いたものを H<sub>2</sub>O+ とした。

**FeO** 試料を硫酸・弗化水素酸で分解後、硼酸を含む水中に白金ルツボごと入れ、過マンガン酸カリウムで滴定し求めた。試料中に有機物が多く、正確な FeO とは言いがたいので、参考的な意味で欄外に示した。

分析値の取り扱い方について説明する。

第1表は風乾試料を base とした各成分の百分率を表示したものであり、第2表は105~110°Cで乾燥した試料を base とした各成分の百分率を表示したものである。

この報告で化学組成について述べる場合は、すべて第2表の値を使用した。

5. 湖底質の化学組成

前記各試料の化学組成を第1表および第2表に示す。前述のように第1表は風乾試料を base にした data であり、第2表は無水試料を base にした data である。

5.1 各成分の水平分布 (表泥)

## 琵琶湖底質の化学組成について (大森 江い)

第1表 琵琶湖底質の化学成分分析表 (風乾試料)

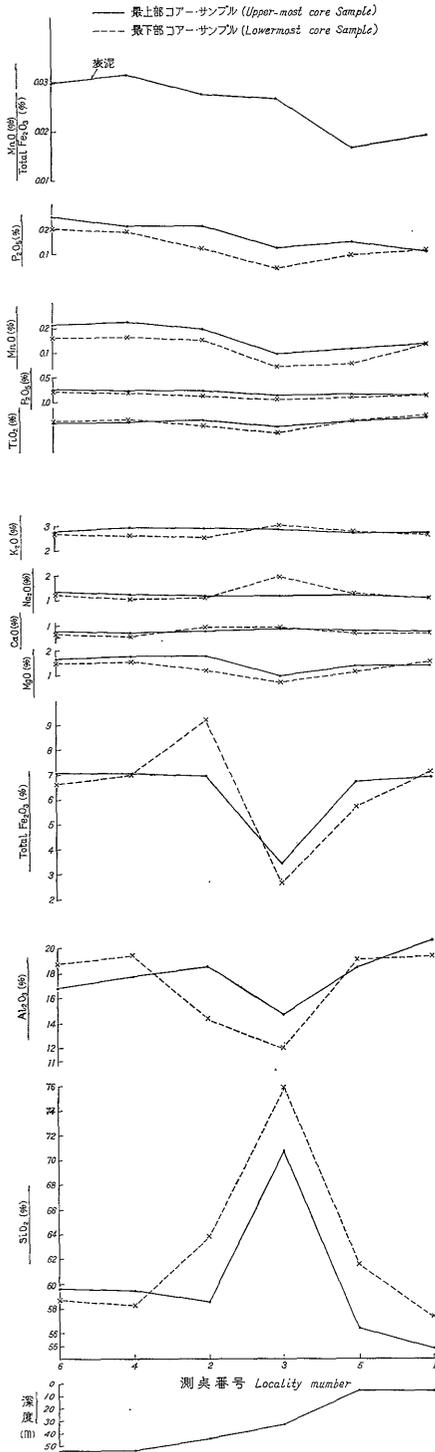
Chemical composition of bottom sediments from Lake Biwa (Natural dry samples)

