

論文

堆積物の元素組成からみた山陰地域神西湖の環境変化

横井 絵美*・石賀 裕明*

Changes of sedimentary environments from geochemical compositions of sediments from Lake Jinzai, San'in district, Japan

Emi Yokoi* and Hiroaki Ishiga*

Abstract

Changes in the sedimentary environment of Lake Jinzai were examined using the geochemical compositions of sediments. The lake has an area of 1.35 km² and has become shallower with time. It now has a depth of about 1.5 m on average. After construction of the Sashimi River canal connecting Lake Jinzai with the Japan Sea, the lake waters have changed from fresh water to a brackish environment. The canal is a drainage system built for protection against flooding in this plain area. The lake has a varied and unique fishery, and is especially known for production of scallops (*Corbicula japonica*) that are renowned for their excellent taste. Geochemical examination of cored samples revealed historical changes of the environment. Total sulfur contents show a significant negative spike about 50 years before present. This change was related to large-scale flooding on the Izumo plains. Above this horizon, concentrations of P₂O₅ and heavy metals gradually increase upwards (e.g. P₂O₅, from 0.12 to 0.17 wt%; Zn, from 109 to 209 ppm). This change may be associated with increasing land use for agriculture. Th/Sc ratios and U concentrations show provenance change in accordance with this deterioration of the water environment. This change may have resulted from dominant inflow of local material of intermediate composition.

Key words: brackish lake, Lake Jinzai, geochemical compositions, heavy metals, San'in district

はじめに

山陰地域には中海・宍道湖をはじめとして汽水湖が存在し、豊かな魚介類を生み出す水環境として重要である(徳岡ほか, 1990)。これらの水環境の調査は多方面から行われてきて、汽水湖の特性について深く研究されている(高安ほか, 2001)。その汽水湖の1つ神西湖は出雲市西南部に位置し、周囲 5.3 km, 面積 1.35 km² の比較的小規模な湖である。最大水深は 1.8m, 平均水深は 1.5m である。北には出雲平野が広がり、西には出雲砂丘がある。北東から十間川、九景川、南側に常楽寺川、姉谷川が流入している(第1図)。流入河川の大部分は湖の南部の山地や丘陵に端を発する。流出河川は差海川のみである。これは、江戸時代に人工的に開削され、日本海と連絡し、差海川を遡って海水が神西湖に流入する。神西湖周辺一帯は奈良時代、「神戸水海」と呼ばれており、その周囲は 18.8km あったとされている。その時代からボラ、スズキ、チヌ、フナ、カキなどが採取され、周囲の人々にとっては重要な漁場であった。しかし、斐伊川や神戸川が上流域から運んでくる大量の土砂は、この「水海」を埋め立て、一方で出雲平野を拡大した。その後、水はけが悪くなった神西湖はたびたび洪水の被害をもたらし、その被害対策として差海川や十間川が開削された(高安ほか, 1995)。

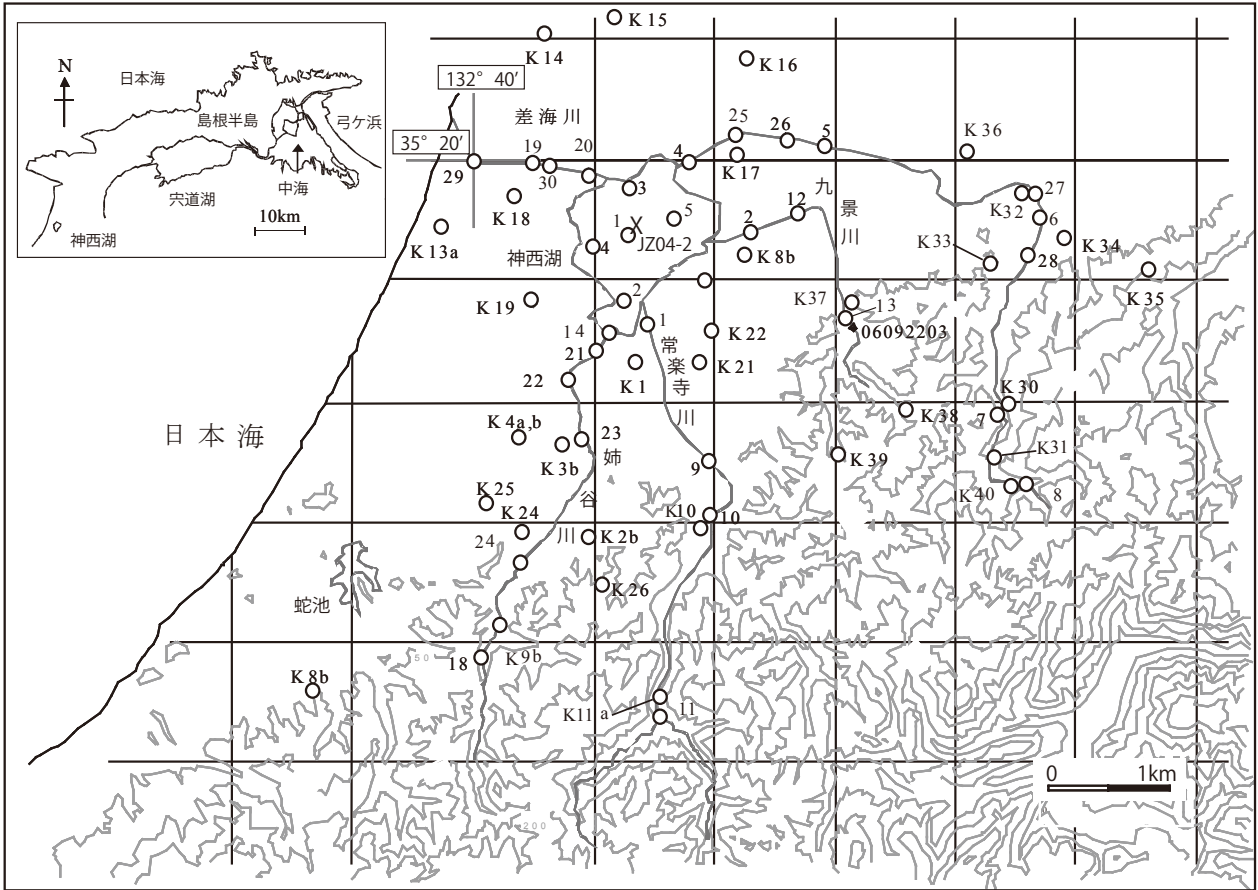
それによれば、日本海側の河川の淡水と海水の両水塊の接触混合形態は弱混合型(表層の淡水層と底層の海水層とがほとんど混合せずに明瞭な成層をなす場合)が多いとされている。差海川は強混合型(密度は水深方向には一様で、密度勾配は水平にのみ存在する場合)と緩混合型(水深方向、水平方向の両方に密度勾配が存在する場合)の二種類が観測されている。これは、差海川の水深が潮位差に比べ小さく、鉛直方向の混合作用が底まで達しやすいことによる。しかし、神西湖の湖内は海水と淡水が上下に混合せずに塩分躍層が存在する。水深が浅いため、大雨が降ると河川流量が増え躍層が消滅することもあり、湖内はほぼ淡水に近い状態となる(高安ほか, 1995)。

