

静岡県掛川地方の“沖合型”の砂泥互層

牧野泰彦^{*}・増田富士雄^{**}・桂雄三^{**}

（1978年10月23日受理）

“Distal-type” Alternation of Sandstone and Mudstone in Kakegawa District, Shizuoka Prefecture, Japan

^{*}Yasuhiko MAKINO, ^{**}Fujio MASUDA and ^{**}Yuzo KATSURA

（Received October 23, 1978）

Abstract

Markov analysis based on the divisions of inner sedimentary structures is applied to eight localities of “flysh-like deposits” in Japan. These deposits are situated on the down-current direction as shown in figure 6.

The “distal-type” alternation of sandstone and mudstone in Kakegawa district, Shizuoka Prefecture is discussed. Predominant sedimentary structures are Bouma's upper divisions; upper interval of parallel lamination and pelitic interval. The upper interval of parallel lamination consists of fine- to very fine-grained sand or coarse silt. The parallel laminations commonly grade into the wavy laminations in the upper part. The transitional pattern of each division is very simple and has the low values of entropy, which are characteristic features of the “distal-type” alternation of sandstone and mudstone.

まえがき

地質時代の“地向斜堆積物”には岩相の単調な砂岩・泥岩の互層を主とするフリッシュ堆積物が大量に含まれている。KUENEN and MIGLIORINI（1950）の乱泥流によるフリッシュ堆積物の堆積機構の説明に刺激されて、今日まで非常に多くのフリッシュ様堆積物について研究が行なわれてきている。近年では、深海掘削による海洋地質の成果と陸上における地質時代のフリッシュ相との対比から、フリッシュ堆積物の堆積の場として submarine fan（海底扇状地）が考えられている（NORMARK, 1970; RICCI LUCCI, 1975; WALKER, 1978）。

わが国のフリッシュ様堆積物の研究としては、田中啓策による和泉層群の研究（1965）や蝦夷層群の詳細な調査（1975）、立石（1973）、紀州四万十帯団体研究グループ（1975）による紀伊半島の四万十層群の研究、君波和雄による根室層群の一連の研究（1975他）など数多くある。その中で、平山・鈴木（1965, 1968）、HIRAYAMA and NAKAJIMA（1977）、徳橋（1976a, b）による房総半島の第三系・第四系の砂泥互層の研究は、単層解析という新しい手法によって、単層の三次元的な形態を再現し、堆積機構・地史などに多くの新知見をもたらした。

* 茨城大学教育学部地学研究室 . Geological Laboratory, Faculty of Education, Ibaraki University.

** 筑波大学地球科学系 . Institute of Geoscience, the University of Tsukuba.

筆者らは、地層の水理学的性質を反映するものとして、野外で(1)粒度、(2)層厚、(3)単層の基底面の状態、(4)岩相、(5)堆積構造、(6)その他の特徴（古流系、産出化石など）を観察し、それらの垂直変化からフリッシュ様堆積物の特徴を把握し、ひとつの堆積盆地内での堆積史を明らかにすることを目的としている。そこで、第一段階として、フリッシュ様堆積物は上記の観察事項がどのような重なり方をしているか、さらにそれらの基本的なパターンはどのようなものかを調べるため、上記の6つの観察事項を加味したマルコフ解析によって記載を始めている。

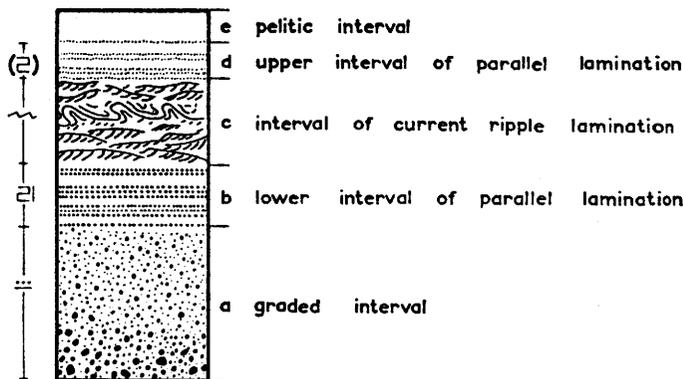
堆積過程の記載手段として、マルコフ解析の有用性は、地向斜堆積層（NAYLOR and WOODCOCK, 1977；牧野・増田, 1978）、夾炭層（SELLY, 1969）、河川成層（MIALL, 1973）など多くの堆積相に対して広く認められており、その結果が、堆積の場および堆積機構の特徴を示すことが示唆されている。しかし、これらの応用例は、マルコフ解析の状態変数として、砂岩・頁岩・石灰岩といった岩相単位でのものが大半を占めており、内部堆積構造の単位での応用例は、SIMPSON (1970)によるポーランドの始新統のフリッシュ相についてのものなどがある。また、マルコフ解析における推移確率行列から算出された、さまざまな堆積環境のエントロピーの値は、堆積相の周期性と密接に関連し、その堆積環境との関係が認められると報告されている（HATTORI, 1976）。

ここでは、筆者らが予察的に行なった日本各地に分布するフリッシュ様堆積物の、内部堆積構造単位でのマルコフ解析の結果（桂・増田, 1978）を簡単に述べる。次に、それらにはみられなかった“沖合型”の砂泥互層として、静岡県掛川地方の新第三系・第四系の予察的な調査結果から得られた堆積物の特徴を報告する。

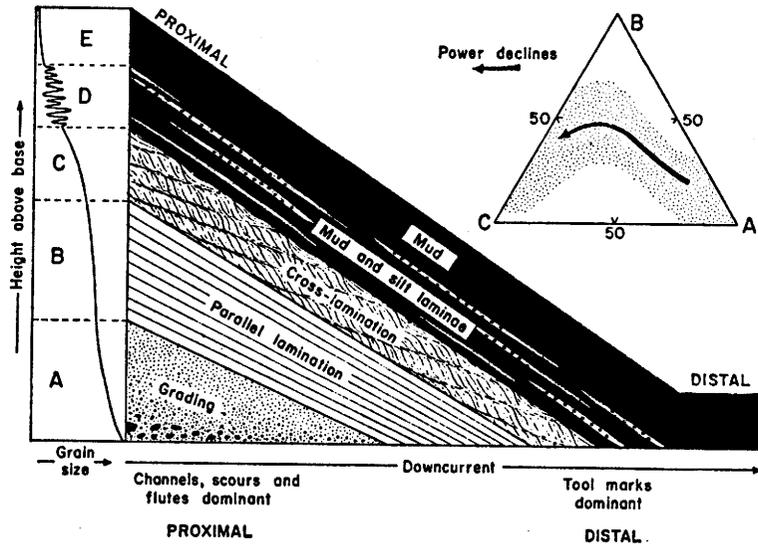
砂泥互層の内部堆積構造の推移パターン

フリッシュ様堆積物の堆積の場として submarine fan が考えられていることはすでに述べた。Submarine fan は地形的な特徴から upper fan, mid fan, lower fan に3分される（NORMARK, 1970）。堆積構造はそれぞれに特徴的で、連続的な変化を示す。

