

下総層群堆積物中の微量元素 の分布と堆積環境

石川 秀雄¹・桂 雄三²・竹澤 英樹³・竹澤 規代⁴・
芳賀由加里⁵・赤澤 勉⁶・増田富士雄⁷

1. はじめに

南関東平野、とくに房総半島北部地域に広く分布する下総層群は、日本における海成の上部～中部更新統の標準層として知られている。

本層群は従来から、層位学的・古生物学的および堆積学的に多くの研究がなされてきた。しかし、堆積物の化学組成に関する研究は未だ行われていない。

このたび、下総層群堆積物中のB・Sr・Li・Sc・Cu・W・V・Ni・Co・Znなどの微量元素を中心に、主元素のK・Ca・Tiを合わせて定量した。

これらの各元素の分布の上から、更新世における海水準の変動にともなって変化した堆積環境を地球化学的に明らかにすることを目的に研究を行い、その結果、いくつかの知見を得たので、ここに報告する。

2. 地質概略

下総層群は、千葉県の下総台地から茨城県霞ヶ浦周辺の常陸台地、東京都山の手台地など小原台面、下末吉面として示される地域に広く分布する。

本層群は房総半島中部では5°前後北西に傾き、北部になるにつれ次第に傾斜はゆるくなり、ほぼ水平になる。地層区分については、いままでに多くの研究がある（中川，1960；青木・馬場，1971，1973，1978；菊池，1977，1981；徳橋・遠藤，1984ほか）。

そのうちの、おもなものを第1表に示す。

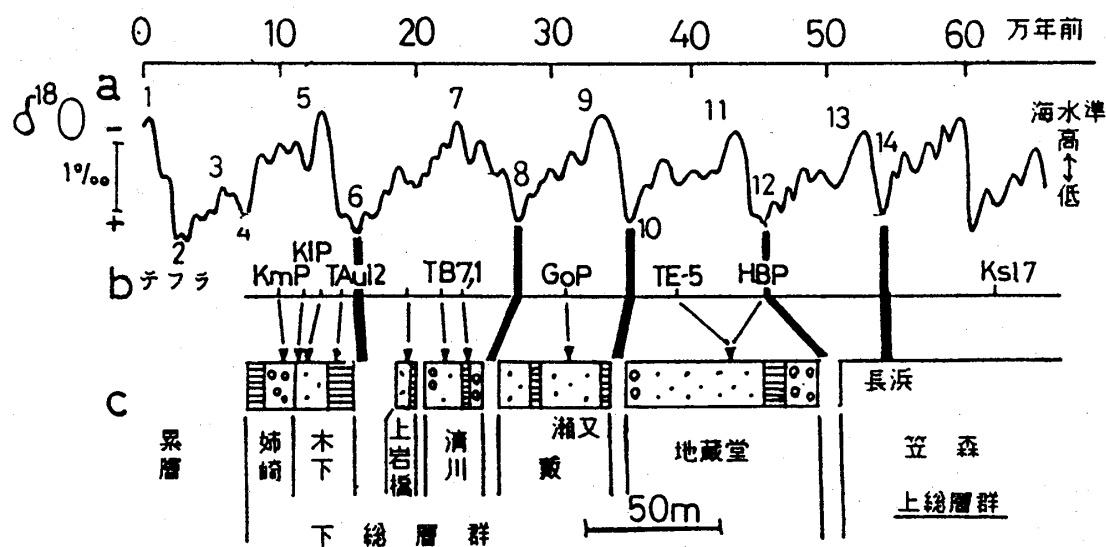
本層群は、更新世における氷期と間氷期の各時期に対応する海水準変動によって、海進・海退をくり返し、貝化石を多産する厚い砂層と薄い泥層や礫層からなる堆積サイクルの集合である。よって、その堆積環境も海水域・汽水域・淡水域と変化する。

第1図はEmiliani (1978) によって示された深海コア中の浮遊性有孔虫殻の酸素同位体比の変動曲線に対応した海水準の変化を、渡部ほか (1987) が示したものである。

-
- | | | |
|-----------------|--------------|--------------|
| 1. 千葉大学教育学部地学教室 | 2. 文化庁文化財保護部 | 3. 東金市立東金中学校 |
| 4. 東京都立職業訓練校 | 5. 米沢市立第三中学校 | 6. 栃木県立小山南高校 |
| 7. 大阪大学教養部地学教室 | | |

第1表 下総層群の層序, () は層厚

青木・馬場(1973; 1980)	菊池(1977; 1981)	徳橋・遠藤(1984)
板橋層 (0.5~3 m)	常総粘土層 (1~4)	常総粘土層 (2 m以下)
姉崎層 (2~3 m)	姉ヶ崎層 (10~+18m)	姉崎層 (1~20m)
竜ヶ崎層 (1~10m)	竜ヶ崎層 (0.5~6 m)	
成田層 (20~40m)		
木下部層	成田層 (50m以上)	木下層 (30m以上)
上岩橋部層	上岩橋層 (20m以上)	横田層 (6 m以上)
清川部層	清川層 (40m)	清川層 (20~25m)
上泉層 (25m)		上泉層 (6~50m)
瀬又層 (20~30m)	藪層 (120m)	藪層 (20~60m)
地藏堂層 (30~70m)	地藏堂層 (130m)	地藏堂層 (50~85m)
成東層 (20m)		
金剛地層 (30m)		



第1図 氷河性海水準変動に支配された下総層群の累層区分

- a : 深海コア中の浮遊性有孔虫殻の酸素同位体比変動曲線を一般化したもの。
Emiliani (1978) による。奇数数字は間氷期, 偶数数字は氷期のstage番号を示す。
- b : 年代測定された主なテフラ。
- c : 下総層群の模式柱状図と累層名。横線は泥層。点部は砂層, 丸部は礫層。
(渡部ほか, 1987)

本研究では, とくに下総層群のうち上部累層に当たる下位から, 清川層・木下層・竜ヶ崎層(姉崎層) および常総粘土層をとりあげた。下部累層については, 続報で報告する予定である。各層の地質概略はつぎの通りである。

清川層は, 青木・馬場(1971)の成田層清川部層に対比される。徳橋・遠藤(1984)は, 本

層の上位を横田層として独立させている。

木下層は千葉県下総・上総のほぼ全域に分布し、下総地域では竜ヶ崎層に、上総地域では姉崎層におおわれるが、直接、常総粘土層におおわれるところもある。本層は層相・化石群集・テフラの放射年代などから、東京湾西側の下末吉台地を構成する下末吉層を模式としている下末吉海進期の堆積層とされる。

