粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定

—関西国際空港ボーリング・コアの場合—

佐藤 万寿美*・横山 卓雄**

Analysis of paleo-environment based on electric conductivity of the STICS-water
— On two drilled cores at Osaka Bay, Japan —

Masumi Sato* and Takuo Yokoyama**

Abstract This is the second report on the electric conductivity of the STICS-water (Yokoyama & Sato, 1987). Clayey sediments of the Senshuu-oki Group, which is a part of the Osaka Group, typical lower Pleistocene sediment in Japan were stirred in water (STICS-water) and their electric conductivity and pH values were measured.

High electric conductivity zones well coincide with the horizon from which marine diatom and micro fossils occur. The sedimentary environment, whether marine or non-marine, can be determined by the amount of anions in the clayey sediments.

The objective of this work is to clarify glacial eustacy and paleo-environment in Osaka Bay, by determining the amount of anion in the STICS-water.

The results of this work are as follows ;

(1) In the STICS-water from two drilled cores at the bottom of Osaka Bay, marine clay shows 1.3-3.0 mS/cm in electric conductivity, blackish clay 0.4-1.2, and fresh clay shows 0.3-0.6 mS/cm.

(2) In the Holocene sediment, the electric conductivity of the STICS-water is rather high, 3.2-6.4 mS/cm.

(3) In the Kujukima Formation except Holocene, the high conductivity values were recognized in 9 horizons ; that is , in the Pe, No, Ts, Tg, Ha, Hk, Qc, Me, La, marine horizons.

(4) In the Sennan-oki Formation, 4 horizons of high conductivity values were recognized ; Ma3, Ma2, Ma1.5. and Ma1 marine horizons.

(5) Some of the high conductivity zones, for instance, Ak, La, Ma4, and so on, have two peaks of high conductivity.

(6) Ma3 marine clay bed has three high conductivity peaks.

(7) Judging from the comparison with the results of this work and previous knowledge on the Osaka Group, the marine horizons reaches 18-20 in number in Osaka Bay since 1 Ma., though it is believed that the marine horizons are 12 number at the Osaka area in previous work.

Key words : electric conductivity of the STICS-water, sea level change, paleo-environment, Osaka Group

1989年8月16日受付. 1992年4月17日受理.

* 市立伊丹高等学校, Municipal Itami Highschool, Hyogo Prefecture, Japan.

** 同志社大学地学研究室, Department of Earth Sciences, Doshisha University, Kyoto 602, Japan.

はじめに

粘土混濁水は、未固結の粘土サンプルを十分に酸化して内部に含まれている硫黄分を酸化イオウまたは硫酸塩としたのち、水に分散させた混濁水で、混濁水には可溶性の塩類が溶出していると考えられる。

粘土混濁水の中に含まれる総塩量は、使用したサンプルが風化などによって堆積後に変化していなければ、自然状態の粘土層は水の導通性が極めて低いので、堆積時の海水中に含まれていて堆積過程で粘土内に取り込まれた塩類の含有量と何らかの相関があるはずである。粘土混濁水の中に含まれている強電解質の量は電気伝導度を測定することによって測ることができる。したがって、粘土混濁水の電気伝導度測定値は堆積時の海水の塩類含有量と相関することが予想される。

横山・佐藤(1987)は、大阪層群の Ma 4～Ma 6について、千里山丘陵で得られたボーリング・サンプルを用いて、粘土混濁水の電気伝導度と pH を測定した。その結果をみると、粘土混濁水の電気伝導度測定値は、同一サンプルの海成珪藻含有率とよい相関を示している。この結果から横山・佐藤(1987)は、粘土混濁水の電気伝導度測定値が 0.4 mS/cm 以下であれば淡水成、0.4～1.2 mS/cm であれば汽水成、1.3 mS/cm 以上であれば海成の堆積環境と判定している。さらに粘土混濁水中の硫酸イオンと電気伝導度測定値は比例し、粘土混濁水の電気伝導度をになっている強電解質は硫酸イオンであることを確かめている。

pH については、電気伝導度測定値の高いものほど pH の値が小さいという結果を得ている。電気伝導度測定値が 2 mS/cm を越える値を示すサンプルの pH は、3 程度の値で強酸性であった。

その後、Yokoyama & Koizumi(1989)は、インドネシアのジャワ原人産出層であるプッチャガン層の粘土サンプルの粘土混濁水の電気伝導度を、横山・佐藤(1987)と同じ方法で測定し、電気伝導度測定値と海成珪藻の含有率はよく相関するが、pH は大阪層群の結果とは異なり、ほぼ中性で値の変化のとばしいことを報告し、電気伝導度測定値によっては海成、非海成を判別することができるが、pH だけでは判定できないことを確かめた。

今回、上記のように 2 つの報文で海成珪藻の含有率とよい相関を示すことが確かめられている粘土混濁水の電気伝導度を、大阪湾底で採取されたボーリング・サンプルで測定し、横山・佐藤(1987)の基準によってボーリング・コアの“海成層準”を判別したところ、これらと中世古ほか(1984)の微化石総合調査、小泉・

酒匂(1984)による海成珪藻産出層準および太平洋海底コアの ^{18}O の高水温を示すピークが極めてよい一致を示した。これらの測定結果を報告し、粘土混濁水の電気伝導度測定値が古環境推定に対して、pH の値と関係なく独立に、海成・非海成の判定に有効性をもつことを示す。さらに今回の測定結果から考えられる諸問題、特に氷河性海水準変動との関連について議論する。また今回の測定で pH について結論的に何かを主張できるまでには、まだデータ不足であるが、粘土混濁水の電気伝導度、微化石総合調査、珪藻分析結果などから考えられる挙動について議論する。

この研究を進めるに当たって、粘土混濁水の化学分析に関しては滋賀大学教養部化学教室の川嶋宗継先生にたいへんお世話になった。試料の収集に当たっては、中世古幸次郎・中川要之助先生に御世話になった。また、京都自然史研究会(MP 研)では内容についていろいろ議論をしていただいた。ここに記して深く感謝の意を表します。

層 序

測定に使用したサンプルは、関西国際空港建設予定地である大阪府泉佐野市沖の大阪湾南部(Fig. 1)におけるボーリング・コアから採取した。

新空港建設に先駆けて地盤地質調査のため、昭和 53 年度までに 10 本、昭和 56 年度には 25 本、昭和 57 年度には 30 本のボーリングが行われた。これらのボーリング・コアのうち、昭和 56 年度に掘削された 25 本の中の No. 56-9(深度 400 m)、No. 56-10(深度 150 m)の 2 本のコアの中上部を今回の測定に用いた。このコアは、中世古ほか(1984)の微化石総合調査と小泉・酒匂(1984)の珪藻分析によって、海成層準の深度が詳しく報告されていることと、中上部から多くの試料が採取できたからである。

No. 56-9 および No. 56-10 ボーリングコアの柱状図を(Fig. 2)に示す。

この地域の地質概況については、層位学的には中世古ほか(1984)によってまとめられている。それによると、海底下に存在する厚さ 380 m を越える地層群は「泉州沖層群」と呼ばれ、不整合を境として下位の泉州沖累層と上位の空港島累層に区分されている。また、横山(1988, 1989)によると、この不整合は No. 56-9 コアでは深度約 173 m (Fig. 2 の Um)に存在し、陸上の満池谷不整合(Yokoyama *et al.*, 1977)に対比できるという。さらに芝の不整合(横山ほか, 1981)が No. 56-9 コアでは深度約 275 m (Fig. 2 の Uc)に存在すると推定

Fig. 1. Location map of the drilled point at New Osaka International Airport in Osaka Bay.