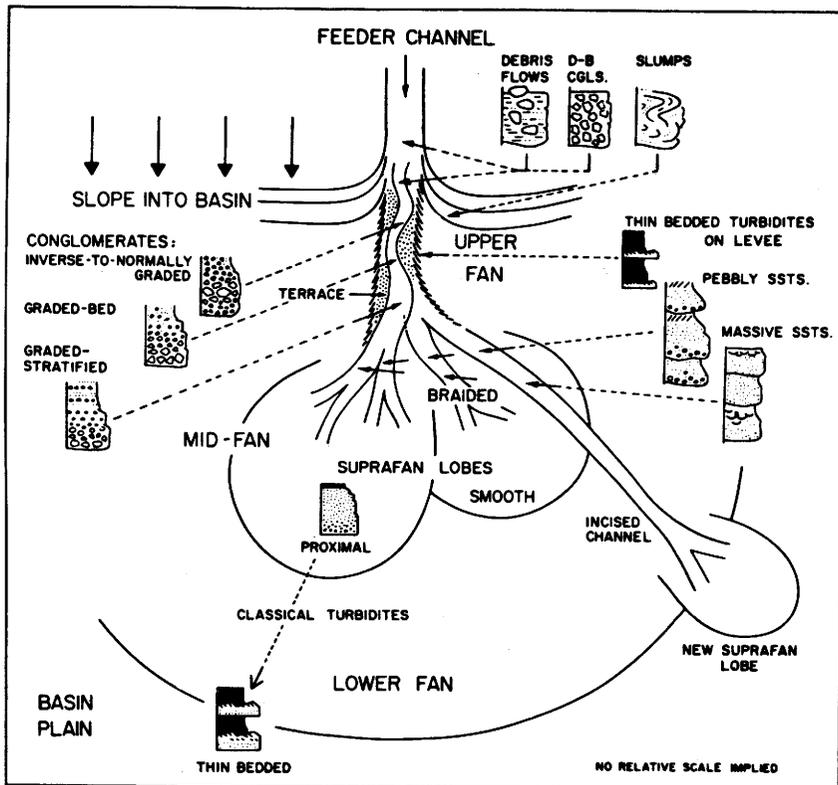
BOUMA (1962) はフランス南西部 Peira-Cava 地域のフリッシュ堆積物の研究から、単層における典型的な内部堆積構造の重なり方は、下位から A) 級化成層部 (graded interval), B) 下部平行葉理部 (lower interval of parallel lamination), C) 斜交葉理部 (interval of current



第1図 Bouma sequence (BOUMA, 1962)



第2図 Bouma sequenceの下流方向への変化 (WALKER, 1965)



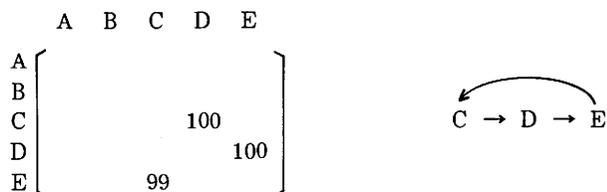
第3図 Submarine fan モデル (WALKER, 1978)

ripple lamination), D) 上部平行葉理部 (upper interval of parallel lamination), E) 泥質部 (pelitic interval) の順序であるとした(第1図)。これは、それぞれ Bouma sequence の A, B, C, D, E 部分 (divisions) と呼ばれている。WALKER (1965) はこの Bouma sequence を乱泥流の下流方向にみられる一連の変化として第2図のように位置づけた。さらに、WALKER (1978) はそれを先に述べた submarine fan の mid fan から lower fan にみられる堆積物の特徴であるとし、それらを classical turbidite と呼んだ(第3図)。van VLIET (1978) の deepwater fan のモデルによれば、middle fan から outer fan, さらに沖合の fan fringe へと位置づけられよう。

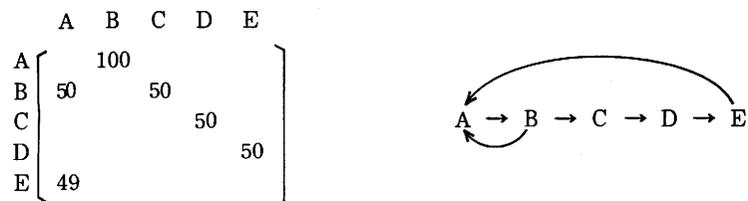
WALKER (1978) の classical turbidite すなわち, fan system の channel 末端部から下流方向での堆積物の垂直変化の記載を簡単な例で考えてみよう。Bouma sequence の A, B, C, D, E の各部分が全部そろっている layer が 100 枚重なっている場合の推移頻度行列およびマルコフ連鎖図は次のようになる(マルコフ解析の詳細は牧野・増田(1978)を参照)。



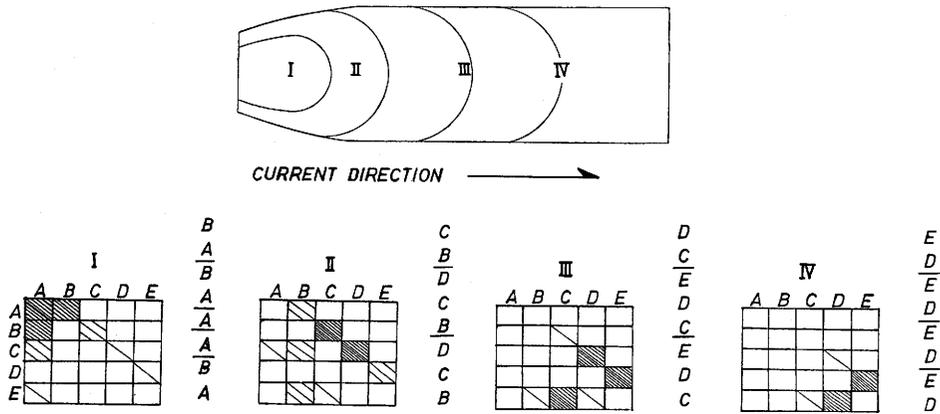
それより下流域で、C, D, E の部分からなる layer が 100 枚重なっている場合は以下のようになる。



また、A 部分からはじまる 100 枚の layer のうち、半分の layer は A~E 部分まで全部そろい、残りの半分は C, D, E 部分が欠けている時には次のようになる。



実際にはこのように上部が欠除している事が多い。これらを考慮して、下流方向での内部堆積構造の推移確率行列およびその推移パターンを模式的に示したのが第4図である。これは、WALKER (1967) の A B C - index 法よりも砂泥互層の位置づけと重なり方をより具体的に表現できることになる。



第4図 流れの方向と内部堆積構造の推移行列

各地のフリッシュ様堆積物のマルコフ連鎖図

予察的に次の各地のフリッシュ様堆積物について調査した。

- (1)那珂湊（茨城県） 那珂湊層群，白亜系
- (2)大田代（千葉県・房総半島中央部） 上総層群大田代層，第四系
- (3)秋谷（神奈川県・三浦半島西海岸） 三浦層群返子層，上部中新統
- (4)白浜（和歌山県・紀伊半島西南部） 田辺層群，中新統
- (5)田子の浦（和歌山県・紀伊半島南部） 牟婁層群，漸新一中新統
- (6)野根（高知県） 室戸半島層群奈半利川層 古第三系
- (7)日南海岸堀切峠（宮崎県） 宮崎層群，中新統

各調査地点での全層厚，地層の枚数，平均層厚は第1表に，また推移パターンを第5図に示した。その特徴を簡単に述べると次の通りである。

(1)那珂湊層群中には，submarine fanの発達が見られ，特にmid fanからupper fanの堆積物が特徴的である（MASUDA and KATSURA, 1978）。また，各layerにみられるBouma sequenceのA部分には，turbidity current以外のsediment gravity flow（MIDDLETON and HAMPTON, 1976），すなわち，grain flow・fluidized flowによると考えられる堆積物も含まれている。

第1表

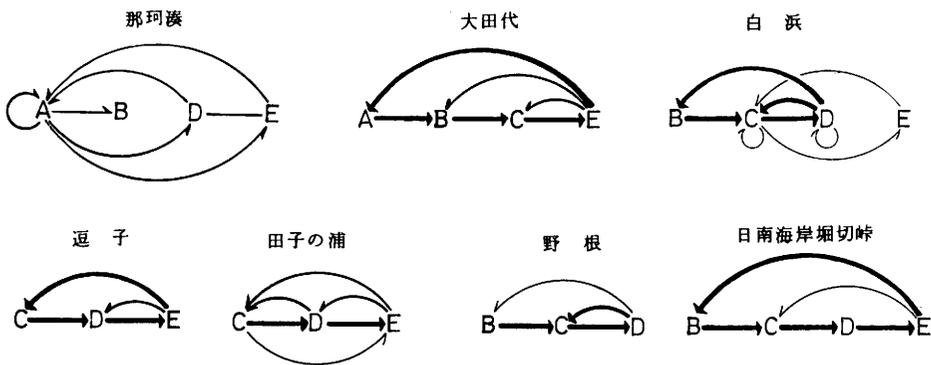
	(1)那珂湊	(2)大田代	(3)秋谷	(4)白浜	(5)田子の浦	(6)野根	(7)日南海岸
全層厚 (cm)	63964	3498	1828	1696	3869	7383	2660
枚数	1117	56	65	146	656	443	52
平均層厚 (cm)	57.3	62.5	28.1	11.6	5.9	16.7	51.1