竜ヶ崎層は常陸台地および下総台地北縁の一部に分布し、房総半島中部地域に分布する姉崎層に対比される。両層ともクロスラミナの発達する砂礫層を特徴とし、おもに氾濫原の堆積物である。

常総粘土層は、関東火山灰起源の粘土層を主とした湿地堆積物で、竜ヶ崎層や姉崎層に整合に重なる。本層の上位は関東ローム層によっておおわれる。

3. 試料の採取地点と産状

試料の採取地点は、千葉県の吉高、勝間、永吉、川原井、真木ノ内、木下および茨城県南部の正直の7カ所である（第2図参照）。

第3図に各地点における地質柱状図と試料採取位置を示す。各露頭での各地層の堆積相はつぎの通りである。

(a) 吉高

木下層は、下部に溺れ谷を埋没したシルト質砂層があり、これはその上に発達した三角州前面の砂層へ移化する。その上位に、湿地ないし氾濫原に堆積した常総粘土層が重なる。

(b) 吉高

木下層の下位には、清川層の砂泥互層が発達する。この砂層には、ストーム堆積物の特徴であるハンモック状斜交層理や、前浜から沖浜にかけての浅海底での波浪によって形成されたリップル斜交層理が顕著にみられる。

(c) 勝間

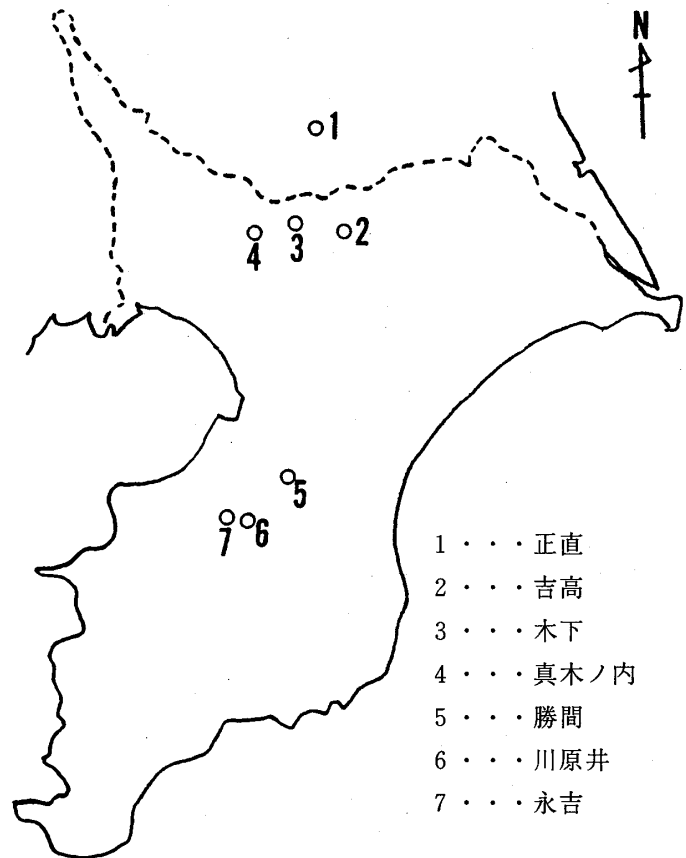
海退過程で堆積した清川層の三角州相の上位に、河川の氾濫原の堆積物である常総粘土層のシルト質粘土層が重なる。

(d) 永吉

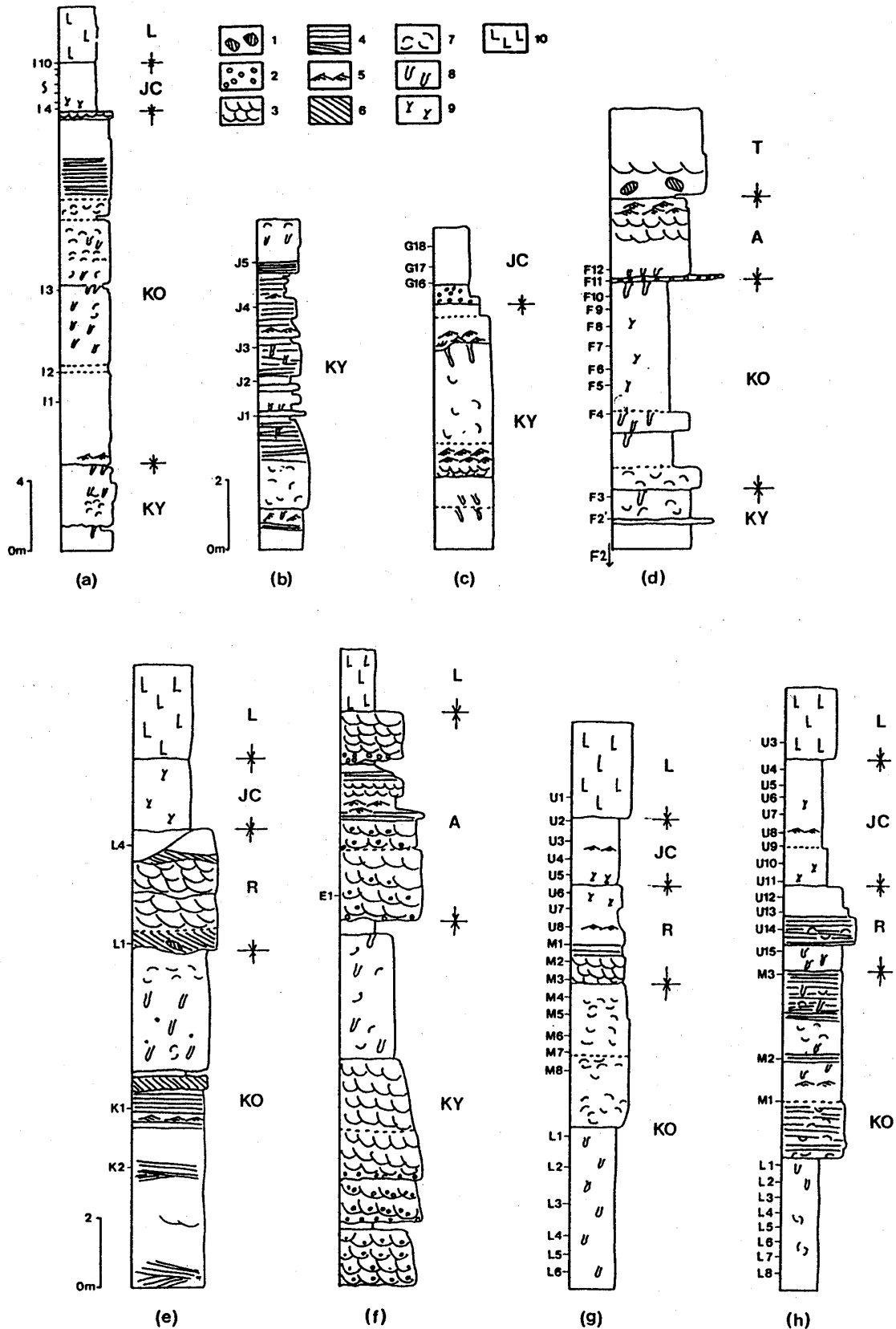
木下層は、溺れ谷を埋没したシルト質砂層から氾濫原ないし湿地のシルト質泥層に移行し、さらに上位には姉崎層の蛇行河川堆積物が重なる。