され、最終氷期の海水準低下によってできた不整合面(S1の基底の削剥面)が深度約20 m (Fig. 2のUs₁)に存在すると報告されている。

泉南沖累層の層準については、アズキ火山灰が56-9コアでは深度190 m (Fig. 2のAz)で発見されているので(竹村・西田, 1984; 横山, 1989), 最上部の粘土層がMa 3 海成粘土層であることがわかっている。

空港島累層の層準については、空港島累層の最上位層のアカホヤ層(中世古ほか, 1984)から最下位層のラクノーサ層(中世古ほか, 1984)まで8層(N1~N8)の海成粘土層が挟まれている。海成粘土層からは、ナンノプランクトンが報告されている(岡村・山内, 1984; 山内・岡村, 1984)。なお、ナンノプランクトンは産出しませんが、微化石総合調査から海の影響があるとされる層準が3層準ある。また、火山灰分析などによって陸上の海成粘土層準との対比案が報告されている(菅野ほか, 1987; 横山, 1988, 1989など)。

横山(1988, 1989)は、空港島累層の海成層準にAk~Laの記号をつけている(Fig. 2, Fig. 5, Table 1 参照)。中世古ほか(1984)のアカホヤ~ラクノーサ層の粘土層

(C1~C10)のうち、海成部分に記号をつけたわけで(Table 1), 例えば、ラクノーサ層のうちの海成部分が“La 海成層準”である。また、横山(1989)は大阪層群で従来用いられてきたMa 1~Ma 8について、それぞれを1枚の粘土層の名称として、その中で確実に海成の部分、例えば“Ma 3 海成層準”と呼んだ。本論文でも、この概念を用いる。中世古ほか(1984)の名称とAk-La 海成層準の関係をTable 1に示す。

試料と測定方法

1. 試料

今回の測定には、横山(1989)の報文で残留磁気測定に使用したサンプルを用いた。具体的には、No. 56-9 から140個、No. 56-10 から47個を選んで測定用試料とした。サンプルの選定に当たっては、全層準を均等にカバーできるように努力した。

2. 測定方法

サンプルの作成: 今回のサンプルは、粘土混濁水の電気伝導度を測定した時にはすでに完全に乾燥していたが、なお、あずき大に砕いて110℃、48時間の条件で恒温器内で乾燥した。乾燥後これを32メッシュ以下の粒度に粉砕し、10gを秤量して、これを測定用試料とした。

①電気伝導度の測定: 測定は横山・佐藤(1987)と同様の手順で行った。すなわち乾燥後のサンプルを容量140 ccの試料びんに入れ、水を120 cc 加え3分間攪拌器で攪拌し粘土混濁水(STICS-water)を作製した。攪拌後1時間放置して東亜電波工業製電導度計CM-20 Sで電気伝導度を測定した。さらに5日後同様の測定を行い、測定値に大きな変化がみられないことを確認した上で後者を測定結果とした。

②pHの測定: 粘土混濁水の電気伝導度の測定を横山・佐藤(1987)と同様の手順で行ったため、同時にpHも測定した。測定には東亜電波工業製携帯用ガラス電極pH計(HM-10 K)を用いた。

③砂粒含有量による補正: 今回の試料では砂粒含有量が20%を越えるものはなかったので、砂粒含有量による補正は行っていない。

横山・佐藤(1987)は「補正前と補正後の電気伝導度を比較するとSEC-Coreでは、全体的な様相はほとんど変わらない。海成粘土では、砂粒含有量が少ないので、ほとんど電気伝導度に変化しない。淡水成粘土の電気伝導度測定では、原測定値が少々バラつくが、砂粒含有量による補正を行ったところ0.3(mS/cm)近くに集中した。」と述べ、淡水成粘土での補正の必要性を述べてい

Fig. 2. Columns of two drilled cores with sample-numbers (T-125 etc.) and sample-sites. Uc, Um & Us₁: unconformity volcanic ash; Az: Azuki, Ya: Yamada Ak to La (see Fig. 5), Ma1 to Ma3; marine horizon,

Table 1. Stratigraphy of submarine strata in Osaka Bay.

Name of Formation	Nakaseko et al., (1984)		Yokoyama (1988, 1989) marine horizon
	Name of Bed	Unit	
Senshuu-oki Group	Akahoya Bed	C1	Ak
	Touhi Bed	S1 C2	Pe*
	Sugi Bed	S2	
	Nonion Bed	C3	No
	Togasawara Bed	S3 C4 S4 C5	Ts Ts
	Huxleyi Bed	S5 C6	Ha & Hk
	Akagashi Bed	S6 C7	Qc
	Melossira Bed	S7 C8	Me*
	Dino Bed	S8 C9	Dy
	Lacunosa Bed	S9 C10	La
Sennan-oki Formation	Basal Gravel	S10	
	Unconformity		

(Symbol of Unit: See Fig. 5)

る。しかし海成粘土では、今回のように 20% 程度の砂含有量であれば、結果の解釈に影響するほど電気伝導度測定値は変化しない。

測定結果

粘土混濁水の電気伝導度測定結果を pH 測定結果とともに Table 2 に示す。また Fig. 3 と 4 に両ボーリング・コアにおける深度による電気伝導度測定値の変化を示した。Fig. 3 では小泉・酒匂(1984)によって報告されている珪藻分析結果を合わせて示した。また Figs. 3, 4 では今回の結果から推定される Ak~La の“海成層準”を合わせて示した。

1) 空港島累層の電気伝導度について

No. 56-9 のコアの粘土混濁水の電気伝導度測定値を中世古ほか(1984)によって記載されている同コアの層序区分にしたがって、標準層序および横山(1989)の海成層準の記号と対比すると Fig. 5 のようになる。

中世古ほか(1984)は微化石総合調査からトウヒ層とメロシラ層の粘土層にも、海成あるいは汽水成層準を含

Fig. 3. Comparison with the conductivity and diatom analysis (Koizumi & Sako, 1984) in 56-9 core.