神西湖周辺の地質は沖積層から成り、日本海側は第四紀の砂丘・段丘堆積物が分布する。神西湖南側には第三紀の大森層、布志名層、斐川層・神西層が分布する。神西湖の歴史的な環境変遷を明らかにするために 2004 年 9 月にマッケラスコアンプラーにより 3 本の柱状試料が採取された(山田・高安, 2005)。本論ではこのうちの湖心のコアについての元素組成分析の結果を報告する。

水質測定

神西湖での水質測定は 2006 年 10 月 13 日に行った。水深は平均 1.5 m であるため 0.5 m ごとの水深における水質測定を行った。測定器は HORIBA U-22 を用いた。水質測定点は

*島根大学総合理工学部地球資源環境学科
Department of Geosciences, Shimane University
Email: ishiga@riko.shimane-u.ac.jp



第1図 神西湖の位置および堆積物試料(底質、流入河川堆積物)採取地点を示す。神西湖周辺の土壌試料採取地点についてはK-30からK-40は今回採取した地点。それ以外の地点は石賀ほか(2000)の一部を引用している。

第1表 神西湖における水質測定結果。地点は第1図に同じ。

地点	水深(m)	T(°C)	pH	cond(S/m)	turb	DO(mg/L)	sal	TDS	ORP(mV)
1	0.0	22.8	7.3	2.57	21.0	12.3	1.6	16	109
	0.5	23.0	8.3	2.73	14.6	10.1	1.7	17	95
	1.0	23.4	8.1	3.51	13.9	9.6	1.8	19	95
	1.5	22.7	8.1	4.44	18.1	9.0	2.9	27	96
2	0.0	22.0	8.0	2.30	46.9	13.4	1.4	14	71
	0.5	22.1	8.3	2.32	44.1	11.3	1.4	14	68
	1.0	22.8	8.2	3.33	49.2	9.7	1.5	15	65
3	0.0	23.5	8.0	3.31	51.8	10.2	2.1	20	71
	0.5	23.6	8.1	3.31	33.9	9.8	2.1	20	66
	1.0	23.6	8.2	3.31	24.4	9.7	2.1	20	65
	1.5	22.6	8.1	4.53	19.6	9.1	3.0	28	67
4	0.0	23.2	8.1	2.84	35.1	10.6	1.8	18	71
	0.5	23.3	8.3	2.85	28.8	10.7	1.8	18	67
	1.0	23.3	8.4	2.88	26.9	10.7	1.8	18	65
5	0.0	23.4	8.1	3.45	22.0	9.9	2.2	21	75
	0.5	23.5	8.3	3.69	21.7	9.9	2.3	22	71
	1.0	23.4	8.3	4.02	21.9	9.6	2.6	25	73
	1.5	22.9	8.3	4.50	24.7	9.0	3.0	28	73

第1図の地点番号(1から5)に相当する。測定結果は第1表に示す。

地点1において、平均水温(T)は23.0°C、平均pHは8.0、平均濁度(turb)は16.9 mg/Lである。電気伝導度(cond)は水深が深くなるにつれ2.6 S/mから4.4 S/m、salは1.6%から2.9%、全溶存固形物質(TDS)は16.0 g/Lから27.0 g/L、溶存酸素(DO)は水深が深くなるにつれ12.3 mg/Lから9.0

mg/L、酸化還元電位(ORP)は109 mVから95 mVに減少する。

地点2において、平均水温は22.3°C、平均pHは8.2、平均turbは46.7 mg/Lである。condは水深が深くなるにつれ2.3 S/mから3.3 S/m、salは1.4%から1.5%、TDSは14.0 g/Lから15.0 g/Lに変化する。DOは水深が深くなるにつれ13.4 mg/Lから9.7 mg/L、ORPは71 mVから65 mVに減少する。

