

底生有孔虫群集の解析

メタデータ	言語: ja 出版者: 日本古生物学会 公開日: 2008-02-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 新妻, 信明 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/10297/601

底生有孔虫群集の解析*

新 妻 信 明**

有孔虫類は化石として地層中から多産するほか、現在の海水中にも広く生息している。それゆえ有孔虫類の研究は微古生物学の主流を占めてきた。近年浮遊性有孔虫の研究が進み汎世界的な地層の対比が可能になりつつある。一方従来主に地域的対比に使用されてきた底生有孔虫の研究の多くは堆積環境の推定および、純古生物学的なものに変わり、現生底生有孔虫の研究もさかんに行なわれるようになった。しかし生物群集としての底生有孔虫の解析および地質時代への適用、応用についてはやっとその途についた段階と言える。小論は底生有孔虫群集について従来行なわれてきた解析法を検討し、新しい解析法について述べるものである。

1. 従来の底生有孔虫群集解析法の問題点

従来底生有孔虫について用いられてきた解析法は主に生層位学的見地に立ったものであり、古環境学および生物学的見地に立って行なわれた解析の例は少ない。底生有孔虫の取り扱い方も種を水深計、測度計あるいは塩分濃度計の代用品として使用しようとするものであった。それゆえ種ごとの頻度が重視され、種ごとの頻度曲線を多数並べ、それらが全体的に見て大きく変化するところを群集の境界とし、群集全体を扱うことはなかった。このような方法では各種の頻度曲線を、主観的に判断するため、個人差が生じやすい。また頻度の低い特殊な種の存否を重視する傾向が強く、群集の主体をなす頻度の高い種は試料間では大きな変化を示さない場合が多いため軽視されてきた。古環境推定の場合にはいっそうその傾向が強く、群集において、現生種として生息範囲が判明している種については、たとえ頻度が低くても群集の検討にあたって重視されてきた。有孔虫を水深計として使用しようとする考えは現生有孔虫の研究においても存在し、群集を解析する時に種の深度に関する頻度曲線や生息範囲のみを重視する傾向が強かった(WALTON, 1955; BANDY, 1964)。このような考えが適用できるのは、すべての環境、たとえば水温、海流、塩分濃度、光量、底質等が深度とともに変化する割合深い海においてである。浅海においては種々の環境要素が複雑に関係し合うため、明確な群集区分が得られていない(WALTON, 1955)。

以上のような主観的方法に対して最近数量的処理がなされている。その方法は相関係数を求め群集を解析するものであるが、相関係数を求める段階において問題がある。すなわち、種の存否のみを扱う相関係数算出法（たとえば Jaccard 係数）においては頻度の低い種の存否が係数に大きく影響し、群集の主体をなす頻度の高い種はどの試料にも

* Nobuaki NIITSUMA : Analysis of the benthonic foraminiferal community.

** 東北大学理学部地質学古生物学教室

存在するため無視される。また、頻度の低い種の存否は群集の総個体数により変化する。種の頻度を扱う相関係数の場合 (UJHÉ, 1962) は逆に頻度の高い種の頻度に係数が影響され頻度の低い種は無視される。それゆえ相関係数による解析法は構成種が著しく異なる試料間においては有効な方法になりうるが、構成種があまり変化しない浅海域の群集区分には有効でない (KAESLER, 1966)。相関係数による解析を数学的に進展させたのが因子分析法である (HARMAN, 1967; 清水・斎藤, 1967)。因子分析法は、相関係数がベクトルの長さとそれらの間の角度のみを示しているのに対し、ある軸を与えベクトルの軸方向の成分を決める方法である。この軸を最小二乗法により与えるのが主因子法である。したがって、この方法では各群集間の相違の程度を幾何学的に知ることができるので、相関係数による解析法より優れた方法といえる。しかしあくまでも相関係数をもとに計算を進めるものであるから、相関係数を求める際の上述の問題は因子分析法の場合にも残る。

2. 生物群集の構造形態

従来の群集解析法は種がある環境を指示しているという考えにもとづいていたが、以下に示す解析法は、生物群集が環境と対応するのであって、種は群集の構成員にすぎないという考えにもとづいている。