(e) 正直

木下層は、海底砂州堆積物から溺れ谷埋積層へと移行し、上位に



第2図 試料採取地点



第3図 分析試料採取地点の地質柱状図

地点名：(a)吉高, (b)吉高, (c)勝間, (d)永吉, (e)正直, (f)川原井, (g)真木ノ内, (h)木下, 地質柱状図の凡例：1. 泥層の礫, 2. 礫層, 3. 谷型斜交層理, 4. 平行葉理またはくさび状斜交層理, 5. リップル斜交葉理, 6. 板状斜交層理, 7. 貝化石, 8. 生痕化石, 9. 植物片, 10. ローム層, 柱状図の右側は地層名：L. 関東ローム層, JC・常総粘土層, A. 姉崎層, R. 竜ヶ崎層, KO. 木下層, KY. 清川層, 柱状図の左側に分析試料採取位置を示す。

は竜ヶ崎層の河川堆積物，さらにその上に河川の氾濫原の堆積物である常総粘土層が重なる。

(f) 川原井

清川層の砂質堆積物の上位には，姉崎層の典型的な蛇行河川堆積物が重なっている。姉崎層中には，蛇行河川堆積物の特徴であるイプシロン斜交層理がみられる。

(g) 真木ノ内

ここでの木下層は，典型的な三角州の堆積相を示す。最下部の泥質層は三角州底置層を，その上位のゆるく傾く層理をもった砂質層は三角州の前置斜面の堆積物を示している。木下層の上位には，潮汐低地から潮汐流路に堆積した竜ヶ崎層，さらにその上位には河川の氾濫原堆積物である常総粘土層が重なる。

(h) 木下^{きおろし}

真下ノ内とほぼ同じ堆積相がみられる。

以上の各露頭での堆積相の調査から，堆積物の堆積環境は，沖合および海岸，溺れ谷，三角州，潮汐低地，蛇行河川流域，氾濫原などに分けられる。

4. 試料の処理と分析法

露頭での試料採取は，地層表面の風化した部分は削りとり，表面から20～30cm掘ったところで，ブロック状の形でとり出し，化石の近くのものとはさけ均質な部分に限った。

室内において，どの試料も遠心分離器で回転数と分離時間を一定にして，粘土分（ $<2\mu\text{m}$ ）を分離し，これを分析に供した。

粘土試料の一部は，筑波大学下田研究室で熱処理（500℃，650℃），エチレングリコール，塩酸および硝酸アンモニウム処理を行い，X線回折粉末法で粘土鉱物組成を決定した。

元素分析として，Bは磯崎・内海（1967）の方法にしたがい，エチレンブルー・ジクロロエタン抽出光度定量法によって定量した。その他の元素は，筑波大学分析センターにおいて，ICP発光分析法によって定量した。分析精度の確認は，USGSのMAG-1およびSGR-1によった。

5. 分析結果および考察

(1) 粘土鉱物組成

淡水成と海成の堆積物それぞれ6試料と3試料の粘土鉱物組成を第2表に示す。

淡水成堆積物からの粘土は，おもにカオリナイト・雲母・スメクタイトであるが，試料G18とL1はカオリナイトとスメクタイト，試料I9はカオリナイトだけである。海成堆積物からのものは，試料J2はスメクタイトと雲母であるが，他の2試料には特徴的にイライトを含む。

第2表 粘土鉱物組成

堆積環境	淡 水 成						海 成		
試料番号	L 1	L 4	I 9	F 6	F 12	G 18	K 1	J 2	J 4
粘土鉱物組成	K	K	K	K	K	K	K	S	K
	Mi	Mi		Mi	Mi	Mi	Mi	Mi	S
		S		S	S		S		I
							I		

K …… カオリナイト S …… スメクタイト
Mi …… 雲母 I …… イライト

(2) 化学組成

元素分析を行ったのは、全部で83試料である。このうち、木下と真木ノ内で採取した52試料はBだけを定量した。その他の地点から採取した31試料については、B・Sr・Ni・Co・V・Cu・Zn・Sc・W・Li・K・Ca・Tiの13元素を定量した。よって、Bは、木下・真木ノ内・吉高・永吉・勝間・正直および川原井の7地点すべてからの試料を定量してある。

第3表にその分析結果を示す。

第3表 各地点における下総層群堆積物の化学組成

地 点	永 吉												
地 層	清 川 層			木 下 層									
堆積環境	溺れ谷	三角州		氾 濫 原									
試料番号	F 2	F 2'	F 3	F 4	F 5	F 6	F 7	F 8	F 9	F 10	F 11	F 12	J 1 J 2
B (ppm)	113	40	32	13	13	13	29	14	12	11	11	10	101 149
Sr	243	232	175	153	185	173	110	175	175	199	162	226	240 261
Ni	43	20	37	22	39	28	25	31	27	24	20	51	22 20
Co	25	21	21	23	18	13	31	13	12	3	0.5	28	10 9
V	140	148	117	245	207	165	291	265	188	191	187	336	146 151
Cu	28	26	25	40	41	36	51	47	37	35	29	50	25 24
Zn	50	57	79	147	154	142	80	66	63	96	57	123	59 56
Sc	25	26	23	43	43	34	52	47	38	48	35	59	21 23
W	1.4	1.2	1.1	2.3	2.6	1.8	2.4	2.3	2.1	2.0	1.6	4.0	1.0 1.1
Li	99	62	79	122	151	146	147	104	124	57	50	133	85 83
Ti (%)	0.45	0.43	0.38	0.65	0.64	0.57	0.85	0.70	0.64	0.78	0.65	0.92	0.45 0.49
Ca	2.63	2.41	1.74	1.01	1.04	1.05	0.48	0.89	0.91	0.94	0.73	1.02	1.67 1.98
K	1.27	1.27	1.12	0.65	0.72	0.84	0.61	0.45	0.78			0.98	1.62 1.59

