

三浦半島宮田層にみられる斜層理の粒度分析の一例

長 浜 春 夫* 長 田 敏 明**

A Mechanical Analysis of the Sand Layer with Diagonal Bedding in the Pleistocene Miyata Formation

Haruo NAGAHAMA and Toshiaki OSADA

Abstract

The results of the field observation and grain size analysis on the diagonal bedding of the Pleistocene Miyata Formation in the southern part of the Miura Peninsula are summarized as follows.

(1) The main paleocurrent direction inferred from the diagonal bedding in the outcrop is from NNW towards SSE.

(2) The diagonal bedding in question has no similarity in the type of grain size frequency distributions to both of the Neogene and Cretaceous formations in the Joban coal field and the recent fluvial sediment in the Charo river, Hokkaido (NAGAHAMA, 1963 and 1970). The pattern of the cumulative frequency curves is obviously influenced by either of hydraulic condition or sedimentary environment.

(3) The pattern of grain size frequency distribution of the diagonal bedding is bimodal, supported by several statistical data, and the C population (VISHNER, 1969) predominates in types of the cumulative frequency curve.

This suggests that the diagonal bedding was formed by repetition of settling and curling up of particles.

1. はじめに

斜層理については、斜層理が砂層の初生的内部構造として最も認めやすいために、1925年以来水理的条件の推定や古流向の推定等について、多くの研究がなされてきたが、地層中にみられる斜層理の解析を粒度分析法を用いて試みた研究は、筆者らの知り得る限りでは少ないようである(長浜, 1963, 1970; JOPLING, 1965, 1966; WILLIAMS, 1966; BASUMALLICK, 1966; SMITH, 1972)。長浜(1963)は、常磐炭田第三系の斜層理を構成しているルーズな砂について粒度分析を試み、斜層理の粒度分布型に相違がみられることを示唆した。さらに長浜(1970)は、北海道釧路地方の茶路川の現世河床堆積物について研究し、リップルマークを構成する砂粒と斜層理を構成する砂粒との粒径の相違についても述べた。

そこで小論では、三浦半島南部横須賀市長沢付近(第1図)にみられる洪積統の宮田層上部注¹⁾に発達する斜

層理を含むルーズな砂からなる一露頭の10試料について、斜層理の粒度分析を行なった結果、斜層理を構成している3つのセット間の粒度分布型には明らかな相違点のみみだされたので、長浜(1963, 1970)の研究との比較を含めて、ここに報告し、諸氏の御批判を仰ぐ次第である。なお、小論は宮田層の斜層理を含む砂層の一露頭、一セットの試料について分析を行なったにすぎないので、今後多くの斜層理について、さらに検討を加える必要があると考える。

この研究を行なうにあたり、駒沢大学小池一之博士には、草稿を読んでいただき、討論をいただいた。また、地質調査所の中尾征三技官、大嶋和雄技官から御助言をいただいた。さらに試料の採取および層序について横須賀市博物館の蟹江康光氏、駒沢大学大越章氏、大宮市立馬宮中学校長沼幸男氏らの協力・援助にあずかった。第四紀地質に関しては、関東第四紀研究会の方々から御教示をいただいた。以上の方々に厚くお礼を申し上げる。