st. No.	深度 (cm)	SiO <sub>2</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Total Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ig. loss (%)	Total	H <sub>2</sub> O -	H <sub>2</sub> O +	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	FeO (%)
1	0~15	53.03	0.64	20.04	6.70	0.13	1.31	0.70	0.99	2.61	0.10	14.08	100.33	3.50	7.55	4.77	1.74
"	15~30	54.19	0.67	21.04	6.38	0.10	1.29	0.62	0.99	2.60	0.09	12.32	100.29	4.18	6.38	4.72	1.49
"	30~45	55.28	0.70	20.42	6.37	0.09	1.26	0.68	1.04	2.47	0.09	12.06	100.46	3.58	7.52	4.86	1.36
"	60~68	55.58	0.70	18.82	6.89	0.12	1.48	0.68	1.01	2.55	0.11	12.53	100.47	3.56	6.55	4.60	2.06
2	0~13	56.74	0.60	18.07	6.72	0.18	1.69	0.75	1.14	2.80	0.20	11.13	100.02	3.08	1.62	4.53	1.97
"	13~28	56.63	0.61	19.37	6.33	0.13	1.44	0.68	1.06	2.72	0.12	10.84	99.93	2.80	2.73	4.77	1.40
"	28~36	61.64	0.50	13.91	8.89	0.14	1.16	0.88	1.09	2.45	0.11	9.36	100.13	3.70	1.46	7.40	1.34
3	0~15	69.44	0.47	14.42	3.35	0.09	0.91	0.81	1.17	2.79	0.12	6.04	99.61	1.45	2.04	1.44	1.72
"	15~23	75.32	0.36	11.86	2.64	0.04	0.71	0.96	1.95	3.01	0.04	2.97	99.86	0.63	1.59	1.52	1.01
4	0~5	56.97	0.56	17.05	6.74	0.21	1.67	0.66	1.18	2.78	0.20	11.88	99.90	4.21	5.23	4.59	1.93
"	20~35	56.80	0.57	19.25	6.64	0.12	1.46	0.56	1.11	2.77	0.17	10.47	99.92	2.89	5.50	4.82	1.64
"	35~50	56.41	0.60	19.60	6.51	0.15	1.46	0.50	1.35	2.71	0.14	10.66	100.09	3.18	5.89	4.69	1.64
"	65~73	56.05	0.63	18.70	6.69	0.15	1.50	0.55	1.04	2.51	0.18	12.39	100.39	4.24	5.97	4.75	1.75
5	0~5	54.01	0.56	17.73	6.41	0.11	1.28	0.74	1.12	2.56	0.13	15.42	100.07	4.35	5.88	4.19	2.00
"	35~50	56.10	0.59	19.25	6.46	0.10	1.23	0.59	1.10	2.62	0.10	11.82	99.96	2.89	6.63	4.87	1.43
"	65~73	59.89	0.60	18.65	5.57	0.05	1.12	0.64	1.24	2.71	0.09	9.62	100.18	2.90	5.60	4.23	1.21
6	0~6	57.44	0.54	16.19	6.82	0.20	1.55	0.76	1.30	2.69	0.24	12.44	100.17	3.85	5.65	4.72	1.89
"	21~36	57.56	0.55	18.18	6.63	0.17	1.49	0.63	1.28	2.83	0.19	10.52	100.03	2.81	6.11	4.76	1.68
"	60~69	57.17	0.61	18.27	6.47	0.16	1.46	0.66	1.19	2.63	0.19	11.14	99.95	2.57	6.31	4.25	2.00

第2表 琵琶湖底質の化学成分分析表 (乾燥試料)

Chemical composition of bottom sediments from Lake Biwa (Dry samples)

st. No.	深度 (cm)	SiO <sub>2</sub> (%)	TiO <sub>2</sub> (%)	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	Total Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	MnO (%)	MgO (%)	CaO (%)	Na <sub>2</sub> O (%)	K <sub>2</sub> O (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (%)	Ig. loss (%)	Total	H <sub>2</sub> O +	Ig. loss (H <sub>2</sub> O +) (%)	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	FeO (%)
1	0~15	54.77	0.66	20.70	6.92	0.13	1.35	0.72	1.02	2.70	0.10	10.93	100	7.80	3.13	4.92	1.80
"	15~30	56.38	0.70	21.89	6.64	0.10	1.34	0.65	1.03	2.71	0.09	8.47	100	6.64	1.83	4.91	1.55
"	30~45	57.06	0.72	21.08	6.58	0.09	1.30	0.70	1.08	2.55	0.09	8.75	100	7.76	0.99	5.02	1.40
"	60~68	57.35	0.72	19.42	7.11	0.13	1.53	0.70	1.04	2.63	0.11	9.26	100	6.76	2.50	4.75	2.13
2	0~13	58.53	0.62	18.64	6.93	0.19	1.74	0.77	1.18	2.89	0.21	8.30	100	1.67	6.63	4.67	2.03
"	13~28	58.30	0.63	19.94	6.52	0.14	1.48	0.70	1.09	2.80	0.12	8.28	100	2.81	5.47	4.91	1.44
"	28~36	63.92	0.52	14.42	9.22	0.15	1.20	0.91	1.13	2.54	0.12	5.87	100	1.51	4.36	7.67	1.39
3	0~15	70.74	0.48	14.69	3.41	0.09	0.93	0.83	1.19	2.84	0.12	4.68	100	2.08	2.60	1.47	1.75
"	15~23	75.90	0.36	11.95	2.66	0.04	0.72	0.97	1.97	3.03	0.04	2.36	100	1.60	0.76	1.53	1.02
4	0~5	59.54	0.58	17.82	7.04	0.22	1.74	0.69	1.23	2.91	0.21	8.02	100	5.47	2.55	4.80	2.02
"	20~35	58.54	0.59	19.84	6.84	0.12	1.51	0.57	1.14	2.86	0.18	7.81	100	5.67	2.14	4.97	1.69
"	35~50	58.21	0.62	20.22	6.72	0.16	1.51	0.51	1.39	2.80	0.14	7.72	100	6.08	1.64	4.84	1.69
"	65~73	58.29	0.65	19.45	6.96	0.16	1.56	0.57	1.08	2.61	0.19	8.48	100	6.21	2.27	4.94	1.82
5	0~5	56.42	0.59	18.52	6.70	0.11	1.34	0.77	1.17	2.67	0.14	11.57	100	6.15	5.42	4.38	2.09
"	35~50	57.79	0.61	19.83	6.66	0.10	1.27	0.61	1.13	2.70	0.10	9.20	100	6.83	2.37	5.02	1.48
"	65~73	61.56	0.62	19.17	5.73	0.05	1.15	0.66	1.27	2.79	0.09	6.91	100	5.76	1.15	4.35	1.24
6	0~6	59.63	0.56	16.81	7.08	0.21	1.61	0.79	1.35	2.79	0.25	8.92	100	5.87	3.05	4.90	1.96
"	21~36	59.21	0.57	18.70	6.82	0.17	1.53	0.65	1.32	2.91	0.19	7.93	100	6.28	1.65	4.90	1.72
"	60~69	58.71	0.63	18.76	6.64	0.16	1.50	0.68	1.22	2.70	0.20	8.80	100	6.48	2.32	4.36	2.05