地 点	木 下											
地 層	木 下 層 (下部泥層)										木 下 層 (上部砂層)	
堆積環境	三 角 州 底 置 面										三角州前置斜面	
試料番号	L 10	L 9	L 8	L 7	L 6	L 5	L 4	L 3	L 2	L 1	M 8	M 7 M 6 M 5
B (ppm)	129	96	115	136	97	81	100	94	83	85	112	84 109 75

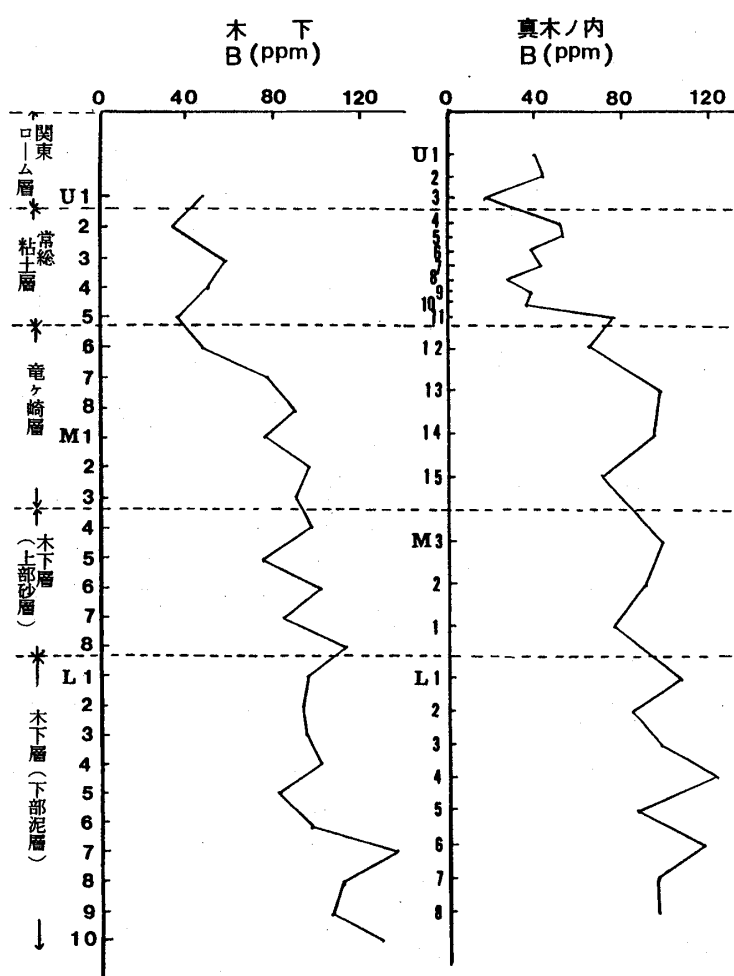
地 点	真 木 ノ 内													
地 層	木 下 層 (下部泥層)								木下層 (上部砂層)			龍ヶ崎層		
堆積環境	三 角 州 底 置 面								三角州前置斜面			潮 汐 低 地		
試料番号	L 8	L 7	L 6	L 5	L 4	L 3	L 2	L 1	M 1	M 2	M 3	U15	U14	U13
B (ppm)	97	96	117	86	123	98	84	107	77	91	99	71	95	99

下総層群堆積物中の微量元素の分布と堆積環境

吉			高						勝 間			正 直				川原井
清 川 層			常 総 粘 土 層						姉崎層	常総粘土層		木下層	龍ヶ崎層			姉崎層
沖 合			氾 濫 原						氾 濫 原			海岸沖の砂州	河口に近い蛇行河川			蛇行河川
J 3	J 4	J 5	I 4	I 5	I 6	I 7	I 8	I 9	G16	G17	G18	K 2	K 1	L 1	L 4	E 1
139	92	85	14	14	15	16	14	13	60	15	11	88	135	48	56	22
260	253	274	88	85	90	123	65	52	61	55	45	149	147	110	102	149
21	27	19	15	14	6	0.1	9	28	35	59	16	61	67	24	10	56
14	15	12	14	15	17	11	17	18	28	14	17	16	20	17	26	20
132	149	113	171	161	152	119	168	197	221	184	195	168	178	251	171	119
25	27	26	31	31	30	25	35	35	38	45	32	31	33	35	33	30
69	56	56	56	59	48	78	139	61	52	52	55	56	98	73	72	63
22	29	24	36	32	35	25	36	33	33	37	42	27	27	37	38	27
1.1	1.6	1.2	2.3	1.9	2.0	1.3	2.0	3.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.9	2.2	2.3	1.6
83	110	99	61	51	51	32	32	19	26	8.0	19	96	104	62	59	52
0.48	0.57	0.53	0.64	0.58	0.62	0.47	0.65	0.70	0.68	0.72	0.62	0.52	0.52	0.59	0.58	0.47
2.00	1.76	1.88	0.38	0.44	0.55	0.75	0.49	0.36	0.34	0.31	0.39	1.15	0.84	0.59	0.66	0.89
1.58	1.42	1.35	1.40	1.08	0.84	1.15	0.41		0.48	0.15	0.35	0.53	1.58	1.33	0.77	1.10

	龍 ヶ 崎 層						常総粘土層				関東ローム層
	潮 汐 低 地						氾 濫 原				陸
M 4	M 3	M 2	M 1	U 8	U 7	U 6	U 5	U 4	U 3	U 2	U 1
98	90	86	76	89	77	47	36	49	58	33	47

	常 総 粘 土 層								関東ローム層		
	氾 濫 原								陸		
U12	U11	U10	U 9	U 8	U 7	U 6	U 5	U 4	U 3	U 2	U 1
65	77	37	38	28	43	38	53	52	18	43	40