2. 試料の採取および分析方法

斜層理を形成している宮田層上部の砂層単層につい

* 地 質 部

** 駒沢大学文学部地理学科生

注1) 蟹江・大越(1973)の層序によれば、飯森凝灰質砂層の上部の層準であると考えられる。

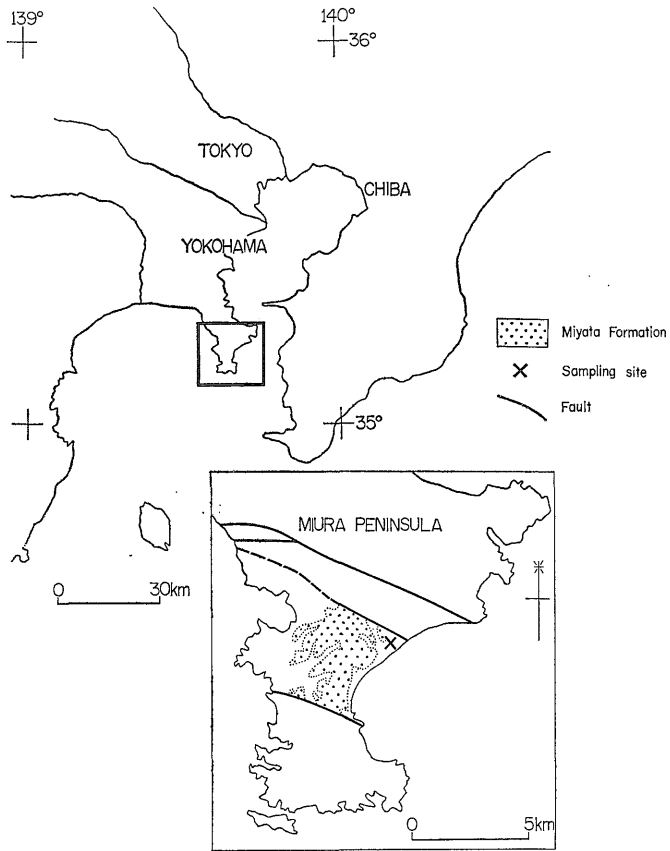


Fig. 1 Location map.

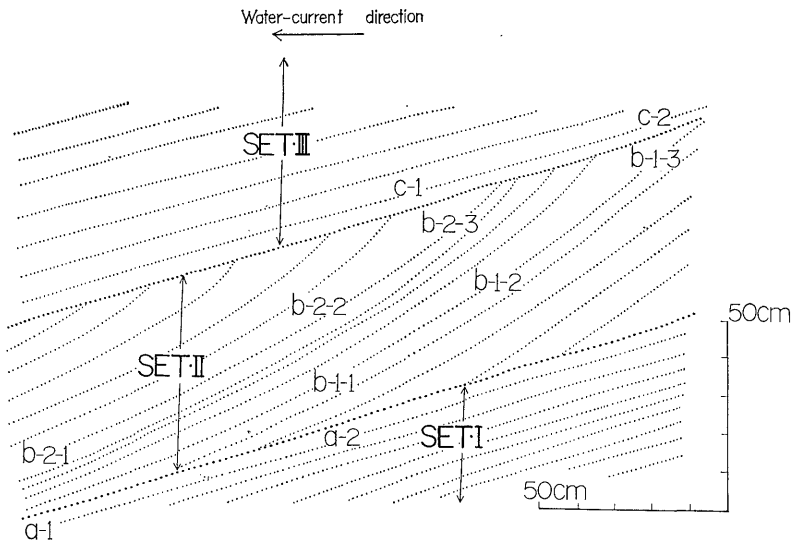


Fig. 2 Sketch of diagonal bedding in the Miyata Formation.
a-1, . . . c-1; Sampling point, where grain size of sand was analysed

Table 1 Equation of five measurement parameters.

(after INMAN, 1952)

Measurement parameters	Nomenclature	Definition
Central tendency	Phi median diameter	$Md\phi = \phi_{50} = M\phi - (\sigma\phi\alpha\phi)$
	Phi mean diameter	$M\phi = 1/2(\phi_{84} + \phi_{16}) = Md\phi + (\sigma\phi\alpha\phi)$
Sorting	Phi deviation measure	$\sigma\phi = 1/2(\phi_{84} - \phi_{16})$
Skewness	Phi skewness measure	$\alpha\phi = \frac{M\phi - Md\phi}{\sigma\phi}$
Kurtosis	Phi kurtosis measure	$\beta\phi = \frac{1/2(\phi_{95} - \phi_5) - \sigma\phi}{\sigma\phi}$

Table 2 Summary of the statistical data for samples taken from the upper part of the Miyata Formation.