地点3において、平均水温は23.3°C、平均pHは8.1、平均turbは32.4 mg/Lである。condは水深が深くなるにつれ3.3 S/mから4.5 S/m、salは2.1%から3.0%に変化する。DOは水深が深くなるにつれ10.2 mg/Lから9.1 mg/L、ORPは71 mVから65 mVに減少する。

地点4において、平均水温は23.3°C、平均pHは8.3、平均turbは30.3 mg/L、平均salは1.8%、平均TDSは18.0 g/L、condは水深が深くなるにつれ2.8 S/mから2.9 S/m、DOは10.6 mg/Lから10.7 mg/Lに増加する。ORPは水深が深くなるにつれ71 mVから65 mVに減少する。

地点5において、平均水温は23.3°C、平均pHは8.3、平均turbは22.6 mg/Lである。condは水深が深くなるにつれ3.5 S/mから4.5 S/m、salは2.2%から3.0%、TDSは21.0 g/Lから28.0 g/Lに変化する。DOは9.0~9.0 mg/Lである。ORPは70 mV以上でありあまり変化しない。

第2表 神西湖の底質のpH, ORP (酸化還元電位) 測定値.
ORPは著しいマイナス値で、底質が還元状態にあることを示す。

地点	pH	ORP (mV)
1	7.5	-100
2	7.2	-169
3	7.1	-200
4	7.4	-195
5	7.4	-218

第3表 神西湖周辺の河川の底質のpH, ORP (酸化還元電位) 測定値. ORPは著しいマイナス値を示すものが多く、底質が還元状態にあることを示す。

地点	pH	ORP (mV)
1	7.2	-98
2	6.9	-190
4	6.8	-160
5	7	-217
7	6.8	-200
29	7.5	-64
30	7.5	107

第4表 神西湖の底質、周辺河川(上流、下流)の堆積物の元素組成。

sample	主元素(wt%)				微量元素(ppm)																		
	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	V	Th	Sc	Sr	Y	Nb	Zr	TS	Br	I	Cl		
神西湖底質																							
No. 1	0.69	10.49	1.33	0.22	15	25	215	42	10	42	166	5	20	141	19	6	135	11699	77		30428		
No. 2	0.73	11.10	1.30	0.16	18	25	215	44	8	43	177	5	21	136	19	6	130	15198	60		21886		
No. 3	0.63	8.69	1.33	0.19	14	24	208	40	8	30	134	4	17	155	18	6	135	11192	99		48378		
No. 4	0.68	10.43	1.34	0.19	17	25	214	45	8	38	165	6	20	141	19	6	124	13631	84		35782		
No. 5	0.64	9.29	1.48	0.15	16	23	201	39	6	34	150	6	17	165	18	6	135	13960	64	2	30113		
神西湖周辺河川 上流																							
7	0.77	10.36	1.74	0.10	20	17	105	18	4	18	211	2	24	142	12	4	121				534		
8	0.84	11.48	2.57	0.10	11	13	134	20	0	16	210	4	29	191	13	3	107				360		
10	0.66	9.28	3.01	0.10	15	13	82	14	0	18	201	3	24	214	13	3	114				361		
11A	0.67	8.53	2.73	0.10	12	14	85	18	6	31	177	2	21	221	12	3	114				392		
11B	0.74	9.64	2.88	0.10	12	14	96	19	4	28	199	2	25	216	13	3	125				429		
24	0.62	6.60	1.44	0.08	24	16	69	11	6	36	163	3	22	140	15	3	122	412			3	8	
27	0.61	7.65	1.76	0.14	13	17	137	18	5	38	169	3	19	165	16	5	134	653			4	7	
28	0.74	11.25	1.67	0.09	21	17	109	20	2	22	223	2	30	139	12	4	127	449			4		
神西湖周辺河川 下流																							
1	0.78	9.26	1.87	0.19	15	17	105	20	3	33	213	3	20	215	14	4	126				1565		
2	0.57	7.16	1.52	0.37	10	22	151	26	17	51	130	5	13	201	18	6	161				3159		
4	0.54	7.10	2.18	0.64	10	22	132	26	6	23	109	4	12	320	17	6	149				2329		
5	0.68	9.19	1.61	0.33	15	26	156	28	8	35	172	6	19	197	20	7	174				1559		
14	0.60	7.74	2.00	0.28	21	16	87	17	6	39	147	3	15	175	15	5	122				15	10	
21	0.33	4.41	1.31	0.10	16	14	49	9	5	36	83	1	11	130	14	3	98	611			4	20	
22	0.47	5.72	1.54	0.13	18	15	75	13	7	40	121	3	15	151	15	4	119	665			3	16	
25	0.18	3.12	2.78	0.19	6	15	66	9	3	23	29	3	7	579	11	4	57	386			3	21	
26	0.28	3.75	1.79	0.11	8	17	54	9	4	18	51	4	11	288	15	4	96	455			2	14	
29	0.19	1.21	1.03	0.09	7	13	27	3	2	15	5	2	1	90	11	5	83	792			11	33	2244
30	0.19	1.31	1.16	0.11	6	13	23	3	2	31	3	2	3	96	10	3	59	807			7	45	2544

底質の特徴

神西湖の底質は各地点いずれも泥質堆積物であり、表層に数mmの茶褐色の酸化層が見られる。底質採取日は2006年10月13日である。酸化層の下位については、底質のpHは7.1~7.5であり、ORPは-218~-100 mVの範囲にありいずれも還元状態にある(第2表)。