(2)蔵玉林道の大田代層では、Bouma sequence の A～E の各部分が典型的に発達し、特に A 部分の上部から B 部分にかけての位置に泥岩の同時侵蝕礫や軽石が集中するのが顕著である。

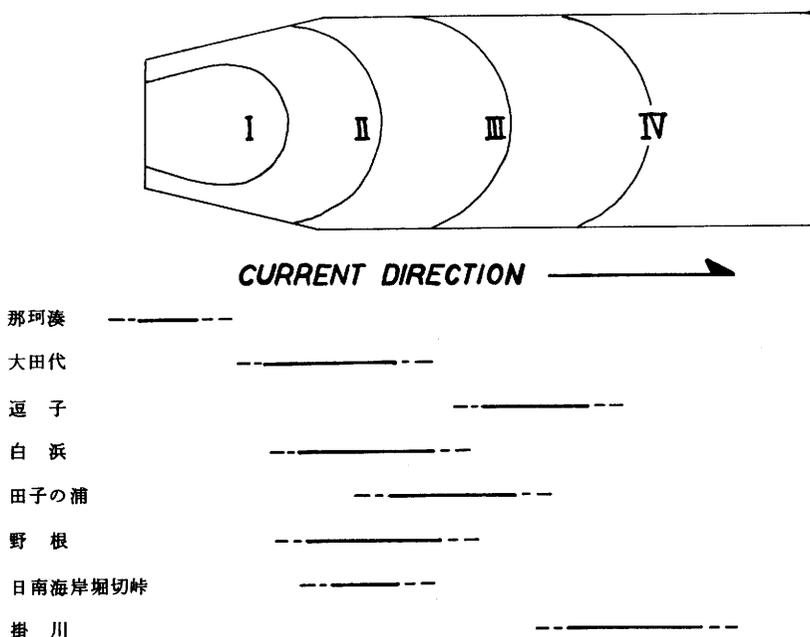
(3)秋谷の逗子層は、各 layer に Bouma sequence の C, D, E の各部分が発達し、各 layer の厚さの 80～90% は泥質部 (E) よりなる。

(4)白浜の田辺層群は各 layer に Bouma sequence の B～E 部分が発達する。泥質部と上位の layer との境界部には flame 構造・小規模な ball and pillow 構造などが観察される。

(5)田子の浦の牟婁層群は Bouma sequence の C～E 部分が発達し、逗子層と同様のパターンを示すが、C 部に climbing ripple cross lamination がみられる点で異なる。



第 5 図 内部堆積構造の推移パターン



第 6 図 各地の堆積物の水平方向での位置づけ

(6)野根の奈半利川層は Bouma sequence の B～E 部分が発達し、E 部分の厚さが薄いことで特徴づけられる。

(7)日南海岸堀切峠の宮崎層群は Bouma sequence の B～E 部分がよく発達し、模式的な有律互層を呈する。

各地の堆積物は、内部堆積構造の推移パターンから第 6 図のような位置づけができる。すでに述べた特徴は、あくまで調査範囲内の事である。さらに、これらの位置づけは今のところ 2 次元のであり、同一堆積構造が卓越した互層でもその推移様式が異なることは、3 次元的な堆積の場の違いによるものと予想される。たとえば、那珂湊層群中にみられる Bouma sequence の D、E 部分の卓越する互層は、次に述べる掛川地方の砂泥互層のようないわゆる“沖合型”ではなく、むしろ fan の lobe 間、あるいは channel 間の堆積相である可能性が強い (MASUDA and KATSURA, 1978)。

また、内部堆積構造の出現頻度、推移様式だけでなく、層厚分布、粒度なども 3 次元的な堆積の場の違いを反映していると思われる。この点については、今後、資料が蓄積した別の機会に述べる予定である。3 次元的な位置づけをより明確に反映するものとして、堆積盆地内での内部堆積構造の推移様式の変遷が考えられる。すべてのフレッシュ様堆積物が submarine fan に位置づけられるものではないし、他の堆積の場であることも考えられる。特に、デルタ堆積物との識別には細心の注意が必要であろう。さらに、フレッシュ様堆積物の堆積様式と構造運動との対応関係にも留意すべきである。今後、次に述べるような詳細な記載が進むにつれて、このような大きな問題解決への道が開られると思われる。

掛川地方の“沖合型”の砂泥互層

地質概説

静岡県掛川地方に分布する新第三系・第四系は、榎山次郎の一連の研究 (1963 他) や UJIRÉ (1962) の研究などによって基本的な層序が明らかになり、多産する有孔虫化石や貝化石などの古生物学的研究 (斎藤, 1960 他) も精力的に行われている。そこで、掛川地方は日本の新第三系の太平洋側の標準地域とみなされている。さらに、最近では古地磁気やフィッシュントラック法による絶対年代測定などの結果も考慮して地質時代を論じ、国際的なくわしい対比も行なわれつつある。また、当地域は堆積盆地の形態が比較的よく保存されており、榎山 (1975) によれば、掛川層群堆積時 (鮮新一更新世) にも、現在の遠州灘から駿河湾付近にみられる海底地形が存在していたと考えられる。

調査地点

今回、調査の対象とした地点および地層は上位から下位へ次の通りである。

Loc. 1 : 上土方 曾我層群・曾我凝灰岩付近

Loc. 2 : 大谷 掛川層群堀之内互層・細谷凝灰岩直上

Loc. 3 : 五百済東方 堀之内互層・五百済凝灰岩直下

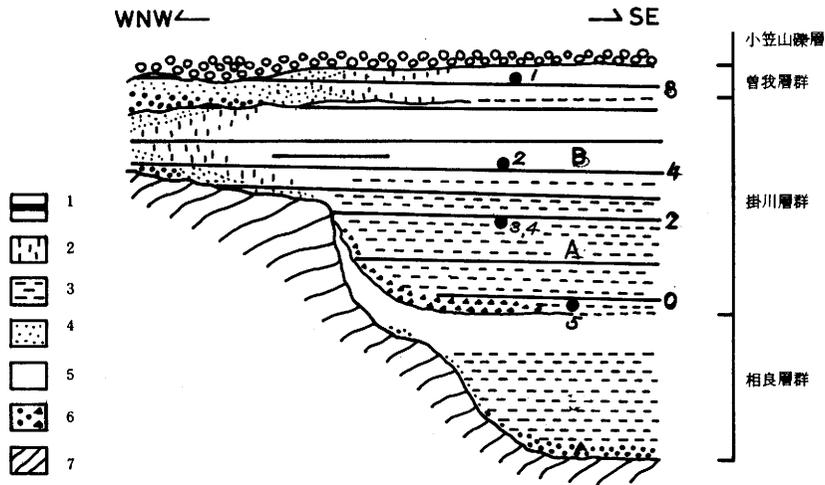
Loc. 4 : 五百済東方 堀之内互層・Loc. 3 より約 60 m 下位

Loc. 5 : 有ヶ谷 堀之内互層・有ヶ谷凝灰岩付近

各地点を模式断面図 (IBARAKI and TSUCHI, 1974 を簡略化) に示すと第 7 図のようで、いわゆる“沖合型” (distal-type) の互層といえる。各地点の詳細な柱状図は第 8～12 図に示した。CHINZEI and AOSHIMA (1976) が底生、浮遊性有孔中殻の同位体研究により、その堆積深度が 400～500 m と推定した層準は Loc. 1 と Loc. 2 の間に位置する。