生物群集には2つの要素すなわち、群集構造形態* と群集構成種があり、従来の解析法は後者についての解析法といえよう。群集構造形態の研究は、元村によって世界に先がけて行なわれた。すなわち、群集を構成する種類の間の個体数は等比級数であらわされるというものである (元村, 1932)。この関係は「元村の式」 $\log y + a(x-1) = b$ であらわされる。ここに x は群集内における個体数にもとづく順位、 y はその種の個体数、 a, b は定数である。この関係は片対数方眼紙上においては、個体数を対数目盛、順位を普通目盛で取ると、左下がりの直線上に点が乗ることを意味し、 a はこの直線の傾斜、 b は y 軸上の切片である。個体数の割に種類が多い群集では a の値は小さく、反対の場合は大きくなる。すなわち a は群集の複雑さを示す指数になる。多くの動物や植物について多くの人々がこの関係の成否の検証を試みる一方、生態学的理論の裏づけも試みられた (内田, 1943; 元村, 1947)。一方元村とは独立に、CORBET (1942), FISHER (1943) により、種類数と個体数間の対数級数関係が元村の式と同様に実験式として提出された。これらに対し統計的考察のもとに対数正規分布 (PRESTON, 1948), ランダムニーチェ型分布 (MACARTHUR, 1957) 等の関係が提出された。

群集の構造形態が環境と対応しうるか、またその対応に生態的裏づけがあるかを見ると、延原・沼田 (1954) は元村の式が成り立つ植物群集は尾根に発達し、成り立たない群集は谷に発達するが、これは谷では植物に対する環境が良いため元村の式の成り立つ種々の群集が混在することができるためであると考えた。その理由として、元村の式が小範囲内において成立していても、その節目を広げてゆくと成立しなくなることを示して

* 小論において生物群集の構造形態とは、生物群集における種類と個体数の関係をいう。

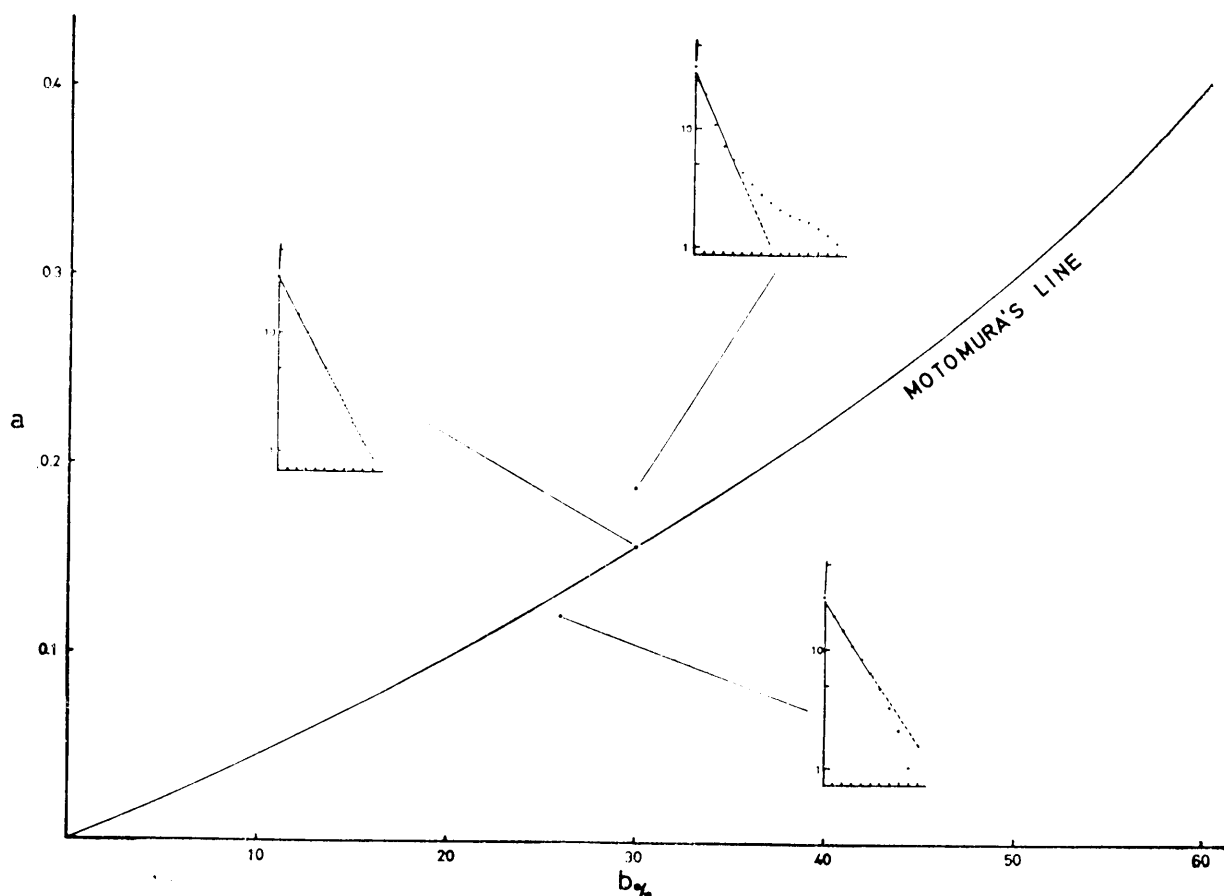
いる。また WHITTAKER (1965) は植物群集において、元村の式の成立する群集は環境の良くない所に見い出され、構成個体数が少なく、種間に生存競争が存在する群集であり、対数正規分布をもつ群集は種間に相互作用が存在する群集、またランダムニーチェ型分布をもつ群集は種間に相互作用の存在しない群集とした。