差海川の底質は細粒から中粒の砂質堆積物である。底質は2006年10月13日に採取した(第1図、地点19, 20, 29, 30)。底質のpHは地点29, 30いずれも7.5である。ORPは地点29において-64 mVで弱還元状態、地点30において107 mVで酸化状態であった(第3表)。

差海川以外の各河川の底質はいずれも泥質堆積物であり、表層には数mmの茶褐色の酸化層が見られた。地点14ではシジミが捕集された。河川の底質採取日は2005年5月12日(地点1, 2)、5月26日(地点3, 4)、10月27日(地点5)である。底質のpHは6.8~7.2であり、ORPは-217~-98

mVの還元状態にある。これらの河川及び神西湖底質の試料、周辺地域の土壌試料の採取地点を第1図に示す。

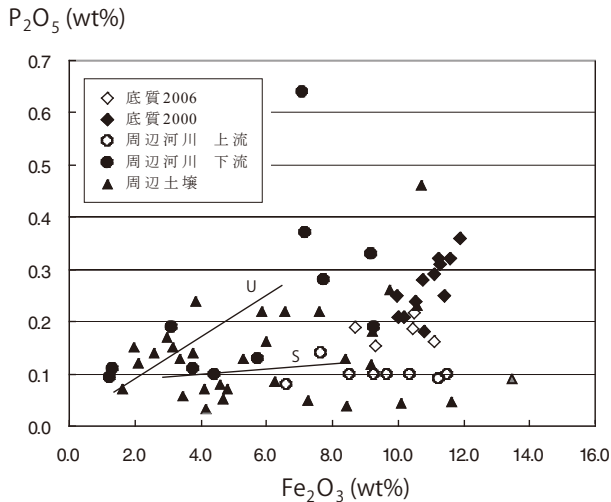
元素組成分析

1. 分析方法

試料は160℃で2日間以上乾燥させ自動メノウ乳鉢を用い粉砕した。主元素組成(Fe₂O₃*全鉄, TiO₂, CaO, P₂O₅ [wt%]), 全硫黄TS [wt%]) および微量元素(As, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr, V, U, Th, Sc, Sr, Y, Nb, Zr, Br, I [ppm]) は、粉砕した試料を粉末プレス法(小笠原, 1987)により、蛍光X線分析装置(リガク RIX2000)を用いて測定した。

2. 分析結果

元素組成の分析結果は第4表に示す。水環境の富栄養化の影響を評価するために、リンの挙動を用いた判別図を使用した。堆積物の粒度組成による含有量の変化を考察するために



第2図 神西湖の底質、流入河川堆積物、周辺土壌試料についての P_2O_5 - Fe_2O_3 判別図. 石賀ほか (2003) による都市河川の堆積物の組成線 (U) および平均的な堆積物の組成線 (S) を合わせて示す. 神西湖底質試料は両者ともに高い領域にプロットされる.

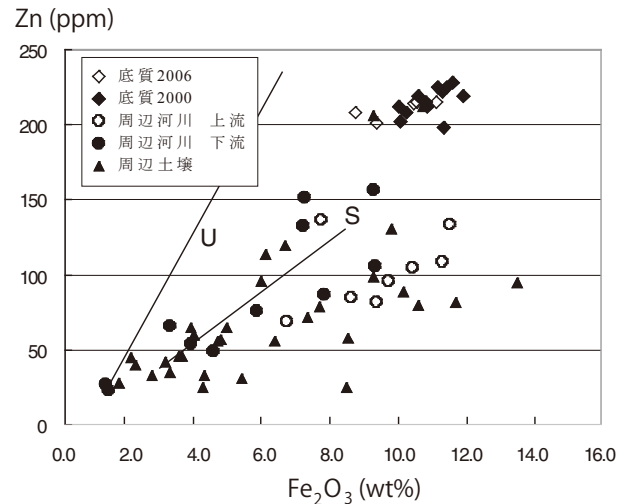
鉄との相関を用いて P_2O_5 - Fe_2O_3 判別図を作成した (第2図). この図には 2000 年に採取した神西湖の底質の試料, 今回の河川堆積物, 周辺土壌試料のデータ (石賀ほか, 2000) を合わせて示している. また, 石賀ほか (2003) に基づき, 一般的な堆積物の組成線 (S), 都市の河川堆積物の組成線 (U) を示す. 神西湖底質の試料は鉄の含有量が 10 wt% 以上で, リン濃度も 0.2 wt% 以上と高い. 周辺河川の上流の試料では組成線 S の延長もしくはその近くにプロットされる. 下流域の試料では組成線 U の延長部にプロットされるものもある. 周辺土壌の試料は広い範囲に分散する.

Zn - Fe_2O_3 判別図は都市環境の発達や水環境への重金属の汚濁等を判定する上で重要である (石賀ほか, 2003). 神西湖の底質試料はプロットした試料の中では最も鉄, 亜鉛ともに高い領域にプロットされる. これは組成線 S のやや鉄に富む部分の延長部に位置する. 周辺河川の上流域の試料の方が下流域のものよりも亜鉛について濃度は低くなっている. 下流域の試料は土壌試料等のいくつかは組成線 S よりもやや亜鉛に富み, この組成の延長部に底質試料がプロットされている.