Table 2. (A~C) Results of the measurement of the electric conductivity and pH values of the STICS-water.
<56-9 core>

(A)

Sample number	Depth (m)	Cond. (mS/cm)	pH	Symbol of Marine Hor.	Name (Time)
T-6	6.98	5.810	7.34	Ak	(Holocene)
T-9	10.00	6.350	7.34		
T-15	15.87	4.200	7.35		
T-18	18.89	4.780	5.85		
T-19	20.00	3.720	6.30		
T-22	28.83	1.731	5.69	Pe	
T-24	30.83	1.734	5.91		
T-26	32.70	1.850	5.34		
T-28	34.60	0.896	5.65		
T-31	37.49	1.953	7.24	No	Kukojima Formation (Pleistocene)
T-33	38.62	1.700	7.32		
T-35	41.59	1.708	7.25		
T-37	43.85	1.690	7.25		
T-39	45.71	1.690	4.25		
T-41	47.62	1.720	4.83		
T-43	49.49	1.470	4.05		
T-44	52.57	1.871	3.86		
T-49	58.48	1.700	4.35	Ts	
T-51	60.88	2.060	6.80		
T-52	61.75	0.381	6.81		
T-55	64.44	0.447	6.76		
T-63	71.43	1.527	4.54	Tg	
T-67	74.34	0.330	6.81		
T-68	76.00	0.742	5.57		
R-17	78.03	1.527	7.10	Ha & Hk	
T-74	82.92	1.221	5.86		
T-75	84.08	1.313	7.09		
T-76	85.37	1.324	7.14		
T-77	86.03	1.425	5.93		
T-78	86.98	1.171	7.15		
T-79	87.94	1.452	7.12		
T-80	88.95	1.707	7.07		
T-82	91.05	1.770	7.10		
T-84	93.02	1.731	6.16		
T-86	95.08	0.888	6.56		
T-88	97.78	1.732	4.70	Qc	
T-92	101.30	1.706	7.06		
T-93	102.44	1.831	6.83		
T-94	103.33	1.157	7.18		
T-96	105.71	1.721	7.25		
T-97	106.19	1.015	7.35		
T-98	107.14	0.819	7.43		
T-99	108.18	1.514	7.32		
T-100	109.13	1.233	7.48		
T-101	110.16	1.768	7.07		
T-102	111.19	1.170	7.01		
T-103	112.06	1.914	5.45		
T-105	114.13	0.905	7.06		
T-107	116.03	1.755	7.32		

(B)

Sample number	Depth (m)	Cond. (mS/cm)	pH	Symbol of Marine Hor.	Name (Time)
T-108	117.14	1.954	4.00		
T-109	118.10	3.110	3.73		
T-112	121.11	0.574	7.04		
T-115	124.41	1.677	4.98	Me	
T-116	125.46	1.883	3.76		
T-117	126.11	2.630	4.43		
T-118	127.14	2.390	3.73		
T-120	129.05	0.353	7.01		
T-122	131.27	0.375	7.07		
T-124	133.33	1.741	4.01	Dy	Kukojima Formation (Pleistocene)
T-125	134.29	1.776	3.86		
T-126	135.24	1.627	4.01		
T-127	136.35	1.805	4.10		
T-128	137.27	1.676	4.19		
T-129	138.25	1.637	4.16		
T-130	139.37	2.310	4.13		
T-132	141.27	0.941	6.39		
T-133	141.90	0.570	6.20		
T-137	145.75	1.701	4.38	La	
T-138	146.98	1.541	6.05		
T-139	147.94	1.886	5.13		
T-140	148.89	1.878	4.26		
T-141	149.97	1.751	6.73		
T-142	150.85	1.477	7.04		
T-143	152.03	1.639	7.11		
T-144	153.02	1.449	7.14		
T-145	153.97	1.637	7.01		
T-146	154.95	2.400	4.78		
T-147	156.25	1.767	3.87		
T-148	156.51	2.130	5.13		
T-149	158.00	1.669	3.83		
T-150	159.05	1.679	3.87		
T-151	160.00	0.939	5.23		
T-156	164.76	0.806	6.51		
T-157	166.00	0.412	6.39		
T-160	174.60	1.637	3.82	"Na3"	
D-1	175.56	1.798	3.82		
D-2	176.51	2.000	3.83		
T-161	177.46	1.774	3.81		
D-3	178.48	2.330	6.73		
T-162	179.43	0.475	7.06		
T-163	180.38	0.380	7.14		
D-4	181.52	0.453	7.22		
D-5	183.75	1.983	3.65		
T-164	184.73	2.270	3.55		
D-6	185.68	0.919	6.20		
T-165	186.67	0.547	6.72		
D-7	187.56	1.510	4.02		
T-168	188.57	1.940	3.85		

<Cond.: Conductivity, Hor.: Horizon>

Fig. 4. Result of electric conductivity of STICS-water in 56-10 core.

(C)

Sample number	Depth (m)	Cond. (mS/cm)	pH	Symbol of Marine Hor.	Name (Time)
T-167	189.52	1.910	3.93	"Ma3"	Sennan-oki Formation (Pleistocene)
D-8	191.9	2.130	4.03		
T-170	192.86	1.949	4.10		
T-172	194.76	2.770	3.58		
T-175	197.84	0.406	6.84		
T-176	198.89	0.544	6.42		
T-177	199.94	0.375	6.70		
T-178	200.95	0.421	6.78		
T-179	201.90	0.501	6.94		
T-180	202.89	2.370	3.39	"Ma2"	
T-182	204.83	2.280	3.50		
T-183	205.65	2.670	3.43		
D-9	205.87	0.399	6.50		
T-185	208.89	0.543	6.46		
D-11	210.44	0.943	6.57		
T-187	211.43	0.411	7.17		
D-13	216.98	0.360	7.09		
R-32	217.78	0.320	6.92		
T-190	218.73	1.070	6.48		
T-191	219.37	1.629	4.22	"Ma1.5"	
D-15	222.41	0.355	6.71		
D-16	226.00	0.361	6.84		
R-36	226.70	0.341	6.68		
D-19	230.44	0.476	6.38		
D-20	231.40	0.353	7.13		
R-38	232.20	0.320	7.01		
R-39	233.00	0.320	6.99		
D-21	233.60	0.301	7.16		
D-23	240.00	0.343	7.07		
D-24	240.70	0.448	6.69		
D-25	241.90	0.772	6.60		
D-26	242.90	1.711	5.86		
D-27	243.70	2.110	3.63		
D-29	245.40	2.370	3.80		
D-30	246.30	2.030	3.80		
D-31	247.30	2.080	3.67		
D-32	248.20	2.430	3.66		
D-33	248.95	2.030	3.48	"Ma1"	
R-47	250.80	0.340	6.80		
D-36	257.14	0.367	6.82		
D-37	258.41	0.270	6.92		
D-38	259.68	0.323	6.97		
R-58	262.54	0.234	6.78		
R-59	263.17	0.319	7.01		
D-39	263.87	0.306	6.93		
D-43	277.84	0.591	6.17		
D-52	286.03	0.274	6.90		
					Ko-osaka Group (Pliocene)

<Cond.: Conductivity, Hor.: Horizon>

むとしている (Table 1). さらに, この 2 層準は珪藻分析によっても, 海成あるいは汽水成層準とされている (小泉・酒匂, 1984). 今回の結果からも海成の可能性が示されたので, それらに Pe, Me の記号を用い, “海成層準” として扱うことにする (Table 1). 実際粘土混濁水の電気伝導度測定による結果からは, 顕著な高電気伝導度帯 (ピーク) が確認でき, 測定値も横山・佐藤 (1987) が海成の下限とした 1.3 mS/cm を越えている (Figs. 3, 4).