第2図 琵琶湖底質の成分比較図  
Relationship between chemical compositions and sampling depths of bottom sediments

まず、各成分が湖底に沿って平面的にどのような分布をしているかを調べるために、採取地点の深度順に各成分の分析値を図示したのが第2図である。この図から全般的にいえることは

**SiO<sub>2</sub>** st. 3 が飛び離れて多い。st. 6・4・2・5・1の順に少なくなる。

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** st. 1 が多く、st. 2・5・4・6・3の順に少なくなる。

**TiO<sub>2</sub>** st. 1・2・5・4・6・3の順に少なくなる。

**Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** st. 3 が飛び離れて少ない。他の測点では余り変化がない。

**MgO** st. 2・4・6・1・5・3の順に少なくなる。

**CaO** 全体的に余り変化がない。

**Na<sub>2</sub>O** st. 6・4・3・2・5・1の順に少なくなる。しかし変化量は少ない。

**K<sub>2</sub>O** st. 4・2・3・6・1・5の順に少なくなる。しかし変化量は少ない。

**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** st. 6 が多く、st. 4・2・5・3・1の順に少なくなる。

**MnO** st. 4・6・2・1・5・3の順に少なくなる。

などであるが、とくに注目されるのはst. 3の付近で SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, MgO などの成分に、傾向上の不連続が見られることである。これについては後で述べる。なお、参考までに MnO/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の値を第2図の最上段に示したが、水深とともにその値が増加する傾向にあることもまた注目してよいであろう<sup>9)</sup>。

### 5.2 各成分の垂直分布

最上部の値を基準として、下位層の化学組成を比較すると(第3図)