3. 群集構造形態の解析法

以上述べたように群集の構造形態は環境により変化し、その変化に対しある程度生態学的意味づけがなされている。しかしこれらの構造形態を一般式であらわす段階に至っていない。筆者はここに新しい構造形態の表示法を提案する。それは群集構造形態が元村の式からどの程度異なっているかを元村の式の a, b を使用して表示する解析法である。

元村の式において個体数の総計を 100 — すなわち、個体数を % 表示する — とすると $b\% = 100(1 - 1/10^a)$ なる関係が成立し、 a が定まれば自動的に $b\%$ が定まる。ここに $b\%$ は元村の式における b と $b\% = 10^b$ なる関係にあり、 y 軸の切片を対数表示でなく % 表示したものである。 a をたて軸、 $b\%$ を横軸とする平面を考えると、この面上で元村の式の成立する点は 1 本の曲線上に並ぶ。筆者はこの平面を「元村の面」、曲線を「元村の線」と名付ける。

群集からの $a, b\%$ の求め方は、すべての種について最小二乗法により直線を引き求めたとすれば、いかなる形態の群集においても、 $a, b\%$ は「元村の線」上にのる。したが



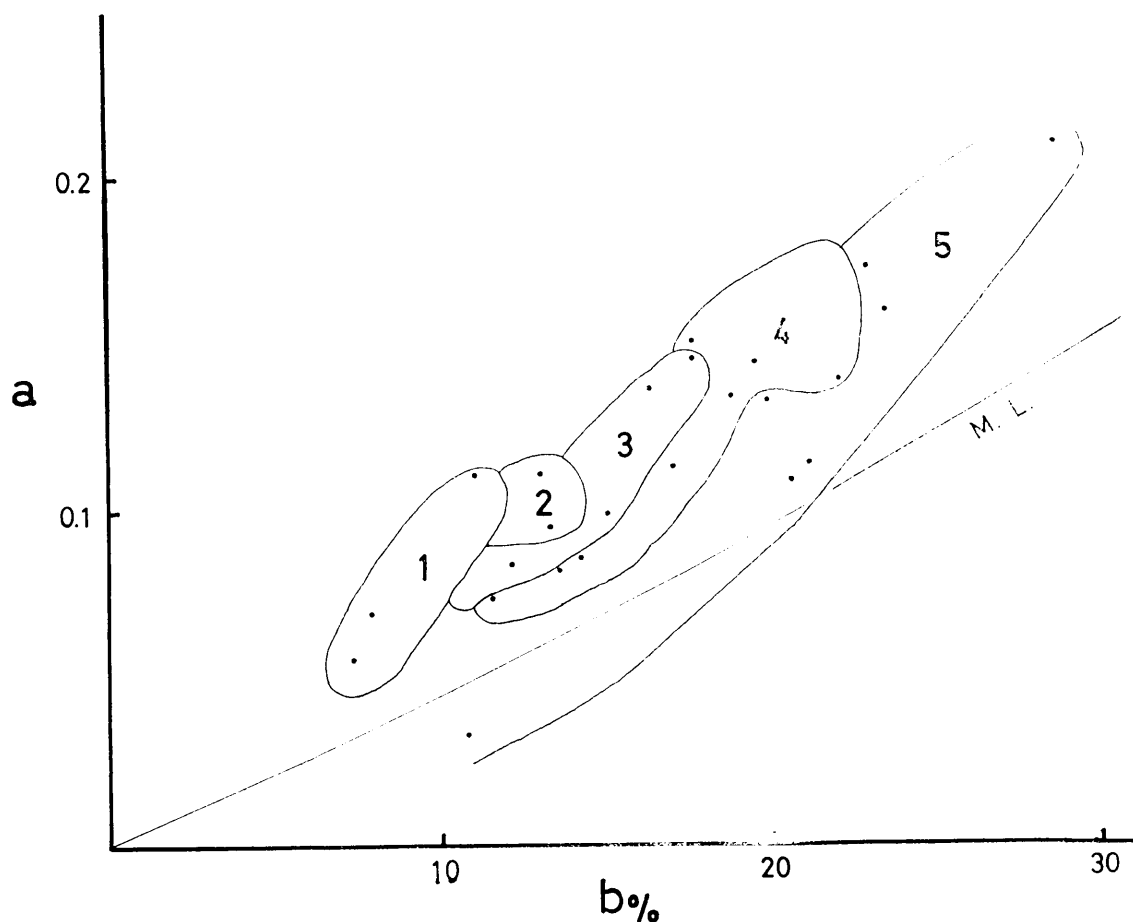
第1図 「元村の面」および「元村の線」

って、群集中の上位6位*までの種の個体数にもとづいて $a, b\%$ を求める。この方法によると順位と個体数との関係が片対数グラフ上で全体的に凸の曲線の場合は「元村の線」より左上に点がプロットされる。(第1図)。また、群集が複雑な場合には「元村の面」上で左下方に、単純な場合には右上方にプロットされる。

4. 底生有孔虫群集の解析例

上述の群集構造形態の解析法が生態的に意味があり、環境区分に役立つかを例でもって述べる。

試料は仙台市西方に分布する旗立層からスポットサンプリングにより得られた24個の試料である。試料を硫酸ナトリウムで処理後、200メッシュで水洗して残った底生有孔虫を各試料ごとに約200個拾い同定した。 $a, b\%$ をグラフにより求め、元村の面上に