Sample No.	Gravel %	Sand %			Mud (%)	Mdφ	$\bar{x}(M\phi)$	σφ	αφ	βφ
		Coarse	Medium	Fine						
a-1	0.0	0.6	61.0	36.6	1.8	1.96	1.91	0.29	-0.17	6.52
a-2	0.7	3.8	58.8	36.0	0.7	1.90	1.88	0.38	-0.05	3.89
b-1-1	2.9	16.6	66.6	12.3	0.6	1.58	1.42	0.56	-0.29	1.29
b-1-2	3.7	25.4	62.3	8.6	0.0	1.42	1.18	0.73	-0.33	0.70
b-1-3	4.8	20.1	65.2	9.9	0.0	1.44	1.26	0.13	-1.39	7.31
b-2-1	26.3	21.5	46.4	5.8	0.0	1.05	0.45	1.32	-0.46	-1.27
b-2-2	23.2	24.1	47.9	4.8	0.0	1.10	0.57	1.16	-0.46	-1.11
b-2-3	20.7	24.4	50.2	4.7	0.0	1.12	0.67	1.04	-0.43	-0.05
c-1	0.0	21.3	68.6	10.1	0.0	1.43	1.37	0.55	-0.11	1.36
c-2	0.0	21.2	69.4	9.4	0.0	1.50	1.30	0.49	-0.43	6.52

て、第2図に示すような試料の採取を行なった。すなわち、セットI^{注2)}の頂部2試料、セットIIIの底部2試料、セットII^{注3)}については葉理に沿って3試料ずつ2単層6試料の計10個の試料をできるだけ2.0×1.0×3.0cmの範囲から採取するようにつとめた。

試料は、一昼夜70~80℃で乾燥後、4分割法を用いて分割した。粒度分析には、164cmのエメリー管を用いた。この分析法では、粒子の沈降速度を問題としているために、初期値が分散する可能性があるため、3回またはそれ以上同一試料について分析し、その平均値をもって代表値とし、この結果から、第1表に示すような諸係数について算出し、とりまとめを行なった(第2表)。

3. 斜層理の産状

地層の堆積時の斜層理のアップディップの方向は、堆積物の供給方向を示すことが実験的研究から知られている(JOPLING, 1965)。したがって、アップディップの測定

結果を図示した第3図からみると、調査露頭における主流向は北北西→南南東と考えられる。試料を採取した露頭の方向がNSであるので、ほぼ斜層理に直交するような形でサンプリングしていることになる。新鮮な面では、一枚一枚のstratumの識別は困難であることが多いが、これは粒度の差が少ないこともあろう。また、砂鉄と互層しているために同様の粒度であってもstratumの明瞭な部分もある。

この露頭の斜層理の傾斜角は45°内外のものももっとも多い。斜層理では初生的傾斜角は35°を超えることはまれであるから(長浜, 1965, 1970; GILBERT, 1969; SMITH, 1972, etc), 10~15°の地層の傾動を考えないわけにはゆかない^{注4)}。この一つの露頭だけでは、全体的な傾動を考えることはできないが、付近には活断層として有名な武山断層が走っているため、この断層による引きずりとも考えられる。

斜層理の内部形態としては、長浜(1963)による平面

注2) 斜層理の底置層にあたると思われる。

注3) 斜層理の前庭層にあたると思われる。

注4) セットIIとセットIIIの接触面を層理面と仮定して、この傾斜角を測定してみると、23°という値を示す。

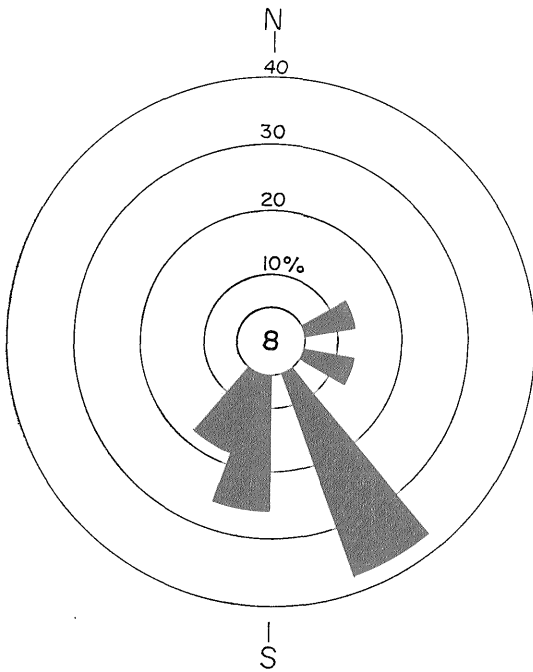


Fig. 3 Rose diagram showing the current directions of the upper part of the Miyata Formation.