以下に各海成層準 (横山, 1988, 1989) によるものと Pe, Me) の粘土混濁水の電気伝導度測定結果を述べる.

a. 完新統 (深度約 0~20 m) の海成層準について
<Ak 海成層準: 横山 (1988)>

深度約 0~20 m の粘土部分はアカホヤ層と呼ばれ, 従来の海成粘土層の Ma 13 に対比されている (中世古ほか, 1984). 電気伝導度測定値は 2 本のコアともに 3.3~6.4 mS/cm を示す. 完新統の電気伝導度測定値は

(D) Results of the measurement of the electric conductivity and pH values of the STICS-water.
<56-10 core>

Sample number	Depth (m)	Cond. (mS/cm)	pH	Symbol of Marine Hor.	Name (Time)
T-1	0.78	5.570	6.80	Ak	(Holocene)
T-2	1.59	4.490	7.14		
T-3	2.03	5.010	7.19		
T-4	3.81	5.130	7.46		
T-5	4.57	4.920	6.74		
T-6	5.71	4.870	6.90		
T-7	6.60	4.900	7.09		
T-8	7.62	4.780	7.26		
T-9	8.70	5.070	7.24		
T-10	9.59	4.000	7.29		
T-11	11.56	3.800	7.30		
T-12	12.70	3.800	7.41		
T-13	13.71	3.670	7.37		
T-14	14.60	4.000	7.41		
T-15	15.75	3.410	7.55		
T-16	16.83	3.350	7.54		
T-17	17.71	1.377	7.29		
T-18	18.73	0.800	7.33		
T-19	19.68	1.113	5.80		
D-1	25.08	1.038	6.23		
D-2	28.70	1.717	5.02	Pe	
D-4	32.83	2.940	4.53		
D-5	34.35	2.190	4.23		
D-6	36.83	2.700	6.53	No	
D-8	40.83	2.160	6.70		
D-10	45.02	2.170	6.73		
D-12	48.89	2.410	3.89		
D-13	51.43	1.970	4.30		
D-14	52.76	2.240	4.23		
D-16	58.48	2.510	4.52	Ts & Ts	
D-17	60.44	2.180	6.33		
D-18	62.54	1.497	5.58		
D-20	64.25	1.090	5.31		Kukohjima Formation (Pleistocene)
D-21	71.75	0.392	7.33		
D-22	73.97	0.487	7.37		
D-24	77.78	1.661	4.10	Ha & Hk	
D-26	81.90	2.550	5.40		
D-28	86.03	1.813	7.30		
D-30	89.52	2.140	7.27		
D-34	103.43	1.894	7.40	Qc	
D-36	107.17	2.200	7.38		
D-38	111.43	2.030	6.99		
D-40	115.43	2.350	4.38		
D-42	119.37	1.836	4.00		
D-44	123.49	1.725	4.28		
D-46	127.30	0.751	7.25		
D-48	131.43	2.150	4.01		

<Cond.: Conductivity, Hor.: Horizon>

深度 20 m 以下の更新統の粘土試料がすべて 3.1 mS/cm 以下であったのと比較すると非常に高い (Table 2 A, D の Ak).

b. Pe 海成層準

S1 基底削剥面直下で No. 56-9 ボーリング・コアでは深度 28~32 m, No. 56-10 ボーリング・コアでは深度約 28~34 m の部分に相当する (Figs. 3, 4). 電気伝導度測定値は両コアとも 1 つのピークを示す. 電気伝導度測定値だけでは下位の No 層準との境がわかりにくい, No. 56-9 ボーリング・コアでは T-28 (深度 34.6 m) の 0.896 mS/cm のように深度約 35 m に電気伝導度測定値の低い層準が存在する. この層準 (中世古ほか, 1984 のスギ層に当たる) の地層は非常に薄い, これによって下位の No 層準 (深度 37~55 m) と区別できる. また, No. 56-10 ボーリング・コアにお

Fig. 5. Columnar section of the Kukohjima Formation (from Nakaseko *et al.*, 1984; except the symbols of the marine horizon such as Ak to La) and the result of the conductivity measurement of the STICS-water in 56-9 core.

Symbol of marine horizon

Ak : Akahoya, Pe : Touhi, No : Nonion, Ts : Togasawara-s, Tg : Togasawara-g, Ha : Huxleyi-a, Hk : Huxleyi-k, Qc : Quercus, Me : Melossira, Dy : Dino, La : Lacunosa

Symbol of lithology

M : marine, B : blackish, BF : blackish or fresh, F : fresh

Sedimentary environment

H : near beach, J : 300-500 m from beach, K : about 1 km from beach, N1 ~ 8 : nanno-zone, V1 ~ V10 : volcanic ash

N1 ~ N8 : fossil zones by Nakaseko *et al.* (1984)

けるこの部分の中世古ほか(1984)の柱状図(Fig. 2)には表現されていないが、サンプルをみると細砂質であって、それが上記の境界になっている。

c. No 海成層準〈横山(1988)〉

中世古ほか(1984)の N2 化石帯に当たる(Fig. 5)。両ボーリング・コアの深度約 37~53 m の部分に相当する。電気伝導度測定値は 1 つの幅広いピークを示し、層準による変化は少ない。

d. Ts 海成層準〈横山(1988)〉

中世古ほか(1984)の N3 化石帯に当たる(Fig. 5)。No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 58~60 m の部分に相当する。この粘土層は Fig. 2 にみられるように深度約 58 m から 75 m までつづく粘土層であるが、深度

62 m 付近の電気伝導度測定値は 0.3~0.4 mS/cm と低く、連続した粘土層がこれによって上部と下部の高電気伝導度部(深度 58~60 m, 72 m 付近)と、中部の低電気伝導度部の 3 つに分かれている。この上部が Ts 海成層準に当たり、下部が次に述べる Tg 海成層準に当たる。

No. 59-10 ボーリング・コアはサンプル数が少ないため変化を明白に知ることができない。中世古ほか(1984)のトガサワラ層の堆積環境解析結果によると、深度 62 m 付近に淡水成の堆積環境が報告され、この上部と下部の地層はいずれも海成を示している。電気伝導度測定結果はこの報告とよく調和している。

e. Tg 海成層準〈横山(1988)〉

中世古ほか(1984)の N4 化石帯に当たる (Fig. 5). この層準は No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 72 m 付近である. すでに述べたようにサンプル数は少ないが, T-63 の測定値 (71.43 m, 1.527 mS/cm) で示されるように, 電気伝導度測定値が高い.

f. Ha, Hk 海成層準 (横山(1988))

中世古ほか(1984)の N5 化石帯に当たる (Fig. 5). No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 78~93 m, No. 56-10 ボーリング・コアの深度 75~89 m の部分で, 電気伝導度測定値は 1.1~2.5 mS/cm で大きな変化がない. No. 56-10 ボーリング・コアの測定試料は少ないがいずれも 2.0 mS/cm に近い高い値である.

g. Qc 海成層準 (横山(1988))

中世古ほか(1984)の N6 化石帯に当たる. No. 56-9 ボーリング・コアでは深度約 97~118 m, No. 56-10 ボーリング・コアでは深度約 103~115 m の部分である. 上位の Hk 層準と接近しているが, その境界と考えられる No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 95 m での電気伝導度測定値は 0.868 mS/cm (T-86) と上下と比べると低い. しかし, 電気伝導度測定値だけでは境界がわかりにくい. 岩相的には, 深度約 95 m に砂層を挟んでいて, 中世古ほか(1984)はここを境界としている. この層準では, 電気伝導度測定値は全体的に変動が激しく, 隣接する 2 測定層準で大きく測定値が変化する. 深度 118 m に大きなピーク (3.11 mS/cm, pH 3.73) があるが, わずか 3 m 下位の深度 121 m では 0.574 mS/cm と電気伝導度測定値が急激に低下している. このことは中世古ほか(1984)の見解とも調和的である. No. 56-10 ボーリング・コアの測定試料は少ないがいずれも電気伝導度測定値は高い.

h. Me 海成層準

No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 124~127 m, No. 56-10 ボーリング・コアの深度約 119~123 m の部分である. 粘土層の厚さは約 4 m と薄い, いずれも高い測定値であった. No. 56-9 ボーリング・コアでは電気伝導度測定値が 1.6~2.6 mS/cm の大きな 1 つのピークを示す.

i. Dy 海成層準 (横山(1988))

中世古ほか(1984)の N7 化石帯に当たる (Fig. 5). No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 133~139 m の電気伝導度測定値のピークがこれに相当する. No. 56-10 ボーリング・コアはサンプル数が少ないので詳しい議論ができないが, 電気伝導度測定値は高い.

j. La 海成層準 (横山(1988))

中世古ほか(1984)の N8 化石帯に当たる (Fig. 5).