柱状試料における元素組成の垂直変化

柱状試料 (JZ04-2) は 2004 年神西湖湖心付近 (第1図 X 地点) で採取された. 堆積物の特徴として深度 126-124, 46-36, 32-26 および 24-22 cm は細砂層からなり, その多くは上方細粒化を示す. これ以外の試料は主に灰〜暗灰色粘土層で構成されており, ところどころラミナや貝化石, 生痕が顕著なバイオターベーション, また 90 cm 以深では黄鉄鉱粒が認められる. 分析値を第5表に示す. TS (ppm), P_2O_5 (wt%), Zn (ppm), U (ppm), Th/Sc 比の垂直変化を第4図に示す.

堆積環境を評価する指標として, TS が有効である. これ



第3図 神西湖の底質、流入河川堆積物、周辺土壌試料についての Zn - Fe_2O_3 判別図. 石賀ほか (2003) による都市河川の堆積物の組成線 (U) および平均的な堆積物の組成線 (S) を合わせて示す. 神西湖底質試料は両者ともに最も高い領域にプロットされる.

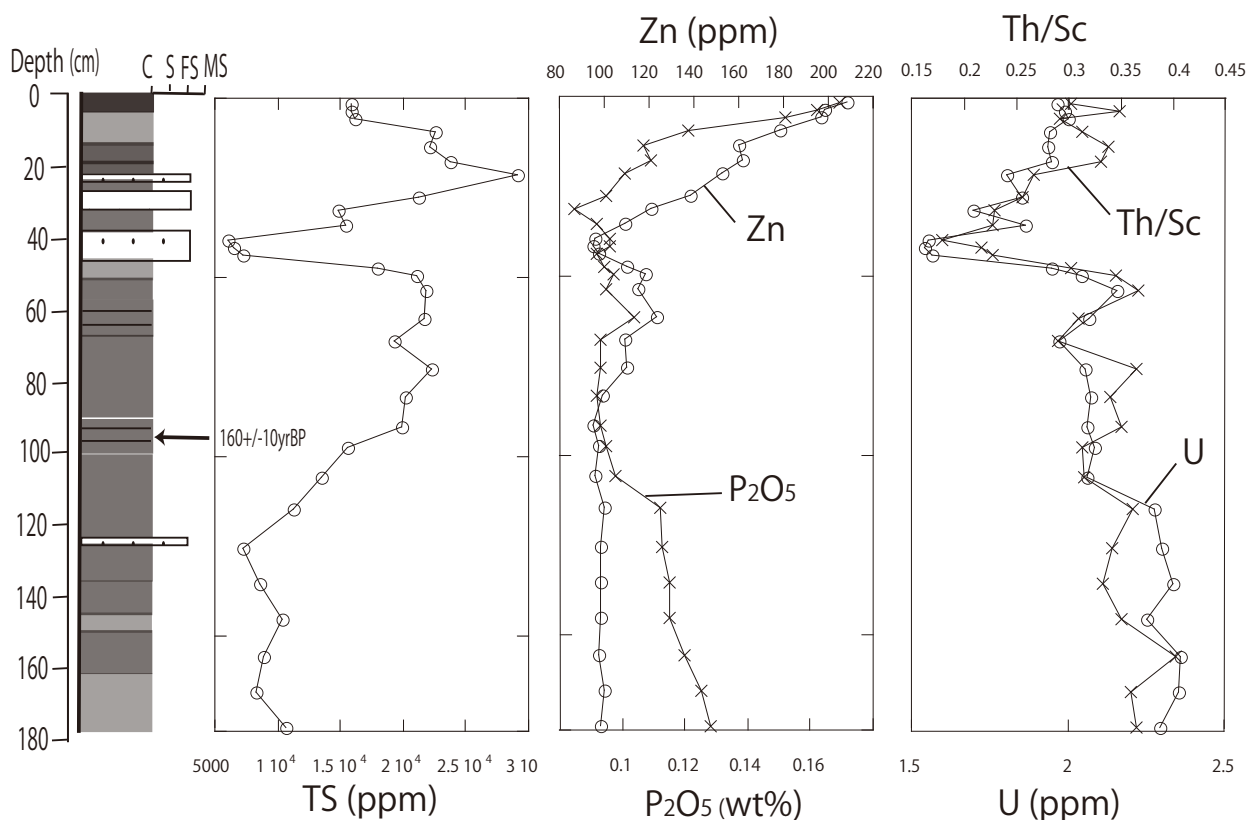
は有機物の分解によって硫酸還元反応が進行して海水中の硫酸イオンが硫化物として堆積物中に保存されるためである. 柱状試料の 125 cm 以深では 10000 ppm 前後であるが, 115 cm の層準から増加しする (20000 ppm). この層準から 47 cm 付近まではおおよそ一定であるが, しかし, 40 cm 前後で急激に減少する (6000 ppm). そして 17 cm の層準まで増加して 20000 ppm を上回る. また, これより上位で現在の濃度 15000 ppm へ減少する.

亜鉛は上位に向けて明らかな増加傾向を示す. 深度 40 cm までは 100 ppm 前後であったが 35 cm からは次第に増加して現在の 209 ppm となっている. リンは 91 cm まで減少して (0.09 wt%), やや変化するものの, 亜鉛とほぼ 27 cm から増加して現在の値 (0.17 wt%) となっている. Th/Sc 比と U は同調した変化を示し, 49 cm まで緩やかに減少して, 41 cm で最も低くなる. この層準から上位では次第に増加する.