型に属するが、平面型について、JOPLING (1965) が分類した4つの型のうちの concave 型に類似している (Plate 31).

4. 分析結果

今回の分析結果を対数確率紙にプロットしてみると、第4図の累積曲線に示されるように、SET-I. a-1, a-2; SET-II-1. b-1-1, b-1-2; b-1-3; SET-II-2. b-2-1, b-2-2, b-2-3; SET-III, c-1, c-2 の4つのグループに分けられる。このうちもっとも細粒なものは、SET-I であり、もっとも粗粒なものは、SET-II-2 である。これらをさらにグループングすれば SET-I および SET-III のグループ (便宜上①群としておく) と SET II-1 および SET II-2 (これを②群としておく) の2つにまとめることができる。これら2群はそれぞれ異なった集合からなっている。VISCHER (1969) は、メキシコ湾岸および太平洋に沿う海岸における堆積物を研究し、粒度分析を行ない分析結果の解析から、第5図にみられるような A-saltation population, B-suspension population, C-rolling population の3つからなる分布型のモデルを提唱した。これによれば②群では A population と C population の曲折点が約 $1.0 \sim 1.5 \phi$ にみられるのに対し、①群では SET-I

の a-2 で 1.3ϕ に曲折点がみられるが、他は C population はほとんどみられない。A population は typical なものでは double population からなるが、SET-II-2 および、SET-III においてやや顕著である。②群においては C population が卓越し、①群では、この C population がほとんどみられないことは斜層理について考えるうえで重要である。

また、粒度別頻度曲線 (第6図) についてみると、①群の SET-I については 1.875ϕ に最大値が現われ、おおむね正規分布を示す。SET-III については 1.25ϕ に最大値が現われる。このうち C-1 の試料では bimodal 注5) で、 1.875ϕ に極大値が出るといったものもあるが、②群の SET-II-1, II-2 で $0.25 \phi \sim (-) 0.25 \phi$ と、 1.25ϕ 付近とに極大値を示すといったものとは、いちじるしい対照を示す。②群の SET-II-1, II-2 では 1.25ϕ に極大値が出ることもあるが、多くは bimodal で正規分布を示さず、 0.5ϕ 付近に粒子の欠乏した所がみうけられる。

斜層理を形成しているこの砂層の Md ϕ は、SET-II-2 の下位の SET-II-1 では、それぞれ b-1-1, 1.58ϕ ; b-1-2, 1.42ϕ ; b-1-3, 1.44ϕ であるのに対し、上位の SET-II-2 では b-2-1, 1.05ϕ ; b-2-2, 1.10ϕ ; b-2-3, 1.12ϕ とアップディップ方向よりも全体として粗粒化している。一方、斜層理を形成する葉理面内における粒径の水平方向への変化については、SET II-1 では明瞭ではないが、SET II-2 については b-2-1 \rightarrow b-2-2 \rightarrow b-2-3 へとアップディップ方向にやや細粒化しているようである。また淘汰度は、SET-III では、 $0.49 \phi, 0.55 \phi$, SET-I では、 $0.38 \phi, 0.29 \phi$ であり、SET-II-1 では、 $0.56 \phi, 0.73 \phi, 0.13 \phi$ であり、SET-II-2 では $1.32 \phi, 1.16 \phi, 1.04 \phi$ である。これによれば SET-II-2 は、アップディップ方向に淘汰が良くなることを示しているが、同時に Md ϕ によって認められた傾向と同一の傾向が読みとれる。また、歪度は、いずれのグループでも $-0.1 \sim -0.4$ という負の値を示す。