層厚分布

各地点での砂と泥の比率，地層の枚数については第2表に示した。砂岩／泥岩率は0.09～2.05で比

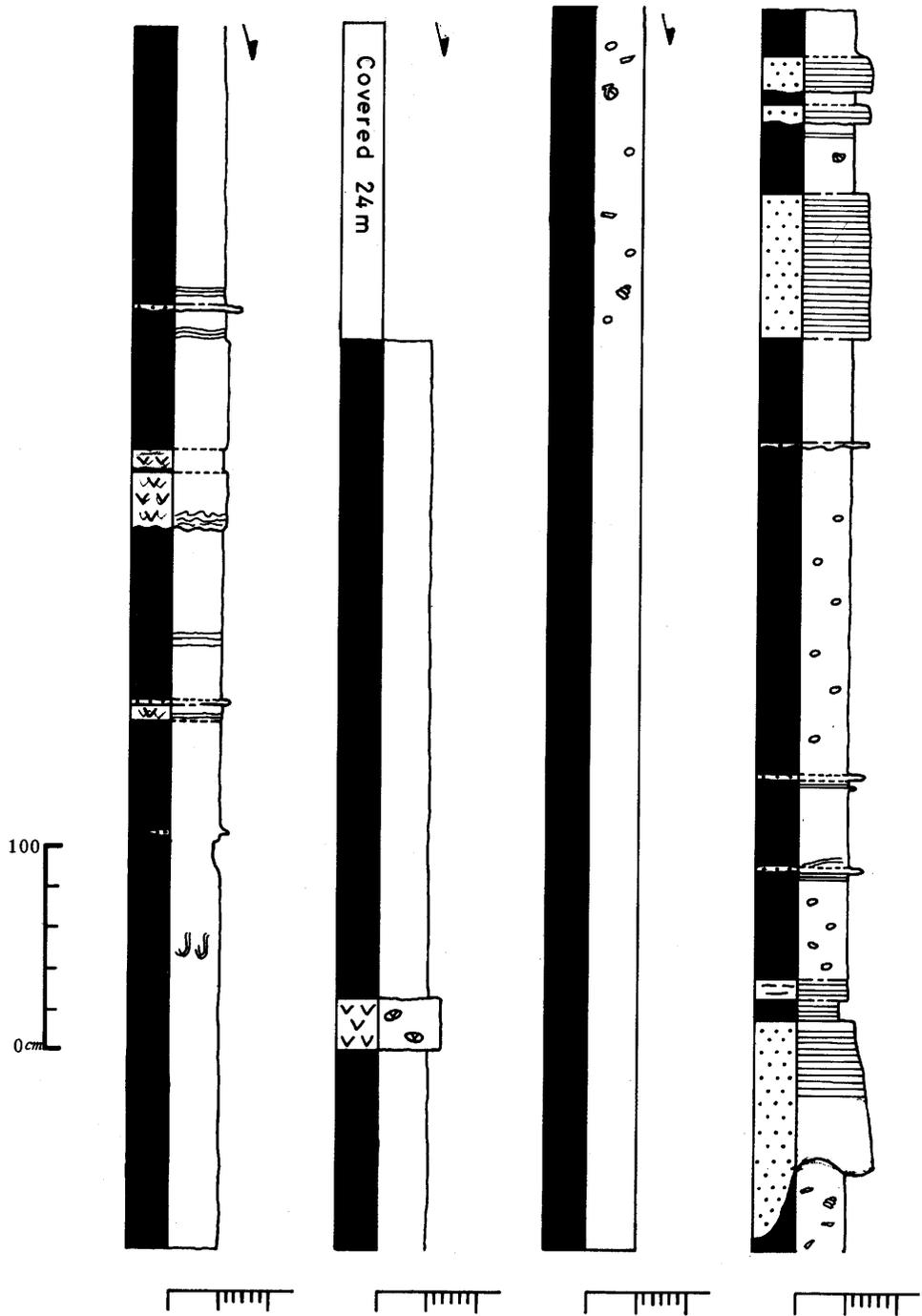


第7図 掛川地方の模式断面図 (IBRAKI and TSUCHI, 1974を簡略化) と柱状断面の位置

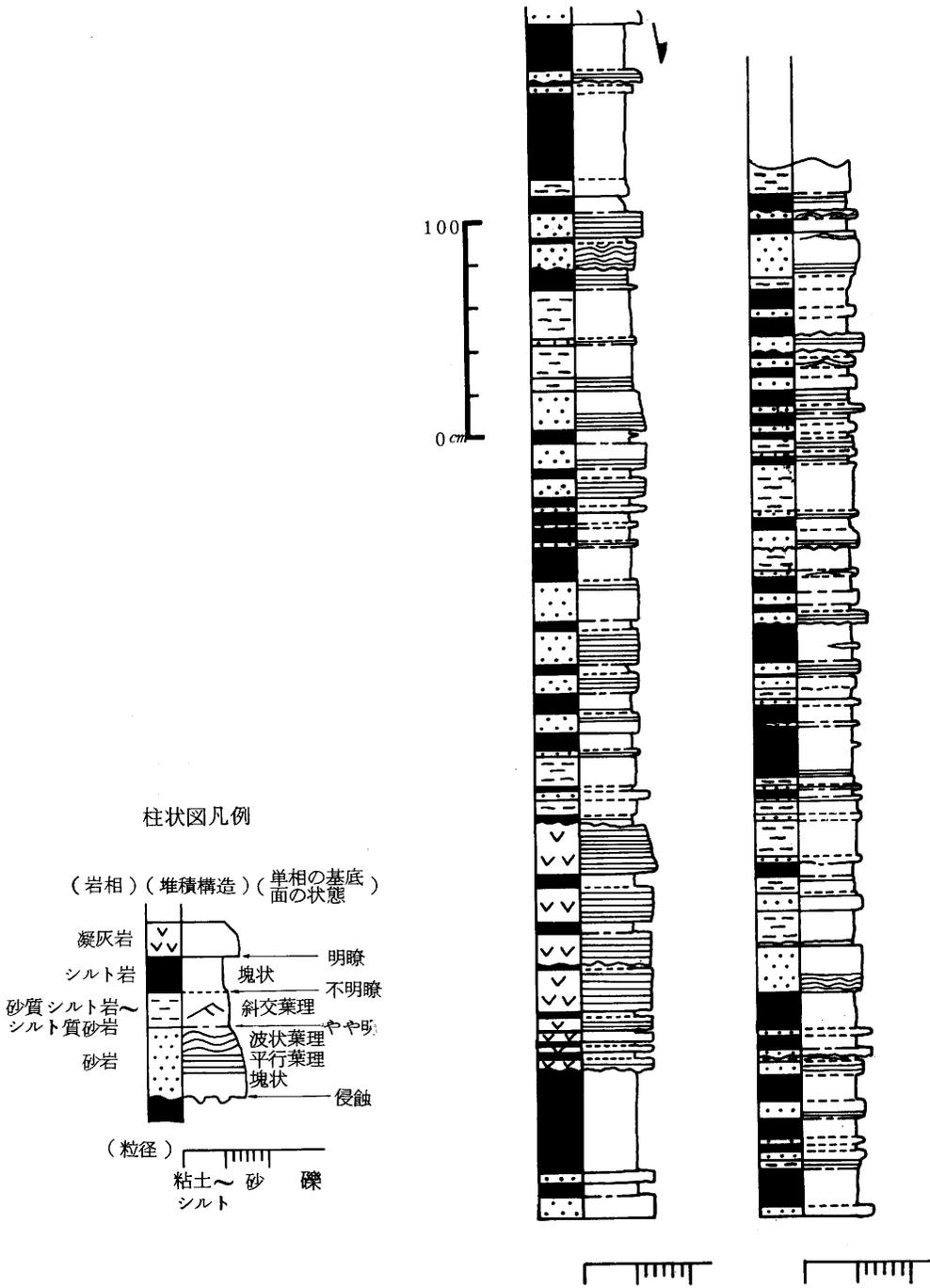
A：堀之内砂泥互層，B：土方層． 1：凝灰岩，2：シルト質砂岩～砂質シルト岩，3：砂泥互層，4：砂岩，5：シルト岩，6：礫岩，7；基盤
 0：有ヶ谷凝灰岩，2：五百済凝灰岩，4：細谷凝灰岩，8：曾我凝灰岩
 ●印は柱状断面の位置を示す。