考 察

1. 柱状試料から見た神西湖の堆積環境の変化

神西湖での柱状試料は, JZ04-2 の他に湖心より北側と南側の計 3 本採取されており放射性炭素年代測定がなされている (山田・高安, 2005). それらの測定値は北側のコアの深度 109 cm (190 ± 40 yrBP) および 374 cm (420 ± 40 yrBP) 地点, 南側のコアの 95 cm (160 ± 40 yrBP) である. 測定結果を用いて堆積速度の平均を求めると, 0.57 ± 0.1 cm/yr と計算される. イオウ含有量が急激に減少した深度 39-44 cm の間の年代は, 約 1927-1936 年となる. また, 深度 98-125 cm の間で「淡水環境」から「汽水環境」に変化したと考察されている (山田・高安, 2005). しかし, これ以下の層準でのイオウの含有量も 7000 ppm を超えており, 海水の流入を受ける環境であったと考えられる. 深度 114 cm から含有量が 10000 ppm を超えるのは汽水環境でもより強い還元環境となったことを示



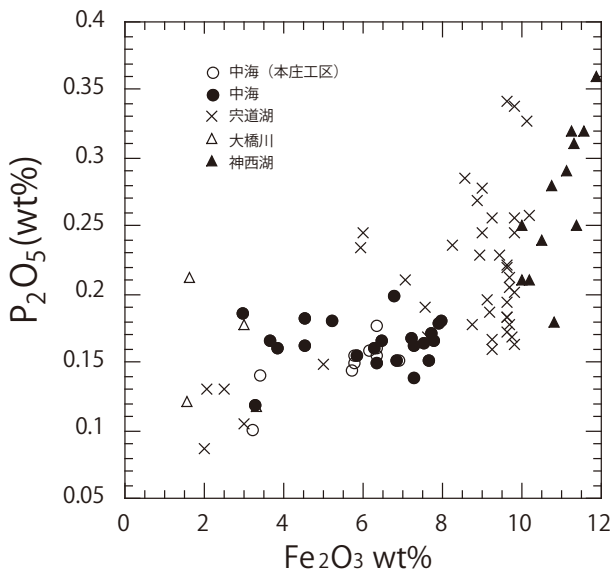
第4図 神西湖湖心柱状試料 (JZ04-2, 山田・高安, 2005) の岩相, TS, P₂O₅, Zn, Th/Sc 比, U の垂直変化を示す図。深度 40 cm 前後で TS が著しく減少する。この層準から垂鉛, リンが増加する。水循環の停滞や周辺環境からの汚濁水の流入が増加したと判断される。また、河川を通して流入する後背地の地質に由来する Th/Sc 比, U 含有量もこの層準から明瞭な変化を示す。