**SiO<sub>2</sub>** 増加する st. 1・2・3・5

減少する st. 4・6

**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** 途中でバラツキが多い。

増加する st. 4・5・6

減少する st. 1・2・3

**TiO<sub>2</sub>** 増加する st. 1・4・5・6

減少する st. 2・3

**Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** st. 1・4・5・6 では 0~50 cm 間の変化量が少ない。

増加する st. 1・2

減少する st. 3・5・6

**MgO** 増加する st. 1

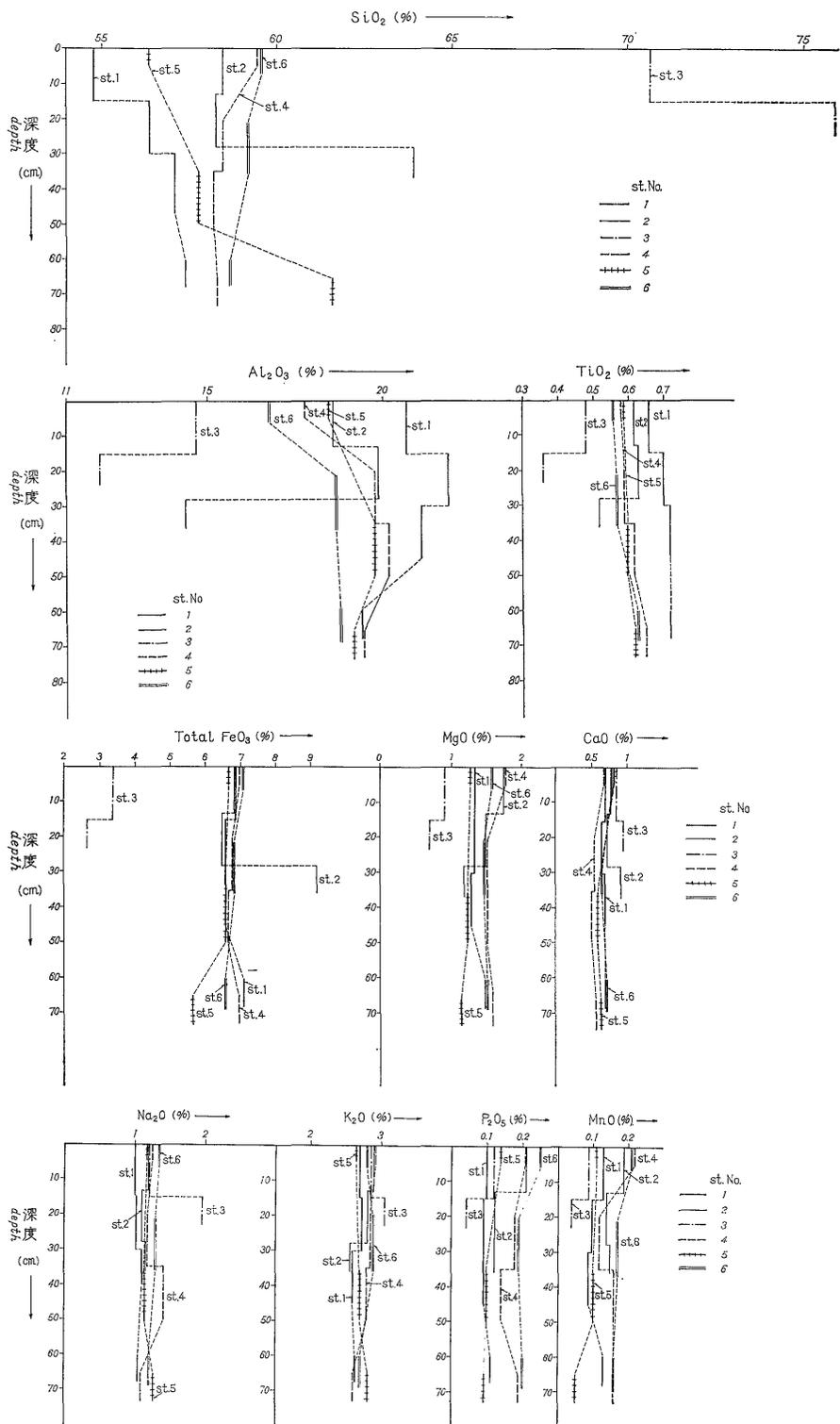
減少する st. 2・3・4・5・6

**CaO** 全体に変化量が少ない。

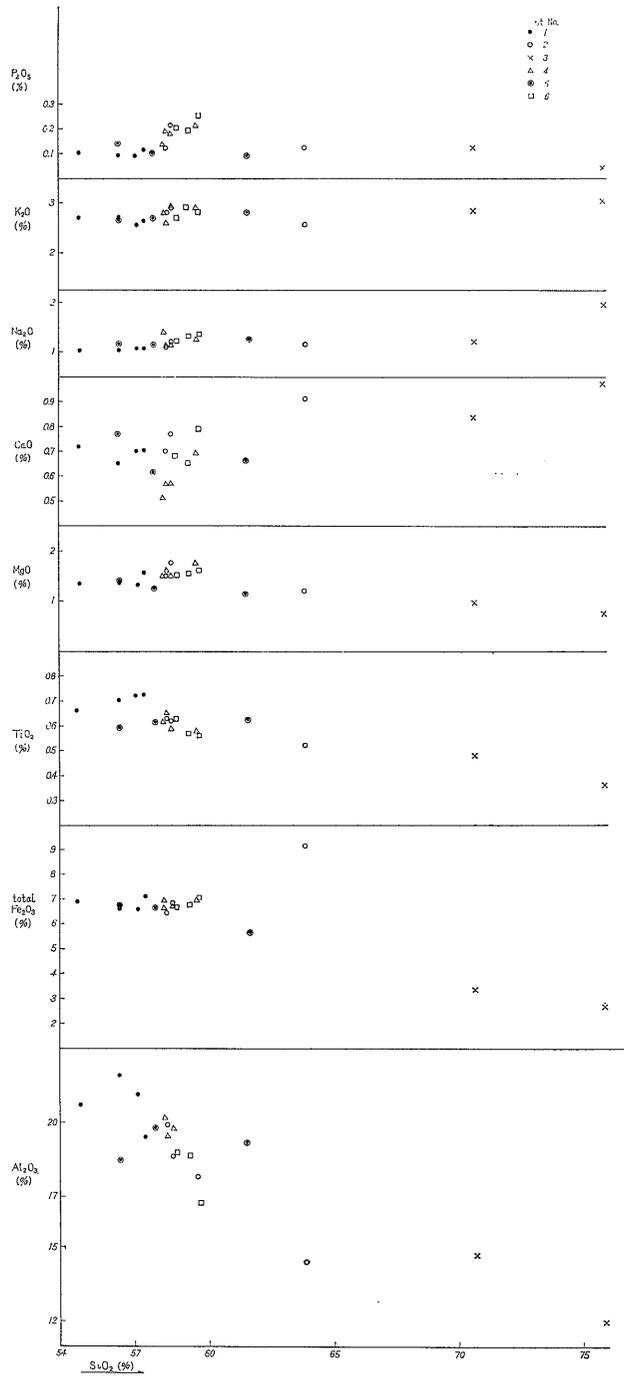
増加する st. 2・3

減少する st. 4・5・6

琵琶湖底質の化学組成について (大森 江い)



第3図 琵琶湖底質の各成分の垂直分布  
Vertical distribution of chemical constituents of bottom sediments



第 4 図 琵琶湖底質の  $SiO_2$  % と他成分との関係図  
Relationship between  $SiO_2$  and other  
chemical components

- 基準と余り変化ないもの, st. 1
- Na<sub>2</sub>O** st. 3 を除き, 変化量が少ない。  
 増加する st. 3・5  
 減少する st. 4・6  
 基準と余り変化量がないもの, st. 1・2
- K<sub>2</sub>O** 全体に変化量が少ない。  
 増加する st. 3・5  
 減少する st. 1・2・4・6
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** 減少する st. 2・3・4・5・6  
 ほとんど変化しない st. 1
- MnO** 減少する st. 2・3・4・5・6  
 ほとんど変化しない st. 1

また, SiO<sub>2</sub> と Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>O と K<sub>2</sub>O のそれぞれ 2 成分の関係からこれを整理してみると次のようになる (これらの関係は第 2 図をみると一層わかり易い)。

- SiO<sub>2</sub> が減少し, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が増加する, st. 4・6  
 SiO<sub>2</sub> が増加し, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> も増加する, st. 5  
 SiO<sub>2</sub> が増加し, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が減少する, st. 1・2・3  
 Na<sub>2</sub>O・K<sub>2</sub>O が増加する, st. 3・5  
 Na<sub>2</sub>O・K<sub>2</sub>O が減少する, st. 2・4・6  
 Na<sub>2</sub>O・K<sub>2</sub>O の変化がほとんどない, st. 1

さらにまた各測点ごとに垂直分布の傾向をまとめると次のようになる (これらの関係も第 2 図を対照すればわかり易い)。なお測点は北から st. 6, 4, 2, 3, 5, 1 の順である。

- st. 4・6 : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub> が増加, SiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は減少。  
 st. 2 : SiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, CaO が増加, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は減少。  
 st. 5 : SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O が増加, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は減少。  
 st. 3 : SiO<sub>2</sub>, CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O が増加, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> は減少。  
 st. 1 : SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO が増加, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は減少。