第4図 木下および真木ノ内におけるBの分布

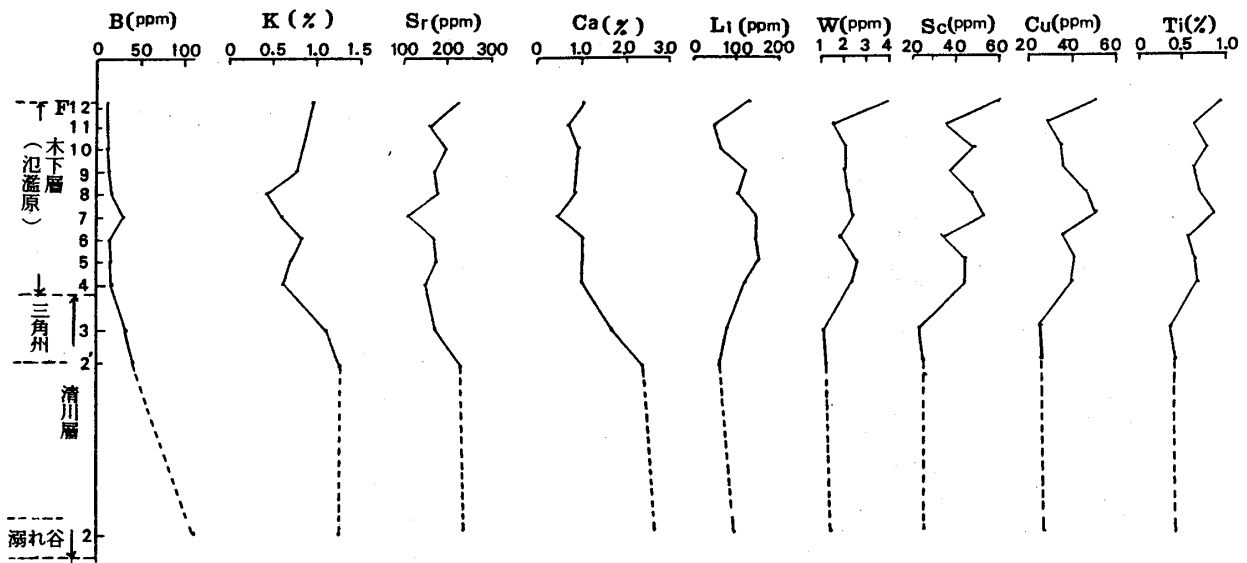
木下と真木ノ内での各層におけるBの分布を第4図に示す。両地点での層序と堆積環境は、ともにつぎの通りである。すなわち、下位より上位にかけて、木下層下部泥層（三角州底置面）、木下層上部砂層（三角州前置斜面）、竜ヶ崎層（潮汐低地）、常総粘土層（氾濫原）と重なり、最上位に関東ローム層（陸成）がのる。堆積相は全体的に海退を示し、順次、上位にかけて海成より汽水成さらに淡水成に移行し、最後に完全な陸成の関東ローム層になる。

B含有量は、この堆積環境の変化に対応し、順次規則的に減少している。なお、関東ローム層のB平均値は37ppmであり、同じ関東火山灰起源の常総粘土層での平均値45ppmより、多少低くなっているものの、その値はほぼ近似している。

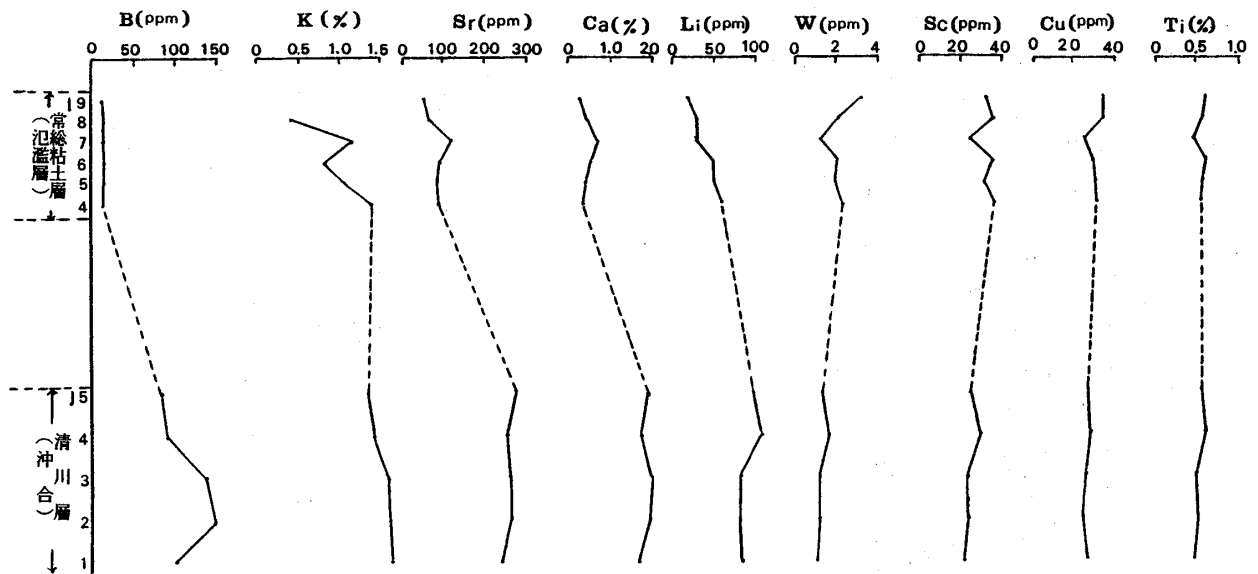
なお、潮汐低地の堆積層である真木ノ内の竜ヶ崎層での試料M1、M2では、その下位の木下層上部砂層のものより、やや高くなっているが、これはかなり海水の影響を受けたこととも考えられよう。

上に述べた木下・真木ノ内でみられるBの傾向は、吉高・永吉でも同様である。勝間については分析数が4試料だけなので、図示はしていないが、ここでも同じ傾向がみられる。

K・Ca・Sr・Liなどの元素もBと同様の挙動を行い、海水域で増加し淡水域で減少する。Cu・Sc・W・V・Tiなどは、上記の元素とは逆に、海水域より淡水域の環境で増加する。