第2表

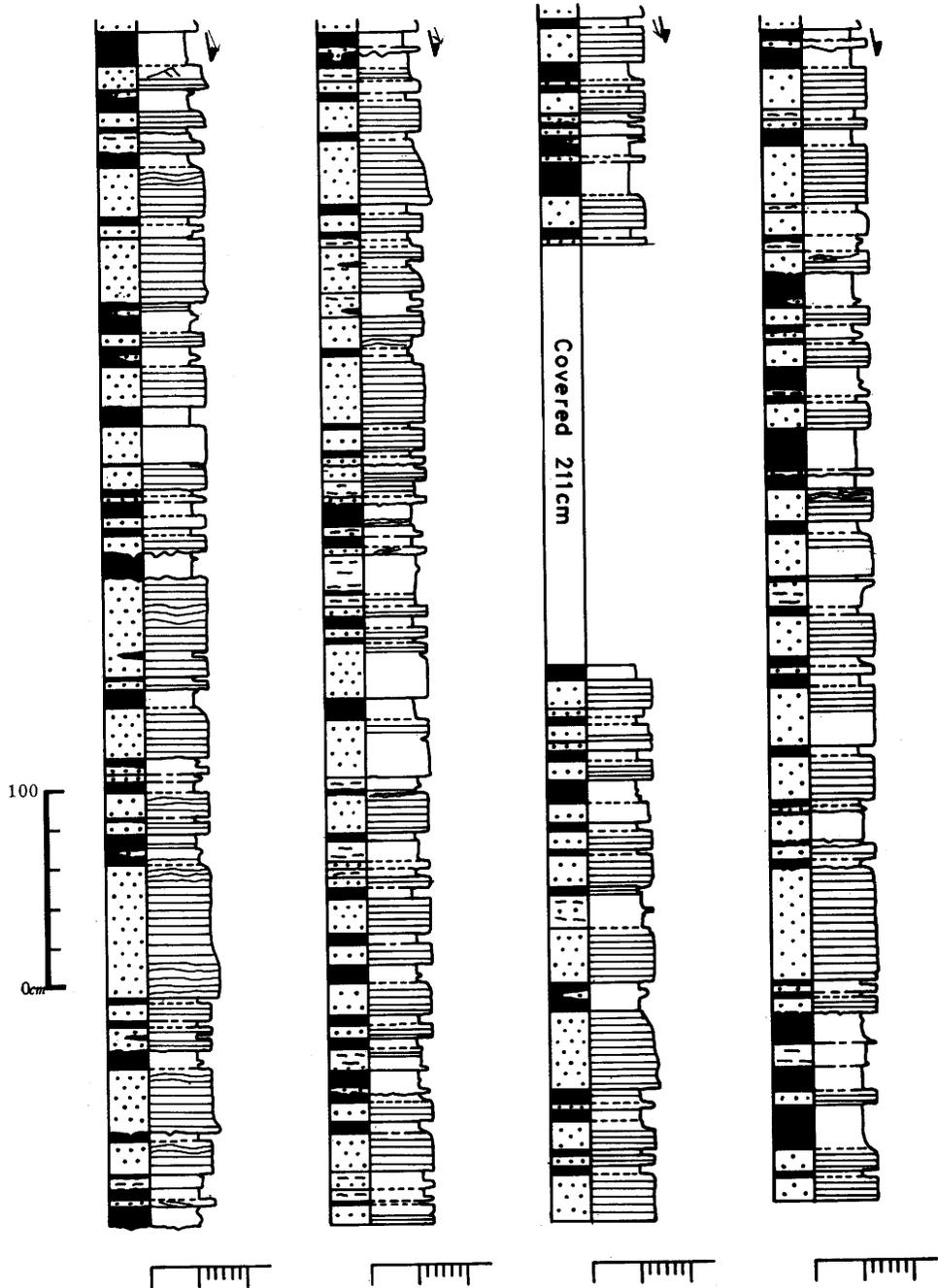
地 点	全層厚 (cm)	砂岩 / 泥岩率	砂層全層厚 (cm)	砂層枚数	砂層平均層厚(cm)	泥層全層厚 (cm)	泥層枚数	泥層平均層厚 (cm)
1. 上土方	2158	0.09	179	10	17.9	1979	24	82.5
2. 大 谷	918	0.62	351	59	6.0	567	75	7.6
3. 五 百 済 東 方								
{ 上 部	1994	1.21	1093	159	6.9	901	172	5.2
{ 中 部	1666	0.87	777	136	5.7	889	138	6.4
{ 下 部	2165	2.05	1455	164	8.9	710	152	4.7
4. 五 百 済 東 方	678	0.67	271	48	5.7	407	54	7.5
5. 有ヶ谷	1240	1.34	711	86	8.3	529	93	5.7