### 5.3 SiO<sub>2</sub> 量と他成分の関係

SiO<sub>2</sub> 量と他成分の関係を第 4 図に示した。

SiO<sub>2</sub> の量は 56~60%の間がもっとも多く, 65%を超えるのは st. 3 だけである。各測点試料ごとに SiO<sub>2</sub> 量の増加によって増減する成分, および測点番号を下記に示した。

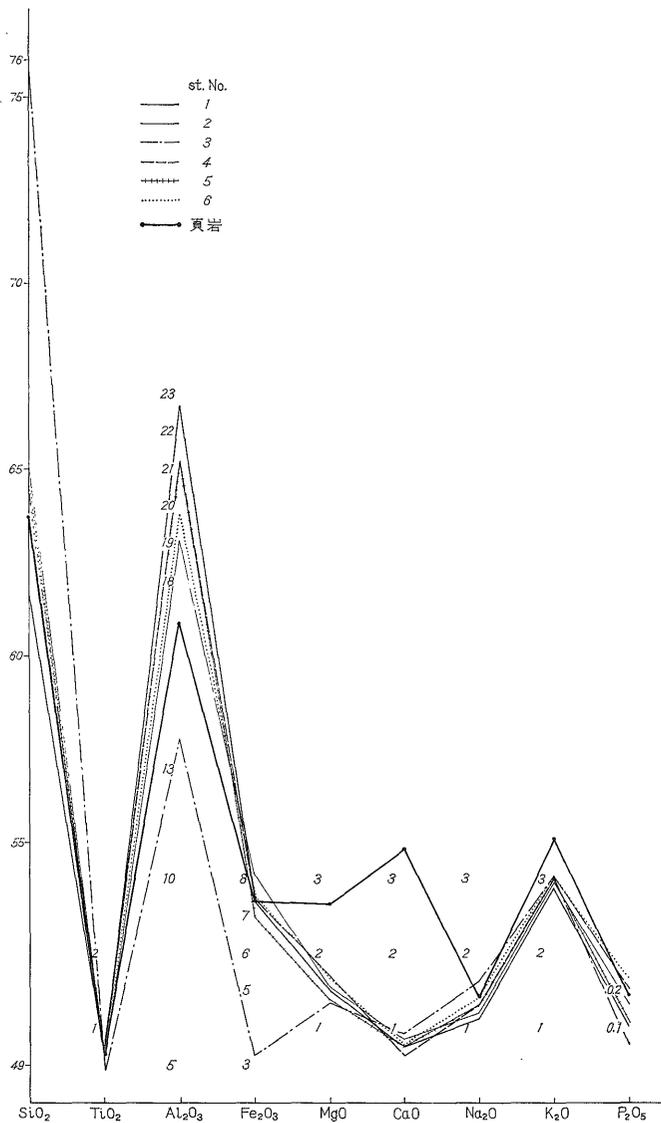
- Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** 増加 st. 5  
 減少 st. 2・3・4・6  
 バラツクもの st. 1
- TiO<sub>2</sub>** : 増加 st. 1・5

- 減少 st. 2・3・4・6
- Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** : 増加 st. 2・4・6  
 減少 st. 3・5  
 バラツクもの st. 1
- MgO** 増加 st. 4・6  
 減少 st. 2・3・5  
 バラツクもの st. 1
- CaO** 増加 st. 2・3・4  
 バラツクもの st. 1・5・6
- Na<sub>2</sub>O** st. 3 は増加しているがそれ以外は変化量が少ない。
- K<sub>2</sub>O** 変化量が少ない。
- P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** 増加 st. 4・6  
 減少 st. 3・5  
 バラツクもの st. 1・2
- SiO<sub>2</sub> 量の増加と各成分との関係 (各測点における柱状試料の個々の動きを考慮しない) を図上から読取ると巨視的に下記の傾向が見られる。
- 減少する : Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>  
 増加する : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (st. 3 を除く)  
 増減なし : MgO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O  
 一定の傾向のないもの : CaO, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>
- 成分変化の範囲を表示すると下記ようになる。
- SiO<sub>2</sub>** 54~75%, 主として 56~60%, 変化量 4%  
**Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** 14~21%, 主として 17~20%, 変化量 3%  
**TiO<sub>2</sub>** 0.3~0.7%, 主として 0.5~0.6%, 変化量 0.1%  
**Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>** 2~9%, 主として 6~7%, 変化量 1%  
**MgO** 0.5~1.5%, 主として 1~1.5%, 変化量 0.5%  
**CaO** 0.5~1%, 変化量 0.5%  
**Na<sub>2</sub>O** 1~2%, 主として 1~1.5%, 変化量 0.5%  
**K<sub>2</sub>O** 2.5~3%, 変化量 0.5%  
**P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>** 0.04~0.25%, 主として 0.1~0.2%, 変化量 0.1%