第5表 神西湖の湖心の柱状試料 (JZ04-2, 山田・高安, 2005) の元素組成。Cl は検出されていない。

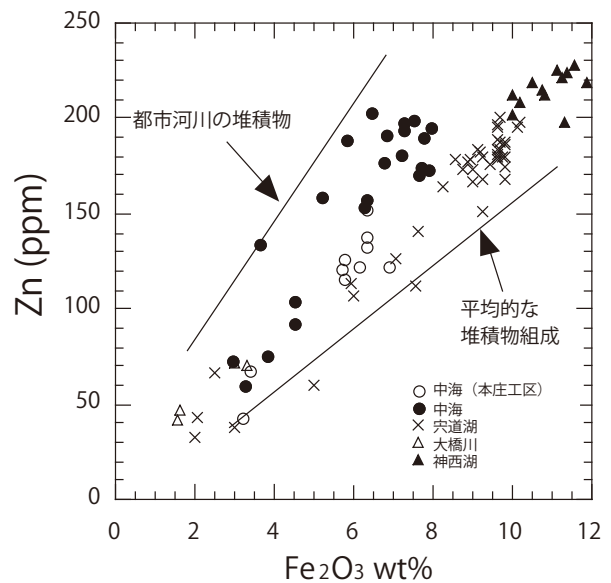
composite cm	sample no.	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	P ₂ O ₅	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	V	U	Th	Sc	Sr	Y	Nb	Zr	TS	Br	I
1--2	1.5	0.92	10.2	1.25	0.17	15	36	209	51	10	38	167	2.0	5.8	19	138	19	7	130	15807	116	38
3--4	3.5	0.88	10.18	1.25	0.16	14	26	199	55	7	42	161	2.0	6.4	18	139	20	6	129	15914	117	40
5--6	5.5	0.92	9.98	1.27	0.15	14	26	197	54	9	37	159	2.0	5.2	18	142	20	7	131	16173	111	44
9--10	9.5	0.95	10.01	1.21	0.12	16	25	179	49	7	36	169	1.9	5.6	18	132	19	7	130	22571	99	40
13--14	13.5	0.98	9.84	1.14	0.11	15	24	160	43	9	34	169	1.9	6.9	20	128	20	6	133	22151	100	37
17--18	17.5	0.94	9.66	1.13	0.11	16	23	161	46	10	33	160	1.9	6.3	19	131	20	6	136	23809	114	32
21--22	21.5	0.99	10.31	1.33	0.10	14	22	153	40	9	32	185	1.8	5.9	22	131	20	6	128	29077	109	30
27--28	27.5	1.04	9.71	1.30	0.10	17	21	138	37	7	34	192	1.8	6.0	23	126	20	6	136	21230	106	29
31--32	31.5	1.14	9.99	1.28	0.09	13	19	121	32	7	28	208	1.7	6.2	27	120	19	6	139	14857	86	28
35--36	35.5	1.13	9.99	0.96	0.09	21	19	109	32	10	32	213	1.9	5.8	26	86	20	7	142	15351	94	35
39--40	39.5	1.38	9.54	0.87	0.10	14	17	96	30	11	31	235	1.6	5.3	30	77	19	7	169	6036	62	26
41--42	41.5	1.40	9.47	0.90	0.10	13	17	95	27	11	33	240	1.5	6.5	30	82	19	7	169	6451	57	30
43--44	43.5	1.38	9.27	0.92	0.09	13	17	97	26	10	28	231	1.6	6.7	30	86	19	7	166	7245	59	31
47--48	47.5	1.09	9.72	1.00	0.09	18	20	110	31	9	35	190	1.9	6.5	22	102	20	7	136	17991	92	33
49--50	49.5	1.05	9.74	1.00	0.10	17	24	118	43	12	33	183	2.0	7.7	22	103	22	7	129	21137	109	32
53--54	53.5	1.01	9.62	0.92	0.10	15	23	115	30	12	37	179	2.2	8.0	22	98	23	8	124	21775	117	35
61--62	61.5	1.00	9.89	0.97	0.10	16	23	124	36	12	34	180	2.1	6.6	21	105	22	7	124	21740	121	40
67--68	67.5	1.08	9.61	1.01	0.09	20	21	109	31	11	37	200	2.0	7.3	25	106	21	7	137	19310	98	34
75--76	75.5	1.01	9.87	0.97	0.09	17	21	110	32	11	34	176	2.1	7.2	20	104	22	7	127	22231	108	30
83--84	83.5	1.00	9.52	0.96	0.09	16	20	99	32	10	32	181	2.1	7.9	23	106	22	7	126	20131	113	32
91--92	91.5	1.05	10.14	0.90	0.09	17	20	95	32	12	37	190	2.1	7.8	22	94	23	7	127	19948	107	34
97--98	97.5	1.09	10.01	0.91	0.10	15	18	98	29	10	35	195	2.1	7.4	24	94	23	7	135	15570	97	27
105--106	105.5	1.12	10.45	0.93	0.10	18	19	96	31	10	36	205	2.1	7.8	25	93	24	7	135	13486	89	35
114--115	114.5	1.06	10.12	0.98	0.11	15	20	100	31	12	35	203	2.3	8.3	23	100	26	8	135	11255	80	32
125--126	125.5	1.15	10.11	0.90	0.11	13	20	99	31	13	36	206	2.3	8.6	25	91	27	9	137	7264	79	31
135--136	135.5	1.14	9.96	0.89	0.12	17	20	99	30	14	38	202	2.3	8.6	26	90	28	9	136	8609	74	27
145--146	145.5	1.14	10.43	0.88	0.12	18	18	98	30	12	38	209	2.3	9.1	26	89	26	8	134	10295	74	30
155--156	155.5	1.11	10.28	0.91	0.12	15	20	97	31	13	37	207	2.4	9.3	23	91	27	8	133	8879	77	29
165--166	165.5	1.08	10.30	0.90	0.13	17	19	100	31	13	36	194	2.4	9.4	26	92	28	9	132	8247	71	30
175--176	175.5	1.09	10.71	0.90	0.13	17	19	99	30	15	41	206	2.3	9.2	25	92	27	8	133	10697	78	31

第6表 神西湖の周辺の土壌試料の元素組成. K-30 から K-40 は今回採取し, 分析したもの. Cl は検出されていない.

sample	主元素 (wt%)					微量元素 (ppm)																
	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	P ₂ O ₅	As	Pb	Zn	Cu	Ni	Cr	V	Sr	Y	Nb	Zr	Th	Sc	TS	Br	I	
K-30	0.70	9.19	0.19	1.44	0.12	22	27	98	22	9	31	215	138	26	6	133	6	25	847	12	9	
K-31	0.90	11.65	0.17	2.03	0.05	6	14	81	22	1	25	285	212	14	4	140	4	32	364	7		
K-32	0.51	6.25	0.02	1.18	0.08	15	20	56	13	9	49	116	168	19	7	198	7	11	2118	1	6	
K-33	0.38	4.17	0.01	0.88	0.03	12	15	33	6	4	23	77	114	17	4	130	5	12	286	2	15	
K-34	0.55	6.00	0.11	1.82	0.16	12	29	113	22	8	36	136	144	18	5	164	4	16	682	5	12	
K-35	0.84	8.43	0.02	0.58	0.04	22	16	57	18	15	68	201	35	18	12	241	12	15	616	4	13	
K-36	0.52	3.47	0.01	0.81	0.06	10	19	46	10	14	55	78	132	21	9	238	9	9	372	4	22	
K-37	0.90	10.56	0.25	4.45	0.23	3	13	80	43	112	195	249	280	17	7	100	2	29	1320	15		
K-38	0.71	10.12	0.09	1.04	0.05	11	14	88	6	8	48	245	137	20	4	98	4	29	346	4	2	
K-39	0.35	4.67	0.12	1.48	0.05	7	15	57	13	9	26	107	218	19	3	97	3	14	413	3	22	
K-40	0.80	9.21	0.18	4.23	0.18	10	19	207	19		22	211	265	14	4	102	2	27	1671	4		



第5図 山陰地域の汽水湖と神西湖の堆積物の組成を P₂O₅-Fe₂O₃ 判別図に示す. 神西湖の試料は両者ともに高い領域にプロットされる. 組成線は第2図と同じ.