5. 斜層理の堆積についての考察

上述したような観察結果と分析結果とから、斜層理の生成機構に関するいくつかの問題について若干の考察を行なう。

斜層理の形成機構について不明な点が多いが、とくに初期の段階については明らかでない。斜層理形成においては、基盤の地形および、底質粒度のほか、流速も大き

注5) これは、おそらく、前庭層 (Set II) にあった堆積物が、水流によって“洗い出”されて“頂部層” (Set III) に再堆積したものと推定される。

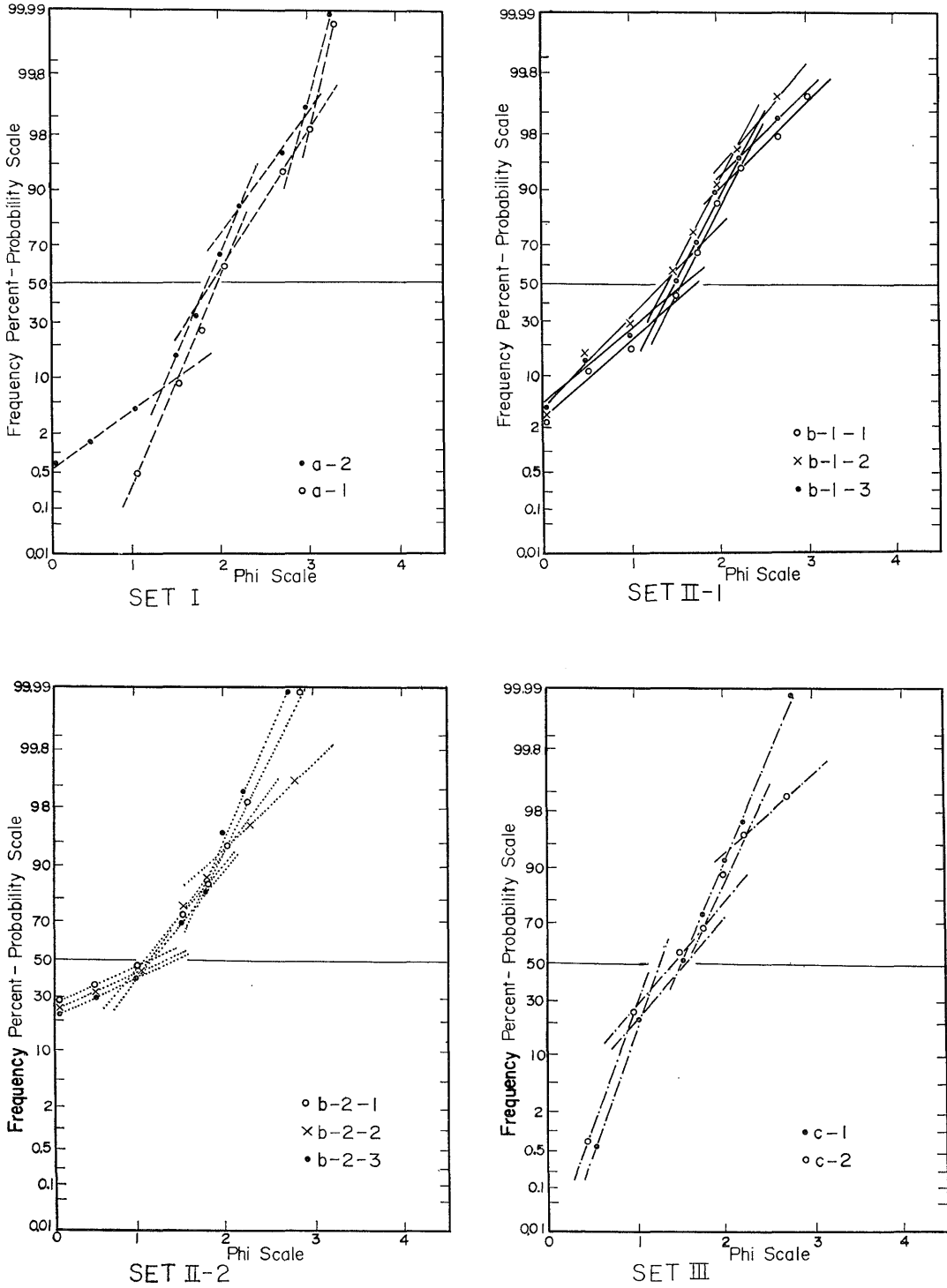


Fig. 4 Size composition of diagonal bedding in the Miyata Formation shown by cumulative weight percentage plotted on logarithmic probability paper. (analyzed by EMERY tube method)