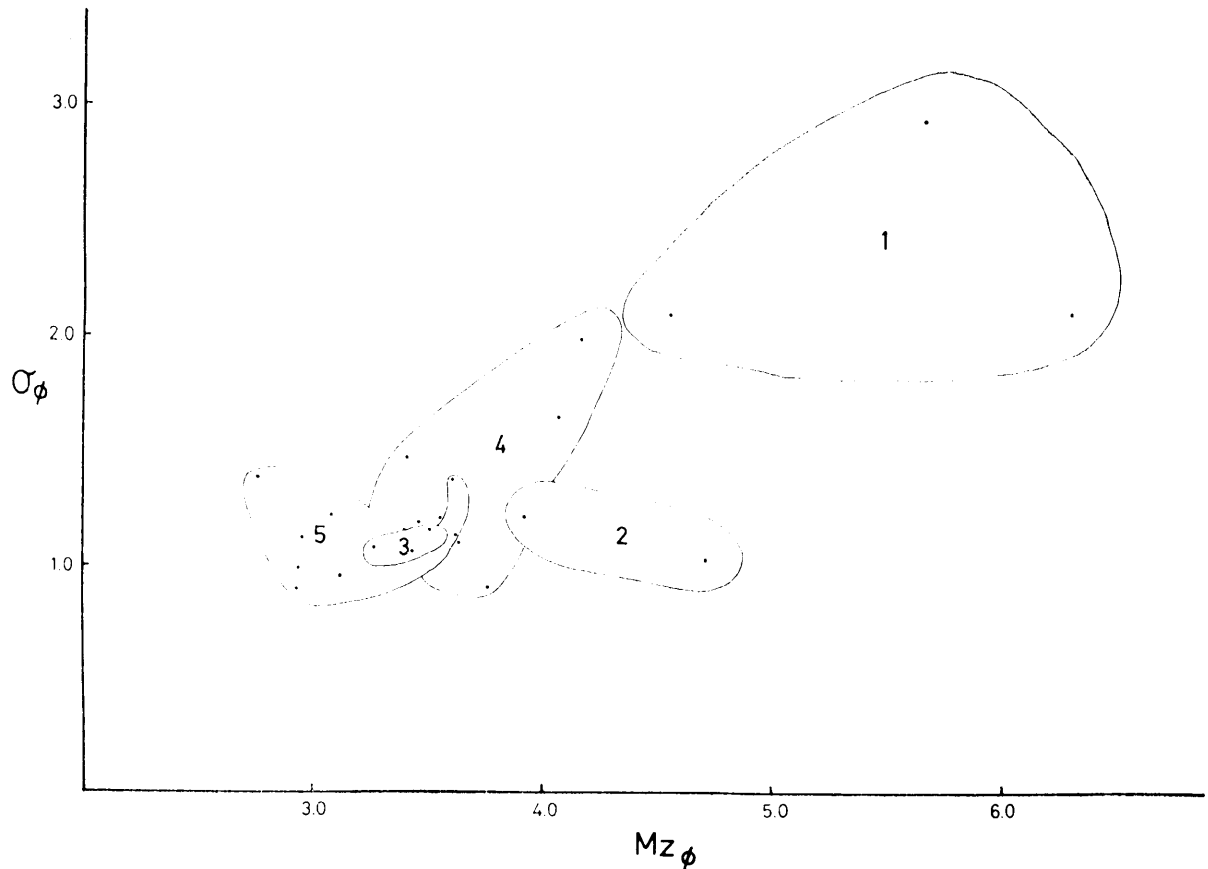


第2図 旗立層産底生有孔虫化石群集の元村の面への投影

ML.: 元村の線

- 1: 複雑群集, 2: *Trifarina kokozuraensis* 群集, 3: *Hanzawaia nipponica* 群集,
4: *Hanzawaia nipponica*・*Bolivina robusta*・*Trifarina kokozuraensis* 群集,
5: *Cassidulinoides* sp. D. 群集