第5図 永吉における元素含量の変化



第6図 吉高における元素含量の変化

堆積環境を沖合（溺れ谷を含む）・三角州・潮汐低地・氾濫原に分け、それぞれの元素含有量平均値と濃度範囲を示したものが、第4表と第7図である。この堆積環境の順序にしたがって、BとKは共に規則的に減少する。Sr・Ca・Liでは、潮汐低地と氾濫原で多少の逆転はみられるものの、大きな差異はなく、全体的には前述のように海水域から淡水域にかけて減少する。

これとは逆に、ScとCuは沖合から氾濫原にかけ規則的に増加する。W・V・Tiなども潮汐低地と氾濫原などで、多少の逆転はみられるもののその差は小さく、全体的には海水域より淡水域で増加している。

第4表 堆積環境における元素の平均値と濃度範囲

	沖 合	三 角 州	潮 汐 低 地	氾 濫 原
B (ppm)	113 85-149	95 32-136	75 47-99	26 10-60
K (%)	1.51 1.35-1.62	1.13 0.53-1.58	1.05 0.77-1.33	0.75 0.41-1.40
Sr (ppm)	258 240-274	176 147-232	106 102-110	125 45-226
Ca (%)	1.86 1.67-2.00	1.54 0.84-2.41	0.63 0.59-0.66	0.68 0.31-1.05
Li (ppm)	92 83-110	85 62-104	61 59-62	73 8-151
Sc (ppm)	24 21-29	26 23-27	38 37-38	39 32-59
Cu (ppm)	25 24-27	29 25-33	34 33-35	37 25-51
W (ppm)	1.20 1.0-1.6	1.45 1.1-1.9	2.25 2.2-2.3	2.18 1.3-4.0
V (ppm)	138 113-151	153 117-178	211 171-251	198 119-336
Ti (%)	0.50 0.45-0.57	0.46 0.38-0.52	0.59 0.58-0.59	0.66 0.47-0.92

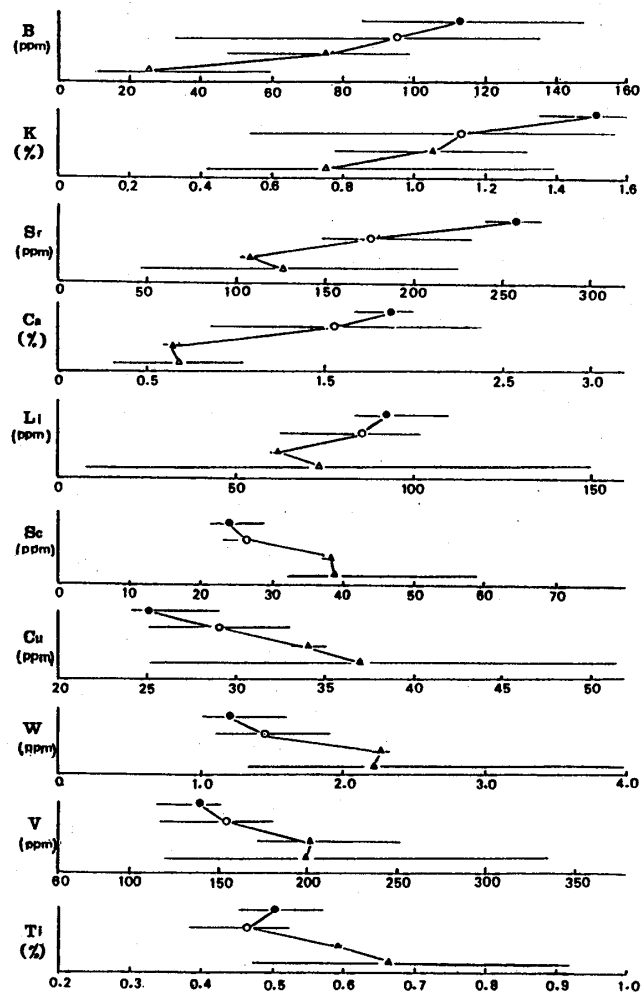
汽水域と考えられる潮汐低地のものを除いて、堆積物を海成と淡水成の2つに分け、それぞれの平均値をとってみると、つぎのようになる(第5表参照)。

海成堆積物に富むもの……B・K・Sr・Ca・Ni・Li

淡水成堆積物に富むもの……Sc・Cu・W・V・Ti・Zn

これらの平均値は、Turekian and Wedepohl (1972) その他によって示されている全粘土、泥質堆積物・堆積岩などの各元素含有量平均値にほぼ近い値を示す。以上の元素のうち、とくに堆積環境の海水域と淡水域の区別に有効なものは、B・K・Cu・SuおよびSrである。

つぎに各元素の挙動について考察してみる。かつてGoldschmidt (1954) が、堆積物・堆積岩中の微量元素分配の上から、その堆積環境を地球化学的に明らかにする可能性を指摘して以



第7図 各堆積環境における元素含量平均と濃度範囲

●……沖合 ▲……潮汐低地
○……三角州 △……氾濫原

第5表 海成および淡水成堆積物における元素の平均値と濃度範囲

	海 成	淡 水 成
B (ppm)	98 32-149	26 10-60
K (%)	1.34 0.53-1.62	0.75 0.41-1.40
Sr (ppm)	223 147-274	125 45-226
Ca (%)	1.80 0.84-2.00	0.68 0.31-1.05
Ni (ppm)	34 19-67	27 0.1-56
Li (ppm)	90 62-110	73 8-151
Sc (ppm)	25 21-29	39 32-59
Cu (ppm)	27 24-33	37 25-51
W (ppm)	1.3 1.0-1.9	2.2 1.3-4.0
V (ppm)	144 113-178	198 119-336
Ti (%)	0.48 0.38-0.57	0.66 0.47-0.92
Co (ppm)	16 9-25	17 0.5-28
Zn (ppm)	64 50-98	84 48-154

来、Bをはじめとする微量元素の分配から堆積環境を推定しようとする試みがなされてきた。

Keith and Degens (1959) は、海成頁岩はB・Li・Sr・F・Sに富み、淡水成頁岩はGa・Vに富むとした。その後、Bが海成堆積物や堆積岩に多く濃集している場合が多いことが分かり、Bは海成環境の指示元素として有効であることが、多くの研究者によって明らかになってきた。