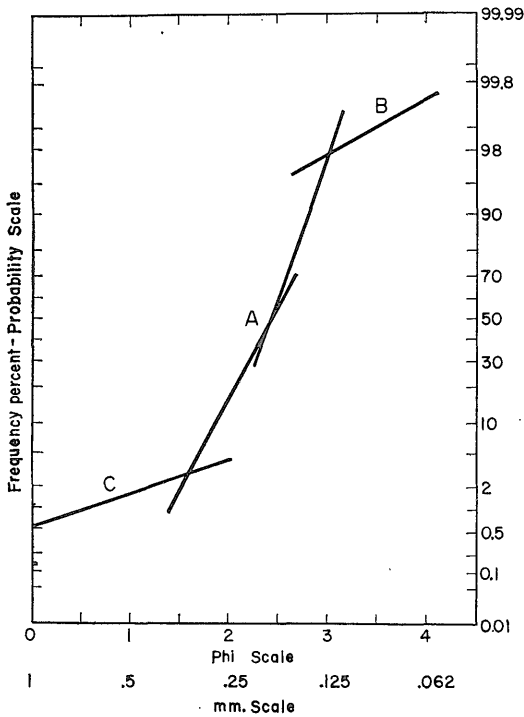


Fig. 5 A model of the beach grain size distribution of the Gulf Coast and Atlantic Coast of the United States.
 B: Suspension population; A: Saltation population; Note: Double Saltation Population;
 C: Rolling population (after VISCHER, 1969)

な条件になっているものと考えられる。

斜層理が形成されるためには、棚状の微地形が存在しており、その前面が緩傾斜のスロープになっていることが必要であろうと思われる。長浜(1970)は、この問題についての具体的例として、茶路川における現生の斜層理の観察にもとづき、増水時における河床が下流方向に段状に急斜した所に生成されるとのべているが、これは、前庭層にあたると思われる SET-II を構成する砂の粒度分布が bimodal であることから裏づけられる。すなわち、斜層理では、頂上層の部分にいったん堆積した砂粒が運搬され、前庭層に沿って再び堆積したものと考えられるからである。また、長浜(1970)は斜層理では、水流による堆積物の洗い出しと再堆積が行なわれているのではないかと考えたが、この考えは bimodal な分布を示す foreset stratum の成因をよく説明できる。

斜層理を形成するような水理条件のもとで、堆積した砂粒は、葉理面にそって注⁶⁾、かつ垂直方向に多角的な

注6) $Md\phi$ の値によれば、ダウンディップ→アップディップへと値が小さくなる傾向がみられるので、葉理面に沿う反流の存在が示唆されるが、何分にも資料が少ないので、確たることはいえない。

分布を示し、一枚一枚が級化層理を示すことが多いことなどから、流速の周期的変化に伴う堆積物の運搬力の変化によって、順次堆積が行なわれていくものと考えられる。また、まえにも触れたように斜層理では、C の rolling population が卓越することは重要な特徴であろう。すなわち第5図においてCは rolling を表わす population であるから、rolling を起こすような水流下では、いったん堆積した粒子がまき上げられると考えることが可能であり、この事実も上述の解釈に対する傍証となるものと考えられる。また、斜層理を形成するような流水条件で堆積した砂粒は、斜層理の上下にくるセットと比較してみると、やや淘汰が悪いように思われるが、このこともまた SET II グループでその分布型が bimodal であることに関連しているのかもしれない。

第4図および第7図、第8図は、VISHER (1969) の方法を用いて対数確率紙上に分析結果をプロットしたものである。これらの図のうちで点線および実線は前庭層を示している。ここにみられる顕著な事実としては、これら3つの斜層理を作る砂層の粒度分布型には、類似点も認められるが、同じ斜層理であっても、堆積環境や水理条件が異なれば、異なった粒度分布型を示すことが示唆される。また、類似する点としては、B population がはっきりせず、C population が顕著であることと、bimodal な粒径分布を示すということであるが、このことに関する堆積学的考察については本節のはじめに考え方をのべてあるので、ここでは繰り返さないが、マイクロな堆積单元に対応した堆積様式の相違を微妙に反映していると思われるので、今後研究するにあたっては注意する必要があるだろう。