Fig. 6. Change of the electric conductivity of the STICS-water in 56-9 drilled core in Osaka Bay. (Ma3 horizon: 170~200 m in depth)

No. 56-9 ボーリング・コアの深度約 146~159 m の部分である. 電気伝導度測定値が大きな 1 つのピークを示す. この粘土層では, 下部で電気伝導度測定値が高く深度 155 m で最大値 2.4 mS/cm となり, 深度 154 m の 1.637 mS/cm へと急低下するがいずれも比較的高い値での変化である. 粘土層の下部の電気伝導度測定値が高く中上部がやや低くなるといった変化の様相は Ha・Hk 層, Qc 層, Dy 層と同様である.

2) 泉南沖累層上部の電気伝導度について

中世古(1984)によれば, 深度約 173 m の不整合より下位が泉南沖累層である. 横山(1989)によると深度約 275 m に芝の不整合が存在するという. この 2 つの不整合の間に当たる深度 174~270 m の層準で電気伝導度測定値の高い部分が数回認められる (Fig. 3). 深度約 190 m にアズキ火山灰, 深度約 207 m に山田Ⅱ火山灰が挟まれている (横山, 1989) (Fig. 2). これらの火山灰を挟む海成粘土層が, 陸上では大阪層群の Ma3, Ma2 であることは確かであるから, 深度 174~195 m が「Ma3 海成層準」, 深度 200~210 m が「Ma2 海成層準」に対比されている (横山, 1989). Ma3 海成層準では最上部の深度 174 m で電気伝導度測定値が 1.837 mS/cm で, その直上が不整合で切られている (Fig. 6). 以下に各海成層準における電気伝導度測定値の変化を述べる.

a. Ma3 海成層準

No. 56-9 ボーリングの深度 175~195 m が Ma3 である (Fig. 3). 電気伝導度測定値は激しく変化し, この層準には, 深度 174~180 m, 深度 183~186 m, 深度 187~195 m と電気伝導度測定値の高い部分が 3 つ存在する (Fig. 6). 深度 180 m (0.38 mS/cm, 0.45 mS/cm), 187 m (0.54 mS/cm) 付近に電気伝導度測定値

Fig. 7. Change of the electric conductivity of the STICS-water in 56-9 drilled core in Osaka Bay.
 (Ma1.5, Ma2 horizon : 200 ~ 220 m in depth)

Fig. 8. Change of the electric conductivity of the STICS-water in 56-9 drilled core in Osaka Bay.
 (Ma1 horizon : 220 ~ 250 m in depth)

の低い層準を挟むが、これは前述の報告書(中世古ほか, 1984)の堆積環境の推定結果と調和的である。

中世古ほか(1984)では堆積環境が上位から、強い海成、弱い海成、強い海成と変化することが報告されている。深度約 180 m 付近の電気伝導度測定値は約 0.4 ~ 0.5 mS/cm であるが、この層準からは淡水性の珪藻化石が多産している(小泉・酒匂, 1984)。粘土混濁水の電気伝導度測定値によると、深度 175 ~ 178 m のピーク、深度 188 ~ 195 m のピークはそれぞれ独立した 1 つのピークをなしている。アズキ火山灰は、Ma 3 海成粘土層の中の最下位の高電気伝導度層準の上部に挟まれている。上記の 2 つのピークの間の深度 184 ~ 185 m のピークは、粘土層が薄く下位のピークに近接しているが、下位の大きなピークとの境となっている深度 187 m の T-165 は電気伝導度測定値が 0.547 mS/cm で低い。一方、その直上の T-164 (184.73 m, 2.27 mS/cm) は電気伝導度測定値が高くやはり独立したピークをなしている。

b. Ma 2 海成層準

深度 203 ~ 210 m の Ma 2 では、電気伝導度測定値が 1 つのピークを示す(Fig. 7)。T-180 (202.89 m, 2.37 mS/cm), T-182 (204.83 m, 2.28 mS/cm), T-183 (205.65 m, 2.67 mS/cm) などは値が高く、これらの層準の粘土中には海成珪藻が多く含まれている。山田 II 火山灰は深度約 207 m に挟まれている(横山, 1989)。

c. Ma 1.5 海成層準(新称)

深度 219 m 付近の電気伝導度測定値のピークがこれに相当する(Fig. 7)。T-190 (218.73 m, 1.07 mS/cm), T-191 (219.37 m, 1.629 mS/cm) の電気伝導度

測定値は、前者が他の海成層準に比べてやや小さいが比較的高い測定値である。珪藻化石分析では T-191 に海成珪藻が確認されている。この層準の粘土層をここでは Ma 1.5 と呼ぶことにする。

d. Ma 1 海成層準

深度約 243 ~ 249 m の層準である。電気伝導度測定値のピークが 1 つ認められる(Fig. 8)。海成珪藻も多産している(小泉・酒匂, 1984)。

3) 泉南沖累層下部について

Ma 1 より下位で芝の不整合より上位の地層についても粘土混濁水の電気伝導度測定値を行ったが、電気伝導度のピークはみあたらなかった。深度約 286 m 以下の古大阪層群の層準については、顕著な海の侵入がなかったというこれまでの知見から考えて、詳細な測定は行わなかった。

議 論

今回、粘土混濁水の電気伝導度と pH を測定した No. 56-9 および No. 56-10 ボーリング・コアについては「関西国際空港地盤地質調査書(中世古ほか, 1984)」に詳しく層序・古生物などについての知見が報告されている。また、時代論については、横山(1989)に詳しく議論されている。本報文では、それらの知見をもとに考察を進める。

1. 粘土混濁水の電気伝導度の示す古環境

今回測定された粘土混濁水の電気伝導度測定値と、微化石総合調査および珪藻化石から推定された古環境とは見事に相関している。すなわち、粘土混濁水の電気伝導度測定値の高い部分は微化石総合調査では海成であり、含まれる珪藻化石は海成種が多い。小泉・酒匂

(1984)が No. 56-9 のコアで示した海成珪藻を含む 21 層準 (Fig. 3) のうち 4 層準では電気伝導度測定値が, 横山・佐藤(1987)が海成の下限とした 1.3 mS/cm を越える値が得られなかったが, 17 層準では越えている. 1.3 mS/cm より高い値の得られなかった 4 層準のうち最下部の深度約 280 m のものは電気伝導度用の試料がなくて測定値が得られなかったためであり, 他の 3 つは深度約 165 m, 約 210 m, 約 230 m で, 電気伝導度測定値がそれぞれ 0.806, 0.943, 0.476 mS/cm と, 横山・佐藤(1987)の基準によれば汽水性の範疇に入る. したがって, 海水の影響を受けたと推定されるという点では, 珪藻化石と粘土混濁水の電気伝導度測定値による海成の判別は, 100% 一致している.