第6図 山陰地域の汽水湖と神西湖の堆積物の組成を Zn-Fe₂O₃ 判別図に示す. 神西湖の試料は両者ともに高い領域にプロットされる. 組成線は第3図と同じ.

す.

深度 41 cm の層準から亜鉛, リンが増加したことは水循環の停滞や周辺環境からの汚濁水の流入が増加したと判断される. また, 河川を通して流入する後背地の地質に由来する Th/Sc 比, U 含有量もこの層準から明瞭な変化を示すので, 1930 年頃より神西湖の環境は変化してきたことを示す. 歴史的な記録では洪水が発生したのは 1943 年の台風による神戸川の決壊, 1964 年の豪雨による未曾有の大洪水が記録されている (高安ほか, 1995). 放射年代とは多少の年代差があるが, 供給される物質の変化から推定すると, 1964 年の大洪水による山地からの中性岩石の卓越が可能性としては高いように思われる.

2. 他の汽水湖との比較

島根県東部には中海, 宍道湖といった汽水湖が存在する. それらの底質についても最近, 元素組成のデータがそろって来ているので, 合わせて比較研究を行う. リンと鉄の相関図 (第5図) では神西湖の試料について他の汽水湖の試料に比較して最も高い領域にプロットされる. リン濃度では宍道湖の高い領域の試料と対比される. これは斐伊川からの栄養塩

の供給により宍道湖でのリンの消費 (底質へのリンの付加) が影響している可能性がある. また, 神西湖では湖盆が小さいために汚濁物質の流入付加が堆積物として蓄積していることを示す.

Zn-Fe₂O₃ 図に中海, 中海本庄工区, 宍道湖, 大橋川, 神西湖の底質の組成をプロットした (第6図, Fe₂O₃ は全鉄を示す). ここには平均的な堆積物組成線と都市河川 (博多, 広島, 岡山など) の堆積物組成線を合わせて示している. 宍道湖と神西湖, 本庄工区の試料で Zn-Fe₂O₃ に良い相関がみられることが分かる. このうち神西湖の試料で両者ともに最も高い領域にプロットされる. 中海の試料の多くがこのトレンドのより上位にプロットされ亜鉛の付加が認められる. 中海の本庄工区の試料が中海の試料に比較して亜鉛が低くなっているのは, 現在塩水の侵入がなく水塊の循環が良いことによると判断される. このように汽水湖の環境評価には底質の元素組成の検討が有効である.

ま と め

1. 堆積物の元素組成から神西湖の底質の特性を検討した.

この結果、水深が 1.5 m と低いにも関わらず、底質が還元
的でイオウ濃度が 15000 ppm と高い。

2. 湖心での柱状試料を用いた元素組成分析では深度 39~44
cm で著しくイオウ濃度が減少し、この変化ともに Th/Sc
比と U 濃度が減少する。これは周辺地域での洪水の発生に
より、淡水化が進むとともに、後背地からの碎削物の供給
が変化したことを示す。
3. また、この層準から亜鉛やリン濃度が増加するが、周辺
地域の土地利用の変化を示唆する。
4. 山陰地域の汽水湖と比較するとリン濃度や亜鉛濃度は高
い領域にあり、汚濁物質の流入付加量が多いことを示す。

謝 辞

山陰建設工業株式会社小村洋司社長には神西湖の調査につ
いてご理解と援助いただき、同社藤田直樹氏には調査に際し
協力いただいた。山田和芳（前、島根大学汽水域研究センター
研究員）には試料の採取および試料についての情報を提供い
ただいた。研究に際し、島根大学プロジェクト研究推進機構
重点プロジェクト（汽水域の自然・環境再生研究拠点形成プ
ロジェクト、平成 17~19 年度）の経費を使用した。関係当

局に感謝する。

引 用 文 献

- 石賀裕明・道前香緒里・アーメッドファルキ・ハワビビ・海田学、
2003, Zn-Fe₂O₃ 判別図から堆積環境を評価する。島根大学地球資
源環境学研究報告, **22**, 15-20.
- 石賀裕明・三原章人・三瓶良和, 2000, 島根県湖陵町蛇池の環境地質。
島根大学地球資源環境学研究報告, **19**, 47-55.
- 小笠原正継, 1987, Rh 管球を用いた蛍光 X 線分析による岩石中の微
量元素成分の定量。地質調査所月報, **38**, 57-68.
- 三瓶良和, 徳田涼平, 石賀裕明, 増永二之, 2008, 中海・宍道湖の
“ヘドロ”分布の特徴とその炭化水素資源としての利用法, 汽水域
国際シンポジウム 2008, 湿地の再生と管理 - 各国の事例と重要な
科学的知見 -, Program and Abstract, 167, 島根大学汽水域研究セン
ター。
- 高安克己・瀬戸浩二・三瓶良和, 1995, 神西湖の自然 - 小さな汽水湖・
大きな恵み -, 神西湖の自然編集委員会編, 1-21. たたら書房。
- 高安克己編・『汽水域の科学』講師グループ著, たたら書房, 2001,
汽水域の科学 - 中海・宍道湖を例として -, 1-47.
- 徳岡隆夫, 大西郁夫, 高安克己, 三梨昂, 1990, 中海・宍道湖の地
史と環境変化, 地質学論集, **30**, 15-30.
- 山田和芳・高安克己, 2005, 島根県東部, 神西湖に認められる洪水
イベント堆積物と歴史記録との対応関係について。日本堆積学会
2005 年例会講演要旨集, 75-77.