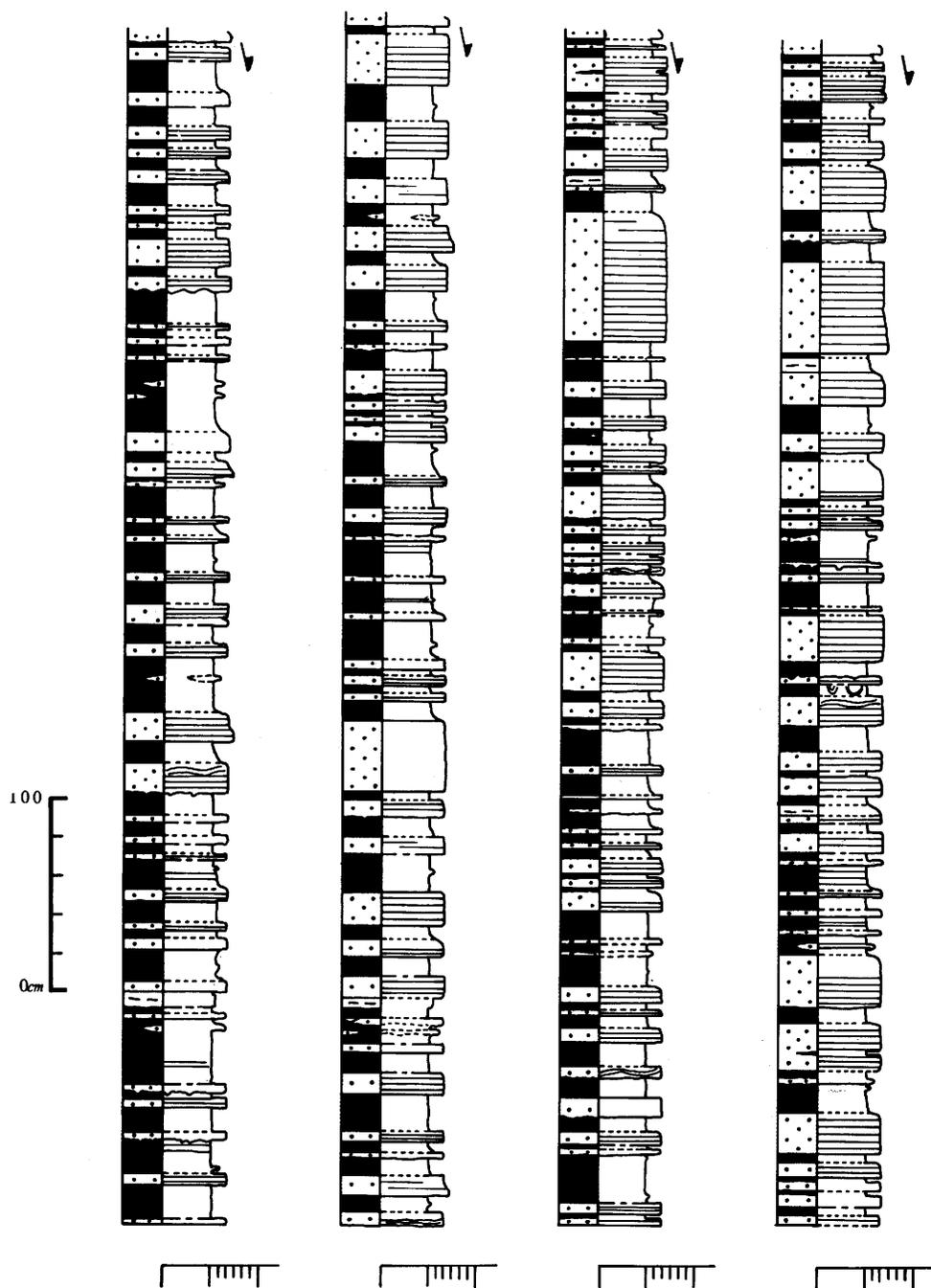
第8図 上土方付近の曾我層群柱状図（凡例は第9図参照）



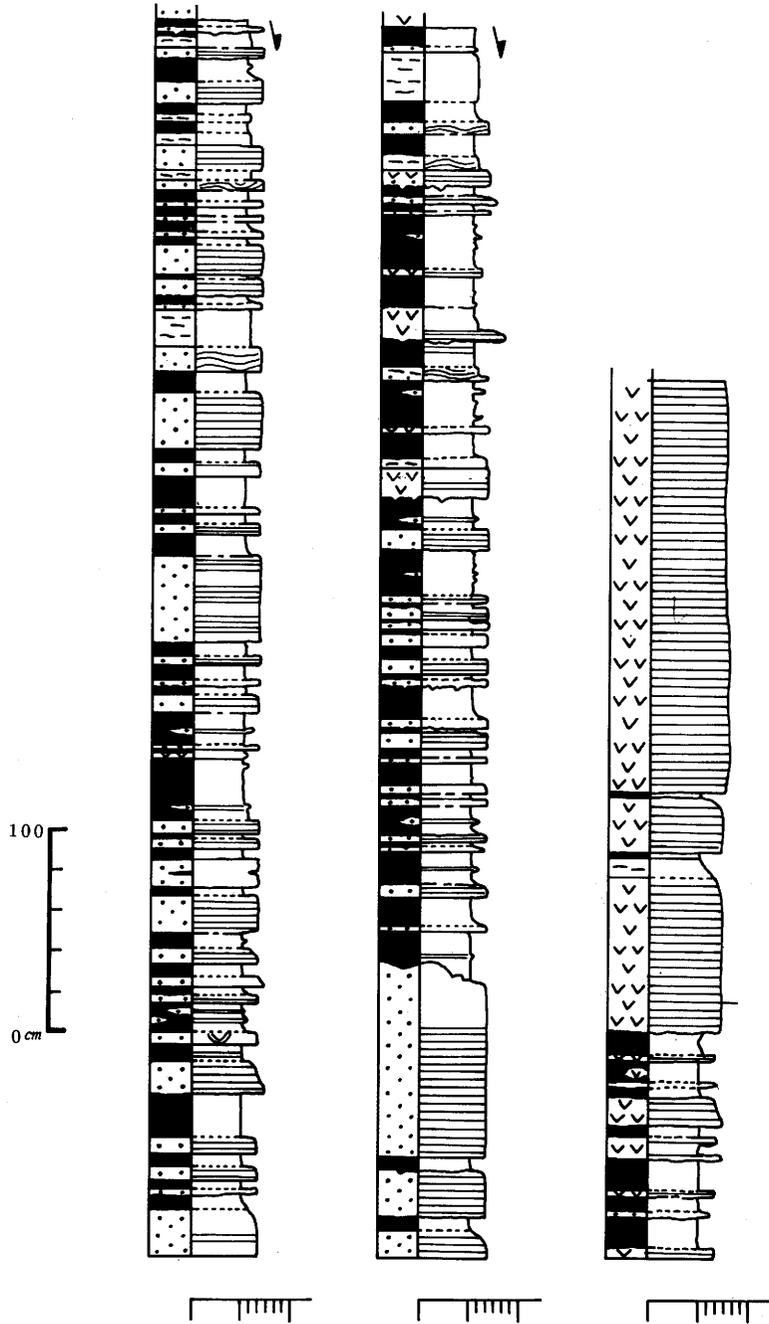
第9図 大谷付近の堀之内砂泥互層（細谷凝灰岩直上）の柱状図



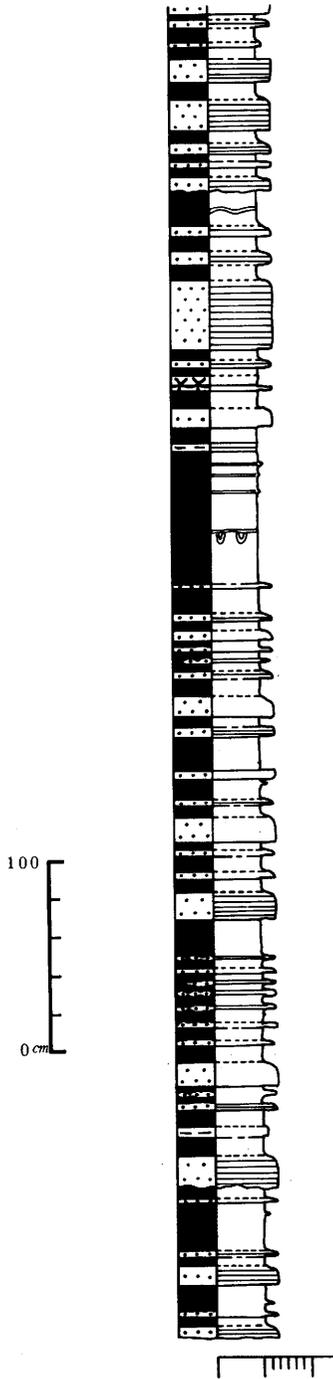
第10図-1 五百済東方の堀之内砂泥互層（五百済凝灰岩直下）の柱状図



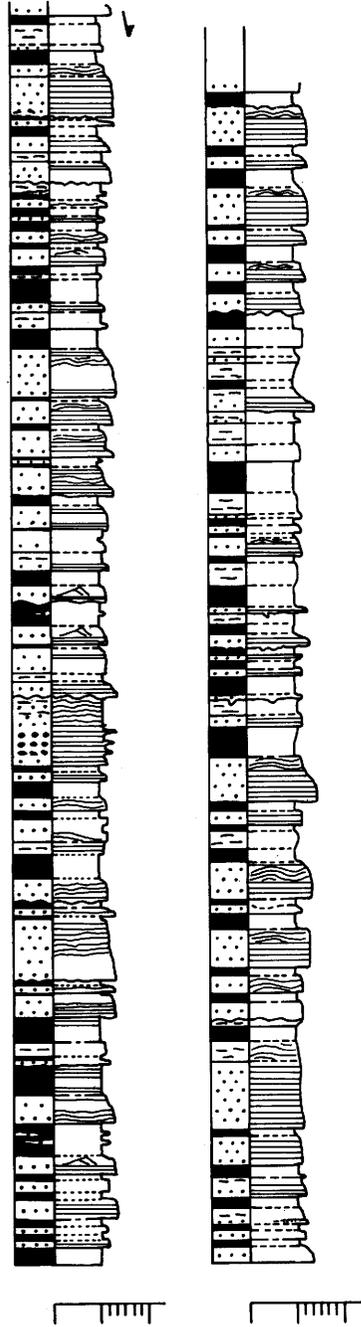
第10図-2



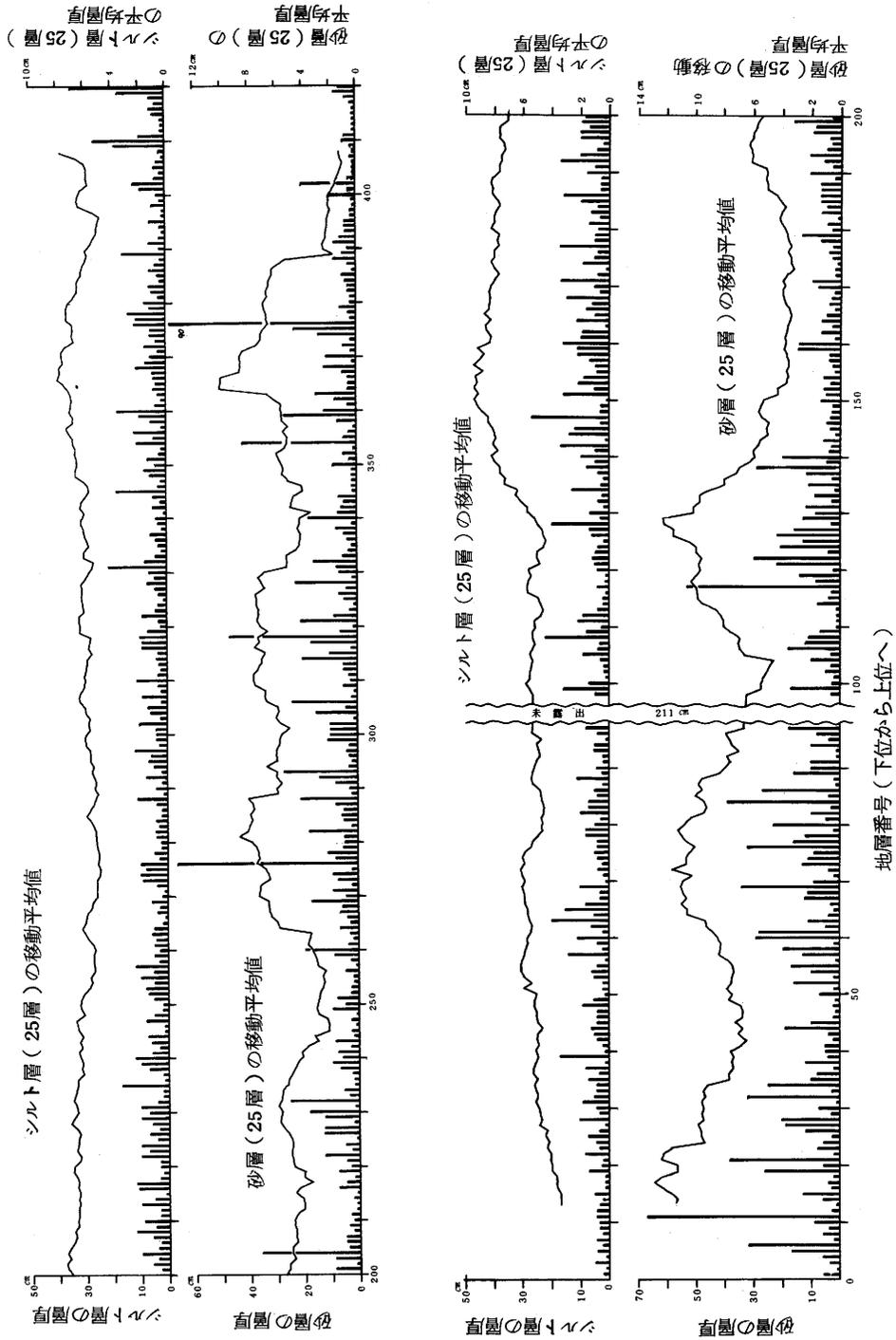
第10図-3



第11図 五百済東方での堀之内砂泥互層柱状図



第12図 有ヶ谷付近の堀之内砂泥互層柱状図



第13図 掘之内砂泥互層 (五百済凝灰岩直下) にみられる砂・シルト層の層厚垂直変化

較的泥の優勢な互層である。Ujiié (1962) は堀之内互層全体の砂岩/泥岩率をまとめ、全体的に泥の優勢な互層で、逆に砂の優勢な部分は層序的に限られた分布地域を示していることを述べている。

次に Loc. 3 における砂層とその直上に重なる泥層(シルト)の層厚の垂直変化を第 13 図に示した。さらに、層厚変化の規則性を知るために、25 層の移動平均値もそれぞれ図示した。Loc. 3 では、砂層の層厚移動平均値は 3.2~10.1 cm で全体的に泥層よりも変化の幅が大きく、細かくみると周期性も認められる。下部では砂層の層厚平均値が 6.0 cm 以上で、中部になると 3.2~6.3 cm 程度で薄くなり、上部でまた厚くなる傾向がある。これに対し、泥層は下部で 6.1 cm 以下と砂層より薄い、中部では 6.0~9.4 cm と砂層よりも厚く、上部でまた薄くなる。

これらの層厚変化も明瞭な規則性を示すとは言えず、多くの研究で行なわれているこのような表示でも、その周期性や層厚の変化様式などについて、明確な解釈がなされているものは少ない。しかし、今回の結果でも他の研究と同じように上方厚層化や上方薄層化が一定の層準に認められることは興味深い。

内部堆積構造

各地点での堆積物中に卓越する内部堆積構造は、Boama sequence の D, E 部分であり、第 6 図の最も下流方向の部分に位置づけられる。

Loc. 1	A	B	C	D	E
A				1	
B					
C					
D				1	9
E				9	16

Loc. 2	A	B	C	D	E
A					
B					
C					
D				7	53
E				53	36

Loc. 3	A	B	C	D	E
A					
B				5	
C				1	6
D		1	2	65	402
E		4	5	399	65

Loc. 4	A	B	C	D	E
A					