### 5.4 各測点における化学組成の比較

st. 別の各成分 (%) を比較するため, 横軸に各成分を表わし, 縦軸に各成分の % を目盛って, 各測点ごとの成分を結んだものを第 5 図に示す。

この図から st. 3 は他の測点に較べて, SiO<sub>2</sub> が多く, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO が少ないこと, および他の測点の成分はほぼ同一の傾向を示していることが理解される。



第 5 図 頁岩 (平均) と琵琶湖底質の各成分比較図  
 Comparison of chemical components between the average shale and the bottom sediments  
 数字は各成分の%目盛を示す  
 Arabic numerals showing the contents of each chemical constituent in %

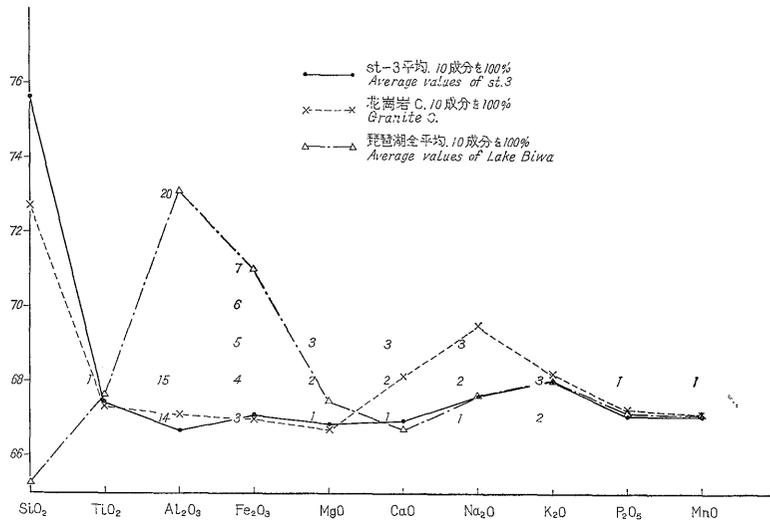
### 6. 考 察

琵琶湖は、堅田と対岸の野洲川三角州の間でもっとも狭く、かつ水深も浅くなり、この部分で北の湖と、南の湖に大きくわけられる。南湖は深度、面積ともに北湖より小さい。川那部浩哉 (1964)<sup>5)</sup> は、生物の研究から、北の部分、すなわち大きくて深い部分は貧栄養湖、南の部分、すなわち小さくて浅い部分は富栄養湖と分けている。これらのことから測点を北の部分と南の部分とに分

けて考えられる。測点の位置を、第 1 図から表水としての湖水の巨視的流れの方向、すなわち北から南へ並べると、北湖では湖西の st. 6・4・3 の順になる。

st. 2 は湖底地形から湖東のつづきであるといえる。南湖では st. 5・1 と並べられる。st. 5・1 は地形から考えて、底質は真野川・野洲川以南の川によって運ばれる、泥・砂の影響があるものと考えられる。成分の変化を巨視的にみると、北湖では浅い所から深い所にかけて、表泥および下位層のいずれも SiO<sub>2</sub>、CaO は減少し、

琵琶湖底質の化学組成について (大森 江い)



第6図 花崗岩 (Group C) と st. 3 の底質の化学成分および各底質の平均化学成分の比較図  
Diagram showing the variations of chemical components for bottom Sediments and granite  
数字は各成分の目盛%を示す  
Arabic numerals showing the contents of each chemical constituent in %

TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO は増加する。南湖では st. 5 および st. 1 は深度がほとんど同じなので流れの順にみても、SiO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O は減少し、TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MnO は増加する。