6. おわりに

斜層理をもつ砂岩層の堆積環境・水理条件などを推定する研究においては、その砂岩層の粒度分析を行ない、解析する必要がある。

その場合斜層理の stratum と無関係に機械的なサンプリングを行なうのではなくて、堆積の形成順序を考慮して、斜層理の stratum ごとくの詳細な試料について、粒度分析を行なうことが大切である。

この立場から、宮田層の一露頭において斜層理を構成する stratum の一枚一枚ごとについて粒度分析を行なった結果、つぎのことが明らかになった。しかし、数量的に充分な試料ではないために、なお、さらに多くのタイプについて検討する必要があるだろう。

1) この露頭における斜層理から得られた主流向は、NNW → SSE である。

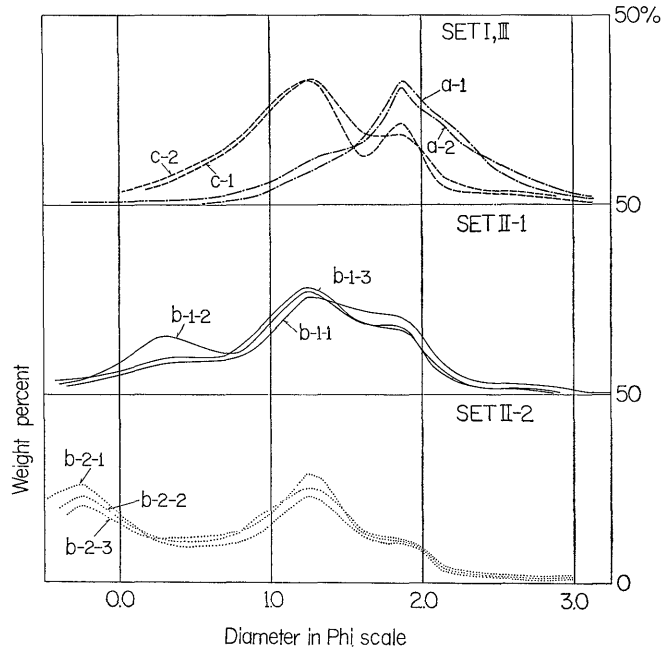


Fig. 6 Size frequency distribution curves of diagonal bedding.

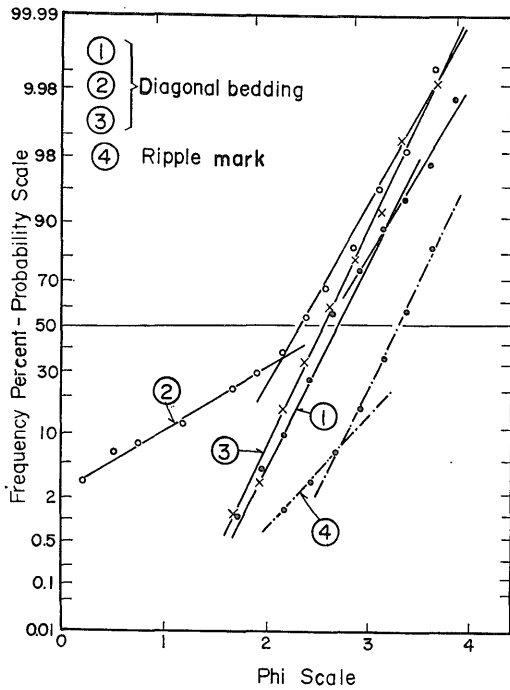


Fig. 7 Frequency distribution of grain size analysis of diagonal bedding at Charo river, Hokkaido. (Compiled from NAGAHAMA, 1970)