一方, 小泉・酒匂(1984)が淡水成とした 15 層準 (Fig. 3)における粘土混濁水の電気伝導度の最低値を列記すると, 上位より 0.330 (T-67), 0.574 (T-112), 0.353 (T-120), 0.570 (T-133), 測定値なし, 0.380 (T-163), 0.547 (T-165), 0.375 (T-177), 0.399 (D-9), 0.320 (R-32), 0.355 (D-15), 0.341 (R-36), 0.301 (D-21), 0.270 (D-37), 0.274 mS/cm (D-52)であり, 3 層準を除いて横山・佐藤(1987)が淡水成と汽水成の境とした 0.4 mS/cm 以下である. 残りの 3 層準は, 0.547~0.574 で汽水成の範疇に入る. これは両者の測定用サンプルが完全に同一層準ではないことによるものかも知れないが, 淡水成の粘土の粘土混濁水の電気伝導度測定値は 0.4 を越えるものもあり, 電気伝導度測定値が 0.6~0.4 のものは淡水成, 汽水成の判別は不可能であろう.

以上のことから, 珪藻化石や微化石総合調査の海成・非海成の判別を信じれば粘土混濁水の電気伝導度測定値の高い層準は海成層準とすることができる. この海成層準を海水準変動の高海面期(海進期)に対応すると考えて以下の議論をする.

2. 海成層準と太平洋コアとの対比

横山(1988, 1989)は, 空港島累層基底の不整合面は陸上の大阪層群中で認められる満池谷不整合と考え, それを V 28-239 コアの ^{18}O ステージ No. 12 (Schakleton & Opdyke, 1976)に対比している. その理由として次のように述べている.

「満池谷不整合については, 大阪湾底では泉北地域に存在する Ma 4, Ma 5, Ma 6 の 3 海成層準を削っている. 56-1 のコアでは, Ma 3 や Ma 2 を削削している. こうした現象は陸上でもみられ, 泉佐野市のボーリング (OKS-No. 2)でも Ma 3, Ma 2 は削られてしまっている. 従来この不整合は盆地周辺不整合と考えられてき

た. しかし, 大阪湾の底でもこのような大きな削削量が観察され, 地層の厚さにして少なくとも 40 m, 時間にして数 10 万年分が削削されていることから考えれば, この不整合は盆地周辺不整合とはいえないであろう. むしろ大規模な氷河性の海水準低下によって形成された不整合と考えねばならない. 年代的には *Pseudoemiliania lacunosa* の消滅以前であり, 約 45 万年前と推定でき, 第四紀 ^{16}O ステージの No. 12 に対比できる.」

この見解を否定するデータは現在のところ存在しないので, この対比が正しいとして議論を進めることにする.

上記の ^{18}O ステージでは, No. 12 より上位に存在する温暖期は, No. 1, 3, 5, 7, 9, 11 の 6 ステージである. したがって, 空港島累層中に 6 つの海成層準があれば都合がよい.

Ak 層準の位置づけは明白である. 層準ごとの電気伝導度測定値の変化の様相は, 深度約 7 m で最大値約 6.0 mS/cm をもち, 以下深度 20 m まで深度が深くなるにつれて減少している. そしてその過程に 1 つだけピークが認められる. このピークは, No. 56-9 ボーリング・コアではアカホヤ火山灰層の約 4 m 上位であり, No. 56-10 ボーリング・コアでは約 6 m 上位である. このピークの年代は約 5~6 千年前と推定でき, No. 1 ステージの温暖期に相当する.

しかし, 今回認められた空港島累層の海成層準は, Ak, No, Ts, Tg, Ha-Hk, Qc, Dy, La と Pe, Me を加えると 10 層準であり, Ha, Hk を 2 層とすると 11 層準となってしまふ.

このことから, 大阪湾における海成層準は Schakleton & Opdyke(1976)による ^{18}O ステージの 1 つの温暖期に 1 つずつ相当するものではないことになる. その理由は海洋底コアに比して内湾の海成粘土層は堆積速度が速く, 海水面に近いところに堆積しているのだから, より詳しい海水準の変動を記録しているからであろう.

上記の大洋底コアと大阪湾底の対比については, 横山(1988)に詳しく, 横山(1989)にも若干議論されている. 今回の結果から空港島累層については Pe をステージ 3 に, Me をステージ 8 の中の小ピークに対比すると横山(1988)の見解と調和する. 現時点では, これがもっとも合理的な対比案と筆者らは考えている. 今後とも検討していく必要がある.

泉南沖累層については Ma 1.5 海成層準が認められたこと, Ma 3 海成層準には 3 回以上の海進期が存在すると思われること, Ma 0 層準に海成層準が発見できなかったことなどが顕著な新知見である. これらについて

も、今後検討をしなければならないが Ma 1.5 は前記¹⁸O ステージの No. 22 に存在する小ピークに対応する可能性があり、Ma 3 が 3 ピークなもの、No. 20 と No. 18 との間に存在する 3 つのピークに対応すると考えると都合がよい。

3. 電気伝導度の変化の特徴と古環境推定

1 層の海成粘土層準における電気伝導度測定値の変化の様相には次のような特徴が多くみられる。海成層準の下部では電気伝導度が急激に増加し、上部では下部での電気伝導度よりやや低い値で変化しながら減少する。

例えば、ラクノーサ層(No. 56-9 コアの深度 145～160 m)では、電気伝導度測定値が大きな 1 つのピークを示すので連続した海成粘土層であると判断できる。海成層準下部(深度 154～160 m)は電気伝導度が急激に増加し、深度 154.95 m でこの粘土層中での最大値 2.4 mS/cm に達する。上部(深度 145～154 m)では最大値よりは少し低く約 1.5～1.9 mS/cm の間を激しく変化しながら全体として減少していく。この上部の電気伝導度測定値の変化は 1.5～1.9 mS/cm の増加減少の繰り返しであり、一見バラついているようにみえるが、海成と判断できる範囲内での変化である。この変化の微妙な海水準変動というより内海の状態での水質変化などの他の要因によるものかもしれない。海成層準が厚いほど、この上部の変化の状態が長くなる。このような変化について下部のピークの前半部が海進期、上部のピークの後半部が海退期と仮定すると、海進期の電気伝導度は急激に増加し、海退期のそれは海進期の電気伝導度よりやや低い値で変化しながら減少することになる。また海退期の変化の長さやピーク全体の大きさに内海の規模が反映される可能性があると考えられている。連続した海成層準におけるこのような電気伝導度測定値の変化の特徴は、Ha, Hk, Qc, Dy 海成層準, Ma 3 海成層準の中の 2 つ(深度 174～180 m, 186～200 m), Ma 2 海成層準(深度 200～206 m)など多くの海成層準でみられる(Fig. 3)。このような電気伝導度測定値の変化の共通な特徴が 1 回の海進-海退サイクルに相当すると考えると、Ma 3 海成粘土層準には少なくとも 3 回の海進-海退サイクルが存在することになる(Fig. 6)。このほかにも、横山・佐藤(1987)で報告された SEC-Core の Ma 5, Ma 4 海成粘土層でも電気伝導度測定値の変化は、同様な特徴を示している。