B					
C					
D					48
E				49	7

Loc. 5	A	B	C	D	E
A					
B				3	
C				2	
D		1	2	39	75
E		2		72	9

これらの内部堆積構造のうち特徴的なものについて述べる。

A) 級化成層部: Loc. 1 (上土方) で 1 層認められたに過ぎない。ここでは層厚の変化が著しい中粒の塊状砂でシルト礫を含み、上位は平行葉理を示す細粒砂に漸移している。

B) 下部平行葉理部: Loc. 3 (五百済東方) の下部で 5 枚 (厚さ 5~25 cm), Loc. 5 (有ヶ谷)

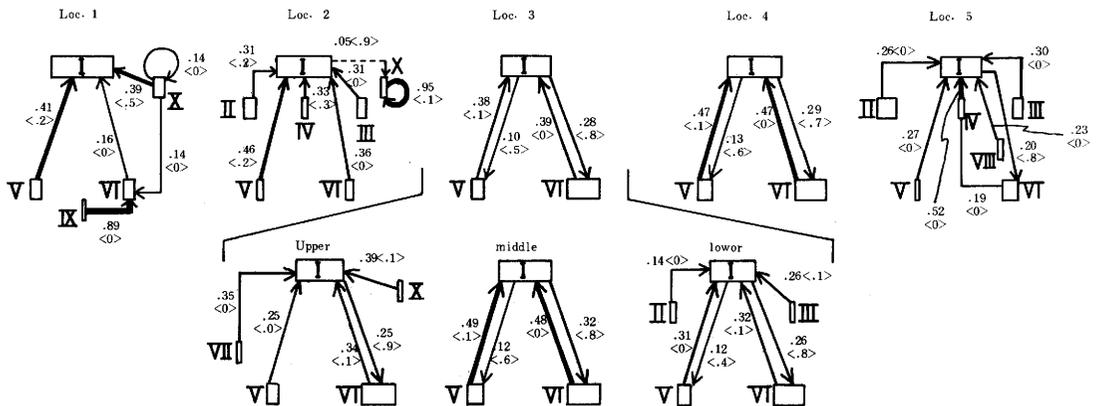
で3枚(厚さ3~7cm)認められたに過ぎない。粒度はすべて中粒砂で、上位で細粒砂に漸移するものもある。

C)斜交葉理部: Loc. 3の上部で8層(厚さ2~6cm), 中・下部で各1層(厚さ7cm), Loc. 5で2層(厚さ4~6cm)認められ, 出現頻度は多くない。粒度は細粒から極細粒砂で, 上位はLoc. 3で極細粒砂から粗粒シルトあるいはシルトへ漸移し, Loc. 5では極細粒の平行葉理部へと漸移している。

D)上部平行葉理部: 細粒から極細粒あるいは粗粒シルトからなる平行葉理は, 各地点で最も頻繁に出現する。この部分の出現頻度はLoc. 1で11%, Loc. 2で16%, Loc. 3, 33%; Loc. 4, 31%; Loc. 5, 26%である。一般には条件の良い場合を除いて野外での認定が難しいとされているが, (WALKER, 1978), 掛川地方の砂泥互層の場合は容易に認められる。例えば, Loc. 3では平行葉理に沿って炭質物や貝殻片が並んだり, Loc. 5もしばしば貝殻片が並ぶことがある。しかし, 細粒および極細粒の葉理のみられない砂層としたものの一部は, 葉理が不明瞭ないしは葉理の間隔が広いいためとも考えられ, 上部平行葉理部に含まれる可能性がある。従って, これを含めれば, その出現頻度はLoc. 1, 28%; Loc. 2, 29%; Loc. 3, 35%; Loc. 4, 46%; Loc. 5; 45%となる。

粗粒シルトおよび極細粒砂の層厚は20cmを越えるものがなく, ほとんど6cm以下である。また, 細粒砂は4cmに最大頻度をもった対数正規分布型を示す。D部分からなる砂層の70~90%は, 明瞭な境界をもって下位の地層と接している。上位は泥層に漸移している。

第12図にみられるように, Loc. 5(有ヶ谷)では細粒の平行葉理の上位に極細粒砂の波状葉理が漸移して重なり, さらに上位の泥層へと漸移している。従って, これらはD部分が変形した堆積構造であると考えられる。槇山(1963)は波状葉理を縮れ層理(crinkled bedding)と呼び, “層内の軽い