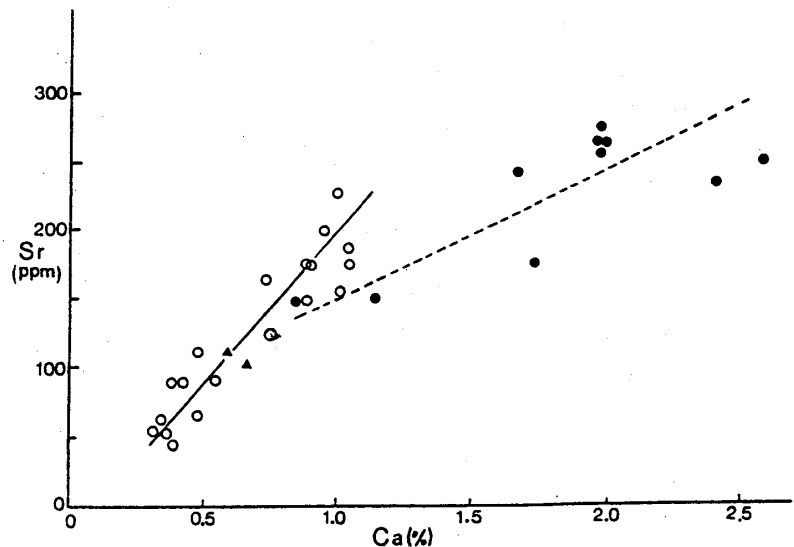
また、Bは粘土鉱物の海成イライイトに濃集し、続成作用による変化もなく、比較的安定であるとされた。Kもまた海水環境下でイライイトの形成に関与し、Bとイライイトの量またはKとの正の相関関係も指摘されている。

本研究の結果、下総層群堆積物中の粘土では、調査されたすべての地点で、B含有量は海水域より汽水域、さらに淡水域の堆積環境の変化にともなって規則的に減少することがわかった。平均値でも

淡水成堆積物の26ppmに対し、海成堆積物の98ppmと、かなり海成のものに高濃度で、下総層群堆積物の場合でも、Bは堆積環境を指示する有効な微量元素であることが確かめられた。

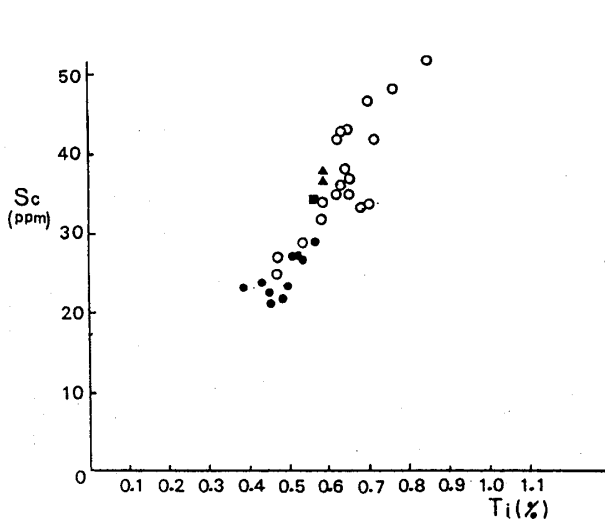
Kも同様に海成で平均1.34%、淡水成で平均0.75%を示し、これも堆積環境の指示元素となると思われる。

また、分析数は少ないものの、第2表で示すように、海成堆積物粘土は、淡水成のものには含まれないイライイトが特徴的にみられ、主としてBはイライイトに吸着されていると思われる。海成に多いLi



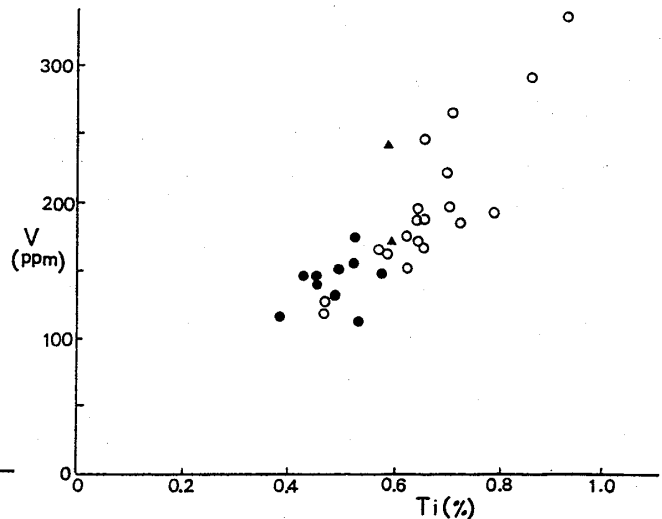
第8図 CaとSrとの関係

●……海成 ○……淡水成
▲……汽水成



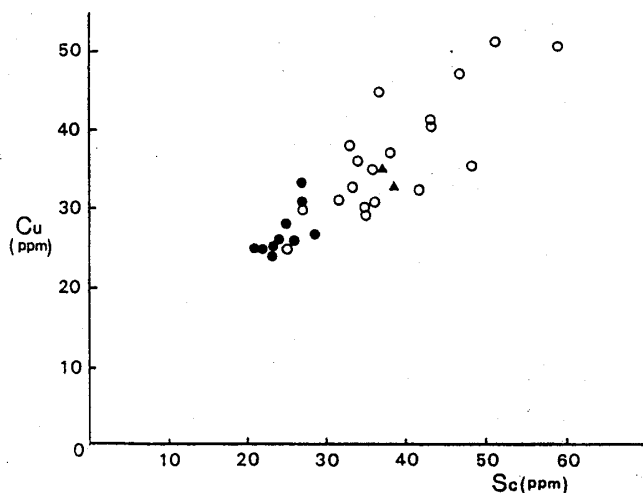
第9図 TiとScとの関係

●……海成 ▲……汽水成
○……淡水成



第10図 TiとVとの関係

●……海成 ▲……汽水成
○……淡水成



第11図 ScとCuとの関係

●……海成 ▲……汽水成
○……淡水成

も同じアルカリ元素として、イオンの性質の類似性からKにもなっているものと考えられる。

海成粘土に多いCaとSrも、同じアルカリ土類に属し、イオンの性質の類似性から、似た挙動を示すものと考えられる。なお、第8図に示すように、CaとSrとの間の正の相関は、海成のものでは多少のばらつきがみられるが、淡水成のものには、かなり、はっきりとした関係がみとめられる。また、海成のものでは、淡水成のものに比べ、Ca/Sr比が大きいことがわかり、興味のある事実である。