このことが、環境の変化についてどのような意味をもっているかについては、今後の研究課題であろう。

4. 粘土混濁水の電気伝導度と pH について

Fig. 9 a, b, c に粘土混濁水の電気伝導度測定値と

pH 測定値の関係を示した。

完新統では pH が 6～7.5 でほぼ中性(Fig. 9 a), より下位層の更新統では pH が 3～7 で酸性から中性(Fig. 9 b, c)であった。深度約 0～20 m の完新統では pH が中性を示すが、電気伝導度測定値が 3.0～6.4 mS/cm と非常に高い。No. 56-9 ボーリング・コアの空港島累層のうち深度約 20～175 m の更新統では、電気伝導度測定値が 1.3 mS/cm より高く前報(横山・佐藤, 1987)の基準では海成と判断されるものに 2 つのタイプがある。1 つは pH の低いもので、例えば、T-44(電気伝導度 1.87 mS/cm, pH 3.66), T-49(1.70 mS/cm, pH 4.35), T-117(2.63 mS/cm, pH 4.43), T-118(2.39 mS/cm, pH 3.73)などである。もう 1 つのタイプは T-51(2.06 mS/cm, pH 6.90)のように電気伝導度測定値が高く海成と判断できるにもかかわらず中性を示すものである(Fig. 9 b)。No. 56-10 ボーリング・コアの空港島累層の深度 20 m 以下の層準の粘土試料でも同様に、D-4(電気伝導度 2.94 mS/cm, pH 4.53), D-5(2.19 mS/cm, pH 4.23), D-12(2.41 mS/cm, pH 3.89), D-14(2.24 mS/cm, pH 4.23), D-16(2.51 mS/cm, pH 4.52), D-40(2.35 mS/cm, pH 4.38), D-48(2.15 mS/cm, pH 4.01)などは電気伝導度測定値が 2.0 mS/cm 以上であり酸性を示すので、第 1 のタイプである。一方、D-6(2.70 mS/cm, pH 6.53)や D-8(2.16 mS/cm, pH 6.70)などは、電気伝導度測定値が高く海成と判断できるものでもやはり中性を示す。No. 56-9 ボーリング・コアの泉南沖累層の深度約 175～270 m では、電気伝導度測定値が 1.3～2.7 mS/cm のものは、pH 3～5 で酸性、電気伝導度測定値が 0.3～0.9 mS/cm のものは、pH 6～8 で中性で、上記の第 1 のタイプのみであり、丘陵地の大阪層群の粘土試料(SEC-Core: 横山・佐藤, 1987)と同じ傾向であった(Fig. 9 c)。

まず完新統の特徴について議論しておく。完新統の粘土試料では、No. 56-9, No. 56-10 の 2 本のコアとも電気伝導度の最高値は 5.57, 6.35 mS/cm と非常に高い。もちろん従来の基準によれば海成と判断できる。完新統で電気伝導度測定値が極めて高いのは、深度 20 m に最終氷期の海水準低下に起因する不整合面が存在することからみて、離水した経歴をもたないことによる相異と考えられるであろう。深度 20 m より上位の完新統は現在の海底で形成され、その後変化を受けずに現在に至っている。電気伝導度測定値が高いということは粘土混濁水に含まれるイオンの量が多量であることであり、粘土試料がイオンあるいは電解質を多量に含んでいること

Fig. 9. Relation between electric conductivity and pH value of the STICS-water

(a) Holocene sediment

(b) Kujukima Formation

(c) Sennan-oki Formation (all data from No. 56-9 Core; closed circle; marine, open circle; non-marine, triangle; blackish)

になる。離水経歴をもたないために多量のイオンを保存したまま現在に至っていると考えられる。

横山・佐藤(1987)によれば、千里山丘陵の Ma 4, Ma 5 では主として硫酸イオンが伝導度を高くする原因となっていることが報告されている。しかし、粘土混濁水の化学分析結果(Table 3)によると完新統の粘土試料である T-9 の電気伝導度測定値が高いのは硫酸イオンも確かに含有量が多いが、塩素イオンの含有量が 4.03 meq/l と他の更新統の試料に比べて非常に多いためである。一般的には残存しにくいと考えられる塩素イオンが多量に残っているのは、完新統の粘土は海底で堆積後離水の経歴をもたず、風化することもなく、そのままの状態ですべて現在に至っているということと調和している。

一方、pH は約 6~7 で中性を示し、横山・佐藤(1987)で報告した電気伝導度測定値の高い海成粘土は酸性であるという結果と異なっている。Table 3 に示された粘土混濁水のイオン分析結果から考えると、硫酸イオンや塩素イオンなどの陰イオンの総量に相当する量の強アルカリ陽イオン(ナトリウム、マグネシウム、カルシウムイオンなど)が存在するため、pH が中性を示すわけである。完新統における電気伝導度と水素イオン濃度の関係は、Fig. 9 a に示されているような分布である。

Ak 層準での電気伝導度測定値は全部で 22 であるが、そのうち約 77% の 17 は、pH が 7 以上であり、とくに電気伝導度測定値が 4 mS/cm を越えるもの 15 のうち 14 は pH が 6.74 以上である。

次に泉州沖層群(空港島累層, 泉南沖累層)の粘土試料について考える。

最終氷期の低海水準期に形成された不整合と考えられる S1 層の基底の削剥面より下位(空港島累層の一部と泉南沖累層)では、電気伝導度測定値が、約 0.3~3.2 mS/cm に分布し、横山・佐藤(1987)とほぼ同じ範囲である。しかし電気伝導度測定値がほぼ同じにもかかわらず、空港島累層の他の部分では、pH 測定値が異なっていることがある。空港島累層では、電気伝導度測定値から海成と判断できるものの中に中性を示す試料が多く、電気伝導度測定値が 2 mS/cm を越えても必ずしも酸性を示すとはかぎらない(Fig. 9 b)。

泉南沖累層では、電気伝導度測定値が高いほど酸性、低いほど中性であり、横山・佐藤(1987)で報告された丘陵地のコア(SEC-Core)とよく似ている(Fig. 9 c)。SEC-Core は Ma 4~Ma 6 海成粘土層を対象にした結果であり、今回のコアとは層準が異なっている。しかし、電気伝導度測定値の高いものは酸性、低いものは中性を

Table 3. Chemical component of the STICS-water.

sample No.	E.C. (mS/cm)	pH	SO ₄ (meq/l)	Cl (meq/l)	SO ₄ +Cl (meq/l)	Na (meq/l)	Mg (meq/l)	Ca (meq/l)	Na+Mg+Ca (meq/l)
No. 56-9 Core									
T-9	6.350	7.34	10.0	40.3	50.3	44.4	5.92	4.66	55.0
T-112	0.574	7.04	2.04	1.41	3.45	3.10	0.872	0.495	4.47
T-147	1.767	3.87	22.5	0.776	23.3	0.987	9.79	6.99	17.8
T-165	0.547	6.72	1.87	0.852	2.72	2.61	1.21	0.853	4.67
D-3	2.040	6.73	28.1	1.14	29.2	2.85	6.86	18.0	27.7
T-172	2.770	3.58	39.6	0.254	39.9	0.987	16.5	7.09	24.6