第14図 各岩相(堆積構造, 粒度)間の差行列のマルコフ連鎖

各岩相の面積は出現頻度を, 数値は推移確率と独立生起確率との差を, < >内は明瞭な地層境界が占める割合を示す。I: 泥質部, II: 葉理のみられない極細粒砂, III: 平行葉理の極細粒砂, IV: 波状葉理の極細粒砂, V: 葉理のみられない細粒砂, VI: 平行葉理の細粒砂, VII: 斜交葉理の細粒砂, VIII: 波状葉理の細粒砂, IX: 塊状の中粒砂, X: 凝灰岩

水が層上の比重の大きい水の上に出ようとして、軟弱な被覆をもち上げ、小さい曲形を作った”と解釈している。波状葉理の部分の厚さは10cm以下で、大部分は5cmより薄い。

E)泥質部:泥層は一般的に粗粒~砂質のシルトで、まれに淡青灰色の粘土もみられる。シルト層はしばしば極細粒~細粒のシルト質砂層(厚さ1cm前後)を含むが、不規則な波状を呈し、シルト層との境界面が判然としない。Loc. 3では、有孔虫を多産したり、小型の2枚貝や巻貝を含むことがあるが完全な個体は少ない。Loc. 5のシルト層は*Sagarites*をしばしば含み、二枚貝や巻貝もみられる。Loc. 1で、級化成層部をもつ砂層の直下にくるシルト層は、砂岩や花崗岩の円礫やシルト礫の細片を含み、浅海生の貝殻片を伴ない、含礫泥岩の性質を示すものがある。

第14図は代表的な堆積構造間の推移と出現頻度およびその境界面の性質を図示したものである。この図は以上述べてきた事柄を明瞭に表現している。また、推移の複雑さはエントロピーの値で代表される。各地点でのエントロピーの値は複雑な方から単純な方へと、Loc. 5(1.29)>Loc. 1(1.00)>Loc. 3(0.99)>Loc. 2(0.95)>Loc. 4(0.70)となる。このシステム全体のエントロピーの値は状態変数の数に比べて非常に低い。HATTORI (1976)による各堆積環境におけるエントロピーの値よりもはるかに低く、いわゆる“フレッシュ堆積物”の特徴と思われる。この表現は今後の研究例と比較する際に重要な手段となるであろう。

謝辞 この研究をまとめるにあたり、原稿について御討論、御助言をいただいた茨城大学教育学部徳永正之教授、筑波大学地球科学系猪郷久義教授に厚くお礼申し上げます。

引用文献

- BOUMA, A. H. 1962. *Sedimentology of some flysch deposits. A graphic approach to facies interpretation.* 168 pp. Elsevier, Amsterdam.
- CHINZEI, K. and M. AOSHIMA. 1976. Marine thermal structure of the Plio-Pleistocene warm water in central Japan. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo, Sec. II*, **19**, 179-203.
- HATTORI, I. 1976. Entropy in Markov chains and discrimination of cyclic patterns in lithologic successions. *Math. Geology*, **8**: 477-497.
- HIRAYAMA, J. and T. NAKAJIMA. 1977. Analytical study of turbidites, Otadai Formation, Japan. *Sedimentology*, **24**: 747-779.
- 平山次郎・鈴木尉元. 1965. フリッシュ型砂泥互層を構成する単層の形態と組織について, 地調月報, **20**: 669-684.
- . 1968. 単層の解析—その実際と堆積学的意義について—. 地球科学, **22**: 43-62.
- IBARAKI, M. and R. TSUCHI. 1974. Planktonic foraminifera from the upper part of the Kakegawa Group and the Soga Group, Shizuoka Prefecture, Japan. *Rep. Fac. Sci., Shizuoka Univ.*, **9**: 115-130.
- 桂雄三・増田富士雄. 1978. フリッシュ様堆積物における内部堆積構造の垂直変化. 日本地質学会第85年学術大会講演要旨, 222p.
- KATSURA, Y. and F. MASUDA. 1978. Sequences of structure in submarine fan deposits

- in the Cretaceous Nakaminato Group, Ibaraki, Japan. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, 4. (in press)
- 君波和雄. 1975. 根室層群の堆積学的研究(その2) — 根室層群厚岸層中のフレッシュ型砂岩のX線による観察 —. *地質雑*. 81 : 697-708.
- 紀州四万十帯団体研究グループ. 1975. 四万十地向斜の発達史. *地団研専報*, 19 (地向斜の諸問題) : 143-156.
- KUENEN, Ph. H. and C. I. MIGLIORINI. 1950. Turbidity currents as a cause of graded bedding. *Jour. Geology*, 58 : 91-127.
- 牧野泰彦・増田富士雄. 1978. 紀伊山地中央部柏木地域の秩父系のマルコフ解析. 茨城大学教育学部紀要(自然科学), 27 : 53-83.
- 槇山次郎. 1963. 掛川地方地質図及び説明書. 30 pp. 地質調査所.
——. 1975. 日本地方地質誌・中部地方. 451 pp. 朝倉書店.
- MASUDA, F. and Y. KATSURA. 1978. Submarine fan deposits in Cretaceous Nakaminato Group, Ibaraki, Japan. *Ann. Rep., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba*, 4. (in press)
- MIDDLETON, G. V. and M. A. HAMPTON. 1976. Subaqueous sediment transport and deposition by sediment gravity flows. 197-218. In: D. J. STANLEY and D. J. P. SWIFT, (eds), *Marine sediment transport and environmental management*. Wiley Intersci., New York.
- MIALL, A. D. 1973. Markov chain analysis applied to an ancient alluvial plain succession. *Sedimentology*, 20 : 347-364.
- NAYLOR, M. A. and N. H. WOODCOCK. 1977. Transition analysis of structural sequences. *Geol. Soc. America Bull.*, 88 : 1488-1492.
- NORMARK, W. R. 1970. Growth patterns of deep-sea fans. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, 54 : 2170-2195.
- RICCI LUCCI, F. 1975. Depositional cycles in two turbidite formations of northern Apennines (Italy). *Jour. Sed. Petrology*, 45 : 3-43.
- 斎藤常正. 1960. 静岡県島田・掛川市付近の第三系とその浮遊性有孔虫化石群. 東北大学理研報告, 51 : 1-45.
- SELLY, R. C. 1970. Studies of sequence in sediments using a simple mathematical device. *Quat. Jour. geol. Soc. London*, 125 : 557-581.
- SIMPSON, F. 1970. Sedimentation of the Middle Eocene of the Magura Series, Polish western Carpathians. *Rocznik Polskiego Towarzystwa Geologicznego*, 15 : 209-286.
- 立石雅昭. 1973. 牟婁層群堆積盆の復元と黒潮古陸問題, 四万十地向斜シンポジウム論文集. 84-91.
- 田中啓策. 1965. 和泉山脈中部の和泉層群, 特にその堆積相と堆積輪廻について, 地調報告, 213号, 33 pp.
- TANAKA, K. 1970. Sedimentation of the Cretaceous flysch sequence in the Ikushunbetsu area. *Rep. Geol. Surv. Japan*, no. 236, 102pp.
- 徳橋秀一. 1976a. 清澄層HK層準フレッシュ型砂泥互層の堆積学的研究(その1). *地質雑*. 82 :

729-738.

- 徳橋秀一. 1976b. 清澄層HK層準フリッシュ型砂泥互層の堆積学的研究(その2). 地質雑. **82**: 757-764.
- UJIIÉ, H. 1962, Geology of the Sagara-Kakegawa sedimentary basin in central Japan. *Sci. Rep., Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. C*, **75**: 123-188.
- van VLIET, A. 1978. Early Tertiary deepwater fans of Guipuzcoa, Northern Spain. 190-209. In: D. J. STANLEY and G. KELLING (eds.), *Sedimentation in submarine canyons, fans, and trenches*. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Pennsylvania.
- WALKER, R. G. 1965. The origin and significance of the internal sedimentary structures of turbidites. *Yorkshire Geol. Soc. Proc.*, **35**: 1-32.
- . 1967. Turbidite sedimentary structures and their relationship to proximal and distal depositional environments. *Jour. Sed. Petrology*, **37**: 25-43.
- . 1978. Deep-water sandstone facies and ancient submarine fans: models for exploration for stratigraphic traps. *Am. Assoc. Petroleum Geologists Bull.*, **62**: 932-966.