北湖の st. 3 は異常な値なので、これをのぞき、流れの方向 (st. 6・4・2・5・1) にみても、表泥と下位層との動きに差がある。表泥では SiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, CaO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO が減少し、その変化量は比較的少なく、TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> は増加の傾向にある。

st. 3 についてはさらに次のことが考えられる。

第1図から st. 3 は急峻な花崗岩地帯を流れて来る和邇川河口に近い。この st. 3 が花崗岩帯からくるものに影響されたかどうかを調べるために、服部仁ら (1960)<sup>2)</sup> による、本邦花崗岩の化学組成 (平均値を A・B・C・D・E に分類しているもののうち C) と比較したものを第6図に示した。図表に使用した値は、st. 3 の平均値と、花崗岩 C の成分、および琵琶湖各測点試料の全平均値を次のようにして示したものである。

$$\text{SiO}_2\% = \frac{\text{SiO}_2 \times 100}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Total Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{MnO}}$$

$$\text{TiO}_2\% = \frac{\text{TiO}_2 \times 100}{\text{SiO}_2 + \text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Total Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} + \text{P}_2\text{O}_5 + \text{MnO}}$$

st. 3 は琵琶湖全平均に較べて SiO<sub>2</sub> が多く、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO が少なく、その上 SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の変化量が大きい。

st. 3 と花崗岩 C を比較してみると、花崗岩 C に較べて st. 3 は SiO<sub>2</sub> がやや多く、CaO, Na<sub>2</sub>O が少ない。Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, TiO<sub>2</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, MgO, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO はほぼ等しい。

以上から st. 3 試料の化学組成は花崗岩の平均組成に近い値を示している。

7. ま と め

琵琶湖の湖底質を 6 カ所で採取し、合計 19 個について分析を行なった結果、次のようなことがわかった。

湖底質の各測点 (st. 1・2・4・5・6) の成分平均値を、このままの状態では堆積岩になったと仮定して、CLARKE, F. W. & WASHINGTON, H. S. (1924)<sup>1)</sup> および PETHIJOHN, F. J. (1957)<sup>13)</sup> による頁岩の平均値と比較すると、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が多く、MgO, CaO が少ない。

st. 3 の底質の化学組成は花崗岩質のものから、CaO, Na<sub>2</sub>O が減少し、SiO<sub>2</sub> が増加したものと考えられる。琵琶湖全平均の値は st. 3 に較べ、SiO<sub>2</sub> が少なく、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> が増加している。CaO, Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, MnO の量に余り差がない。

SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Total Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> の 3 成分の変化から、st. 3 を除いた他の測点の底質では粘土分が増加したものと考えられる。

文 献

- 1) CLARKE, F. W. and WASHINGTON, H. S. (1924):  
The composition of the earth's crust. *U.S.G.S. Professional Paper*, 127.
- 2) HATTORI, H., NOZAWA, T. and SAITO, M. (1960):  
One chemical composition of granitic rocks of Japan. *Rept. of the Internat. Geol. Cong., XXI Session, Norden*, 1960.
- 3) 堀江正治 (1956): 本邦主要湖沼の湖盆形態, 陸水学, vol. 18, p. 24~25
- 4) 市原 実 (1964): 琵琶湖の生いたち, 科学の実験, vol. 15, no. 8, p. 675~683
- 5) 川那部浩哉 (1964): 琵琶湖の現在の姿, 科学の実験, vol. 15, no 8, p. 686
- 6) KEITH, M. I. and DEGENS, E. T. (1959): *Geochemical indicator of marine and fresh-water sediments. Researches in geochemistry*, ABELSON, P. H. Ed., JOHN WILLEY, N.Y.
- 7) 小谷 昌 (1957): 琵琶湖の湖底地形 (予報), 地理調査所時報, no. 21, p. 12~16
- 8) 小谷 昌 (1958): 湖底地形と漁業 (漁業地形の予察研究), 地理調査所時報, no. 22, p. 16~21
- 9) 小谷 昌 (1959): 琵琶湖の湖成鉄と湖底地形, 地理調査所時報, no. 29, p. 1~8
- 10) 小谷 昌 (1960): 葛籠尾崎湖底遺跡の地学的考察, 地理調査所時報, no. 24, p. 8~11
- 11) PETHIJOHN, F. J. (1957): *Sedimentary Rocks*, Harper and Brothers, N.Y., 344 p.
- 12) 高谷好一・西田一彦 (1946): 琵琶湖東岸の地質と地下水の流出機構について, 地球科学, vol. 74, p. 33~38