示す点で共通である。この事実のもつ意味については、大阪以外の地域の試料についても検討しているので、改めて報告する予定であるが、現在筆者らが考えている予想を若干述べておきたい。

Yokoyama & Koizumi(1989)は、インドネシア・ジャワ島のサンギラン地域のブッチャガン層の電気伝導度を報告している。この層は、ピテカントロプスを産する更新統として有名であるが、電気伝導度測定値で海成と推定される場合でも、pH は中性である。筆者らの未公表試料では、宮崎層群妻層も同様であった。こうしたことから、経験的に pH の中性は外洋流の影響ではないかと考えている。外洋水はよく循環し、海底まで酸素の供給が行われるのに対し、内海では海水の循環が不十分で海底が還元性となり、イオウが硫化水素として堆積することも 1 つの原因であろう。

今回の結果でもナンノプランクトンの発見される層準において pH が中性を示す場合が多い。これも上記の推定と調和的である。今後の研究を待ちたい。

ま と め

関西新国際空港が建設されている大阪湾南部で行われた海底ボーリング・コアを用いて、粘土混濁水の電気伝導度と pH を測定した。対象としたのは空港島累層と泉南沖累層の上部である。これらのコアについては、中世古ほか(1984)において微化石分析など詳しい総合分析結果が報告されている。その中でとくに微化石総合調査とケイソウ化石分析の結果と、上記結果とを比較しながら議論を進めた。

①横山・佐藤(1987)では、粘土混濁水の電気伝導度測定値は珪藻化石分析結果とよく合うことを報告した。今回は、中世古ほか(1984)による微化石総合調査と小泉・酒匂(1984)の珪藻分析結果から推定される堆積環境と粘土混濁水の電気伝導度測定結果を比較したが、よく調和している。

②完新統の粘土試料の粘土混濁水の電気伝導度測定値は 3.2~6.4 mS/cm で他に比べて非常に高い。化学的には粘土混濁水に含まれている総イオン量が他に比べて非常に多い。これは離水経歴のない地層の特徴と思われる。

③ ②以外の粘土混濁水の電気伝導度測定値の示す堆積環境は、海成が約 1.31~3.11 mS/cm、淡水成約 0.6 mS/cm 以下、汽水成が約 0.41~1.22 mS/cm である。これは前回の横山・佐藤(1987)による報告とほぼ一致するが、0.4~0.6 mS/cm の値からは汽水、淡水のどちらかに判断することは危険である。

④今回の測定により、泉州沖の海底では、泉南沖累層の上部に 5~6 回の海進期、空港島累層では完新統の海成粘土層を含めて、10 回以上の海進期が認められた。

⑤泉南沖累層では、下位より、Ma 1, Ma 1.5(新称), Ma 2, Ma 3(3 回以上)海成粘土層に海進が認められる。Ma 1.5 は従来海成という報告はなく、今回初めて海成を示す特徴が発見されたこと、Ma 3 が 3 回以上の海進期を含む可能性があることなどの新知見が得られた。

⑥空港島累層では、中世古ほか(1984)によって、8 層の海成粘土層準が報告されている(N 1~N 8)。今回の測定では、ナンノプランクトンは産出していない Pe 海成層準と Me 海成層準を含めて、10 回以上の海成層準が確認できた。

⑦上記④⑤⑥の海成層準と太平洋コアのステージを対比した。ほぼ横山(1988)と同じ結果であるが、今回新しく認められた Pe, Ma 1.5 層準はステージ 3 と 8 に対比することができる。

⑧pH の値を含めて考えると、空港島累層の海成粘土層には 2 つのタイプがあった。pH 測定値が、酸性のものとは中性~アルカリ性のものである。後者は外洋流の影響によるものと予想しているが、これらの特徴に関しては今後研究を深めたい。

文 献

- 岡村 真・山内守明, 1984, ナンノ化石詳細調査. 関西国際空港海底地盤地質調査, 災害科学研究所, 19-28.
- 小泉 格・酒匂俊彦, 1984, 珪藻詳細化石調査. 関西国際空港海底地盤地質調査, 災害科学研究所, 57-68.
- 中世古幸次郎・竹村恵二・西脇二一・中川要之助・古谷正和・山内守明, 1984, 大阪湾泉州沖海底地盤の層序. 関西国際空港海底地盤地質調査, 災害科学研究所, 191-198.
- Shackleton, N. J. and Opdyke, N. D., 1976, Oxygen isotope and paleomagnetic stratigraphy of Pacific core 28-239 Late Pliocene to latest Pleistocene. *Mem. Geol. Soc. Amer.*, **145**, 449-464.
- 菅野耕三・中世古幸次郎・山内守明, 1987, 泉州沖海底地盤と陸域の大阪層群との対比. 日本地質学会第94年学術大会演旨, 128.
- 竹村恵二・西田史朗, 1984, 火山ガラス調査. 関西国際空港海底地盤地質調査, 災害科学研究所, 141-156.
- 山内守明・岡村 真, 1984, ナンノ化石総合調査. 関西国際空港海底地盤地質調査, 災害科学研究所, 13-18.
- 横山卓雄, 1988, 平安遷都と鴨川つけかえ. 法政出版, 235p.
- , 1989, 大阪府泉佐野市沖の海底ボーリング・コアの残留磁気測定および火山灰分析結果から知られる更新統の層序と年代. 地質雑, **95**, 277-295.
- Yokoyama, T. and Koizumi, I., 1989, Marine transgression on the Pleistocene sediment, Pecangan Formation in Sangiran area central Jawa, Indonesia. *Paleogeogra. Paleoclimatol. Paleocol.*, **72**, 177-193.
- 横山卓雄・中川要之助・檀原 徹・竹村恵二, 1981, 芝の不整合について(I). 同志社理工研報, **21**, 301-320.
- Yokoyama, T., Nakagawa, Y., Makinouchi, M. and Ishida, S., 1977, Subdivision of Plio-Pleistocene Series in Kinki and Tokai districts, Japan. *Proc. 1st CPNS Tokyo, 1976*, 408-412.
- 横山卓雄・佐藤万寿美, 1987, 粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定—千里山丘陵東端部および琵琶湖湖底におけるボーリングコアの場合—. 地質雑, **93**, 667-679.

(要 旨)

佐藤万寿美・横山卓雄, 1992, 粘土混濁水の電気伝導度による古環境の推定—関西国際空港ボーリング・コアの場合—. 地質雑, **98**, 825-839. (Sato, M. and Yokoyama, T., 1992, Analysis of paleo-environment based on electric conductivity of the STICS-water—On two drilled cores at Osaka Bay, Japan. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **98**, 825-839.)

大阪湾の底を形成する泉州沖層群の粘土混濁水の電気伝導度と pH 値が測定された. 電気伝導度測定値で粘土層の海成, 非海成の判別が可能であることを示した.

1) 更新統では, 粘土混濁水の電気伝導度はやや高く, 3.2~6.4 mS/cm である. 2) 空港島累層では, 10 層準以上で高伝導度帯が認められた. 3) 泉南沖累層では, 4 層準で高伝導度帯が認められた. 4) 若干の高伝導度帯では, 2 つの高伝導度のピークがある. 5) Ma 3 海成粘土層は 3 つの高伝導度値のピークをもっている. 6) 新発見の Ma 1.5 を含めて大阪湾底における海成層準は 18~20 層準に達する.