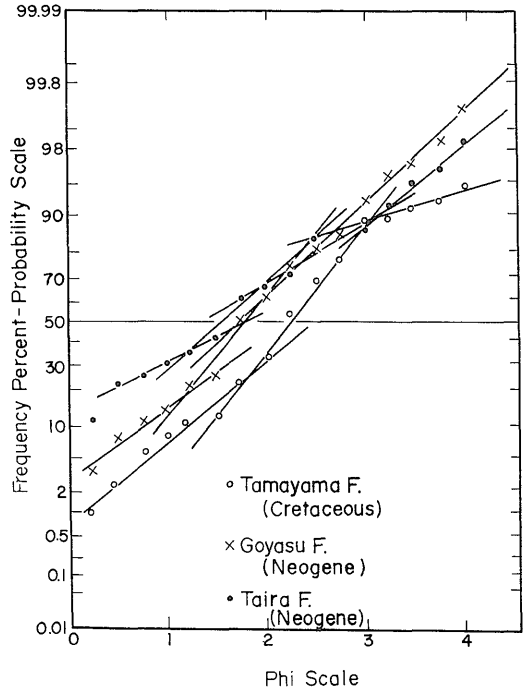


Fig. 8 Sandstone from presumed marine environment. All samples were collected in the Joban Coal-Field and obtained from the outcrop showing diagonal bedding. (Compiled from NAGAHAMA, 1963)

2) 宮田層の一露頭にみられる斜層理をふくむ砂層の粒度は、各セットごとに異なった値を示しており、SET-I、と SET-III では、SET-III がより粗く、これらのセットのうちもっとも粗いものは、SET-II である。SET-II では、上位に位置する SET-II-2 の方がより粗くなっている。

3) 宮田層のこの一露頭の斜層理について、長浜 (1963, 1970) による常磐および釧路の例と比較した結果によると、斜層理の粒度分布型については類似は認められず、積算分布曲線では堆積環境や水理条件により、それぞれある程度の相違があるように考えられる。

4) 積算分布曲線の粒度分布型および諸統計値から判断すると、斜層理では、斜層理形成層をはさむ“底部層”および“頂部層”と異なり、その粒径分布は bimodal な分布を示しており、VISHER (1969) による G population が卓越していることから、一たん堆積した粒子がまき上げられて堆積したものと思われる。

文 献

BASUMALLICK, S. (1966): Size differentiation in a cross-stratified units. *Sedimentology*, vol. 6, p. 35 ~ 68.

INMANN, D. L. (1952): Measures for describing the size distribution of sediments. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 22, p. 125 ~ 145.

JOPLING, A. V. (1965): Hydraulic factors controlling the shape of laminae in laboratory deltas. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 35, p. 777 ~ 791.

————— (1966): Some principles and techniques used in reconstructing the hydraulic parameters of a paleoflow regime. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 36, p. 5 ~ 49.

蟹江康光・大越 章 (1973) : 三浦半島, 宮田累層の層序について. 日本地質学会第80年学術大会講演要旨, p. 17.

KELLING, G. (1964): Sediment transport in part of the Lower Pennant Measures of South Wales. In: Van Straaten, L.M.J.U. (Editor), *Deltatic and Shallow Marine Deposits*, Elsevier, Amsterdam, p. 177 ~ 184.

————— (1969): The environmental significance of cross stratification parameters in an upper carboniferous fluvial basin. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 39, p. 857 ~ 875.

長浜春夫 (1963) : 常磐炭田新第三系の斜層理. 地調月報, vol. 14, no. 7, p. 553 ~ 560.

————— (1965) : 斜層理からみた北西九州第三紀層の堆積. 地調報告, no. 211, 62 p.

————— (1970) : 洪水による現成の斜層理の澱痕の考察. 地調月報, vol. 21, no. 10, p.595 ~ 601.

SMITH, N. D. (1972): Some sedimentological aspects of planar cross-stratification in a sandy braided river. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 42, no. 3, p. 624 ~ 634.

VISHER, G. S. (1969): Grain size distribution and depositional process. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 39, p. 1074 ~ 1106.

WILLIAMS, G. E. (1966): Plunner cross-stratification formed by the lateral migration of shallow streams. *Jour. Sed. Petrol.*, vol. 36, p. 742 ~ 746.



Diagonal bedding in the medium sand in the Miyata Formation (Pleistocene).
Current from right to left. Nagasawa, Yokosuka-city, Miura Peninsula, Kanto.