淡水成堆積物に富むSc・Cu・W・V・Ti・Znでは、Ti-Sc (第9図)、Ti-V (第10図) およびSc-Cu (第11図) などに正の相関がみとめられ、ほかにもV-

Wなどにも同様の関係がみられている。これらの元素間には、それぞれイオンの性質の類似性があり、互いに随伴関係があると考えられる。また、CuやZnなどについては硫化物として存在することも考えられ、今後の研究によって明らかにしたい。

Loventhal and Hosterman (1982) は、デボン紀の黒色頁岩について、Ni・Cu・V・W・Zn・Hg・Asなどは有機炭素によってコントロールされるとし、Freng and Kenrich (1990) は、Ti・Sc・V・Co・Zn・Thなどは、とくにその供給源によって大きく左右されると指摘している。

粕ほか (1983) は上総層群堆積岩中の有機炭素量とSによって、堆積物の形成環境の酸化・還元条件を論じ、Terashima et al. (1983) は、現世堆積物について、有機炭素量、全硫黄

量と他の元素との関係を説明している。

従来、堆積物や堆積岩中の微量元素の分配を支配するものとして、供給源、風化の度合、続成作用、堆積環境での酸化・還元状態、PHなど、多くの要因が指摘されている。

本研究では、下総層群のうち上部累層の堆積物中の微量元素の分布を中心に、その概要を報告した。今後、下部累層についても研究を行い、総括的に元素の分配のメカニズムを検討したいと考える。

終りにのぞみ、本研究において分析の御指導と御助言をいただいた、千葉大学工学部の黒田六郎教授、小熊幸一助教授、立本英樹助教授をはじめ、X線回折について御指導いただいた筑波大学地球科学系の下田 右教授、坂本吉宏博士に対し、あつく御礼申し上げる。なお、分析や資料の整理などに御協力いただいた、千葉大学の若月 聡、野村広記両氏に記して謝意を表する。

文 献

- 青木直昭・馬場勝良 (1971) : 木更津一市原地域の瀬又、上泉および成田層の貝化石群とその産出層準. 地質雑, 77, 137-151.
- 青木直昭・馬場勝良 (1973) : 関東平野東部, 下総層群の層序と貝のまとめ. 地質雅, 79, 453-464.
- 青木直昭・馬場勝良 (1978) : 成田層の古地理. 筑波の環境研究(3), 187-197.
- 磯崎昭徳・内海 喩 (1967) : 岩石中のホウ素のメチレンブルー-テトラフオロホウ酸錯酸による抽出吸光度定量. 日化雑, 88, 741-744.
- Emiliani, C. (1978) : The cause of the ice ages. *Earth. Planet. Sci. Lett.* 37, 349-352.
- Kikuchi, T. (1977) : Pleistocene sea level changes and tectonic movements in the Boso Peninsula, central Japan. *Geogr. Rep. Tokyo Metropolitam Univ.* 12, 77-103.
- 菊池隆男 (1981) : 常総粘土層の堆積環境. 地質学論集, 20, 129-145.
- Keith, M. L. and Degens, E. T. (1959) : Geochemical indicators of marine and fresh-water sediments, in Abelson, P. H. ed., *Researches in Geochemistry*. John Wiley & Sons, New York, 38-61.
- 粕 武・鈴木尉元・小玉善三郎 (1983) : 上総層群泥質岩中の硫黄・炭素・塩素・鉄の形態・組成と堆積環境. 地調月報, 34, 4, 191-206.
- Goldschmidt, V. M. (1954) : *Geochemistry*. Clarendon Press, Oxford, 280-291.
- 下総台地研究グループ (1984) : 千葉県手賀沼周辺地域における木下層基底の形態と層相の関係. 地球科学, 38, 226-234.
- Loventhal, J. S. and Hosterman, J. W. (1982) : Chemical and mineralogical analysis of Devonian black-shale samples from Marthin Country, Kentucky, Carroll and Washington Countries, Ohio, Wise Country, Virginia, and Overton Country, Tennessee, N. S. A. *Chem. Geol.* 37, 239-264.
- Turekian, K. K. and Wedepohl, K. H. (1972) : *Handbook of Geochemistry*. Springer-Verlag.
- Terashima, S., Yonetani, H., Matsumoto, E. and Inouchi, Y. (1983) : Sulfur and carbon contents in Recent sediments and their relation to sedimentary environments. *Bull. Geol. Surv. Japan*, 34, 361-382.
- 徳橋秀一・遠藤秀典 (1984) : 姉崎地域の地質, 地域地質研究報告 (5万分の1図幅). 136p.

中川久夫 (1960) : 地蔵堂および藪層. 地質雅, 66, 305-310.

Freg. R. and Kerrich, R. (1990) : Geochemistry of fine-grained clastic sediments in the Archean Abilibi greenstone belt, Canada; Implications for provenance and tectonic setting. G. C. A. 54, 1061-1081.

渡辺景隆・増田富士雄・桂雄三・岡崎浩子 (1987) : 関東地方の自然環境の移り変わり (I). 地学教育, 40, 1-12.

The Distribution of Some Minor Element in the Sediments
from Shimosa Group and their Relation to the
Sedimentary Environments.

Hideo ISHIKAWA, Yuzo KATSURA, Hideki TAKEZAWA,
Kiyoko TAKEZAWA, Yukari HAGA, Tsutomu AKAZAWA
and Fujio MASUDA

Summary

The Shimosa Group composed of marine sands periodically intercalated with thin beds of non-marine muds, sands and gravels, is distributed mainly in the northern Boso Peninsula, central Japan.

Contents of the element B, K, Sr, Ca, Ni, Li, Sc, Cu, W, V, Ti, Co and Zn in the clay from the sediments are determined and discussed geochemically on their relationship to the sedimentary environments.

As the results of this study, following conclusions are obtained:

- (1) B, K, Sr and Ca are significantly more abundant in the marine than in the fresh-water sediments, whereas Sc, Cu, W, V, Ti and Zn are more abundant in the fresh-water sediments than in the marine ones.
- (2) It is indicated that the element B, K, Cu, Sr and Sc are especially good geochemical indicator for the discrimination between marine and non-marine sedimentary environments.
- (3) There is a positive correlation in Ca-Sr, Ti-Sc, Ti-V, V-W and Sc-Cu in diagram.