* 群集の全個体数が200個程度の場合、6位以下の順位の個体数は統計的に使用できない場合が多いのでこのような数値を採用した。

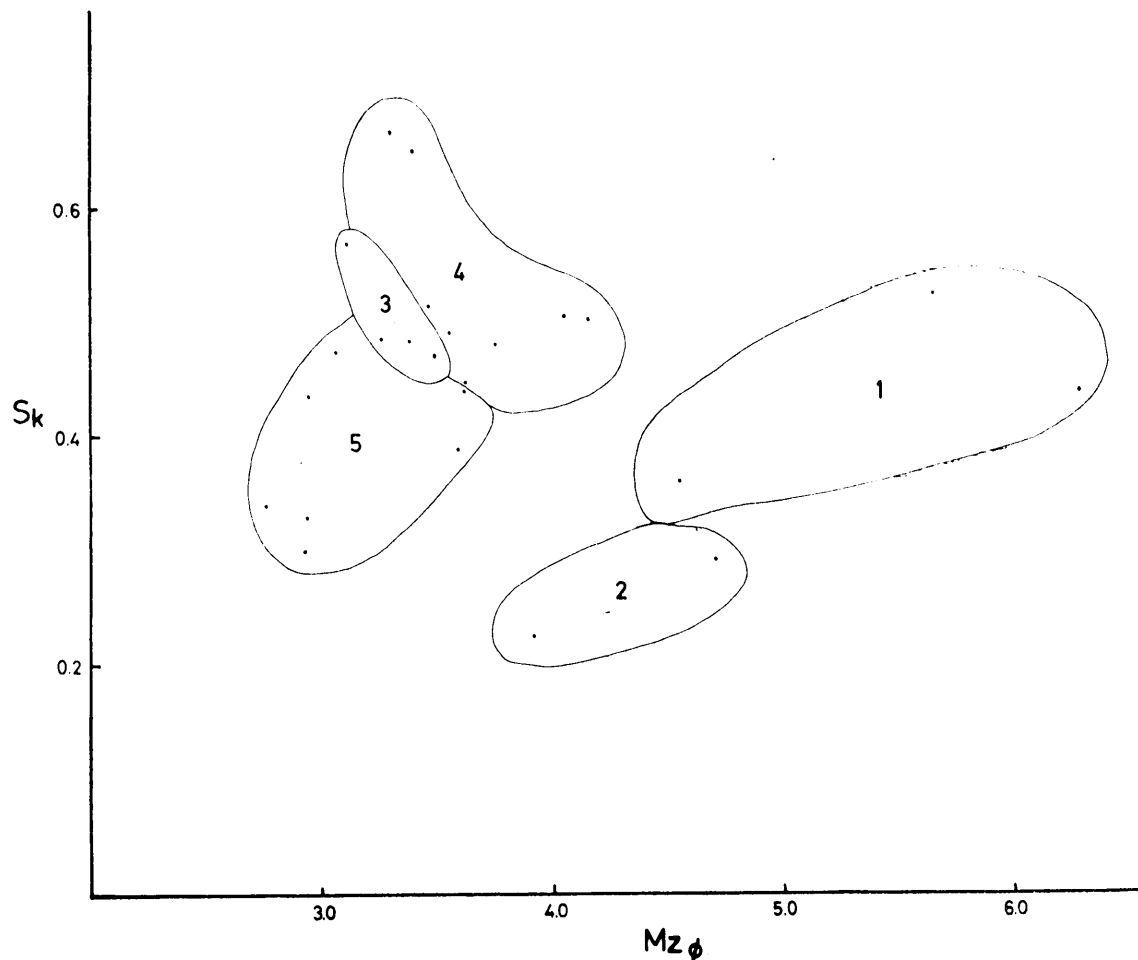


第 3 図 旗立層産底生有孔虫群集と粒度組成の関係

Mz_{ϕ} : 平均粒径, σ_{ϕ} : 標準偏差 (FOLK and WARD, 1957,) 1~5: 第 1 図の群集と同じ

プロットした。更に生物群集のもう 1 つの要素である構成種との関連を知るため主要構成種にもとづきグループ分けした (第 2 図)。第 2 図に見られるごとく、構造形態と構成種が良い対応関係にあるのは、この構造形態解析法が生態的に意味を持っているためと考えられる。次に環境との対応関係を知るために、堆積時の流体力学的状態を示すと考えられる粒度分析の結果との関係を第 3 図、第 4 図に示した。粒度分析は全粒径に対し沈降法で行ない、各数値は FOLK and WARD (1957) に従いグラフ法により算出した。第 3 図、第 4 図中のグループは元村の面により分けられたものであり、粒度組成と良い対応関係がみられるのは群集構造形態と主要構成種が環境と対応しているからと考えられる。よってこの解析法は群集解析法および環境区分法としてもすぐれていると考えられる。

次に現生有孔虫群集の例として Bahia de Todos Santos の底生有孔虫の資料 (WALTON, 1955) について同様な解析を行なった。この場合も元村の面による群集構造形態を主要構成種によりグループ分けできる (第 5 図)。これらのグループと粒度分析の結果との間および地域的分布との間にも良い対応関係がある (第 6 図、第 7 図)。この環境区分を構成種による直観的区分 (WALTON, 1955) および相関係数による区分 (KAESLER, 1966) の結果と比較すると、より細分されているうえ、それらのグループが環境を示すと考えられる粒度組成ともよく対応している。したがって構造形態および主要構成種による群集解析法はよりすぐれた環境解析法であると結論される。



第4図 旗立層産生有孔虫群集と粒度組成の関係

Mzφ: 平均粒径, S_k : 歪度 (FOLK and WARD, 1957), 1~5: 第1図の群集と同じ

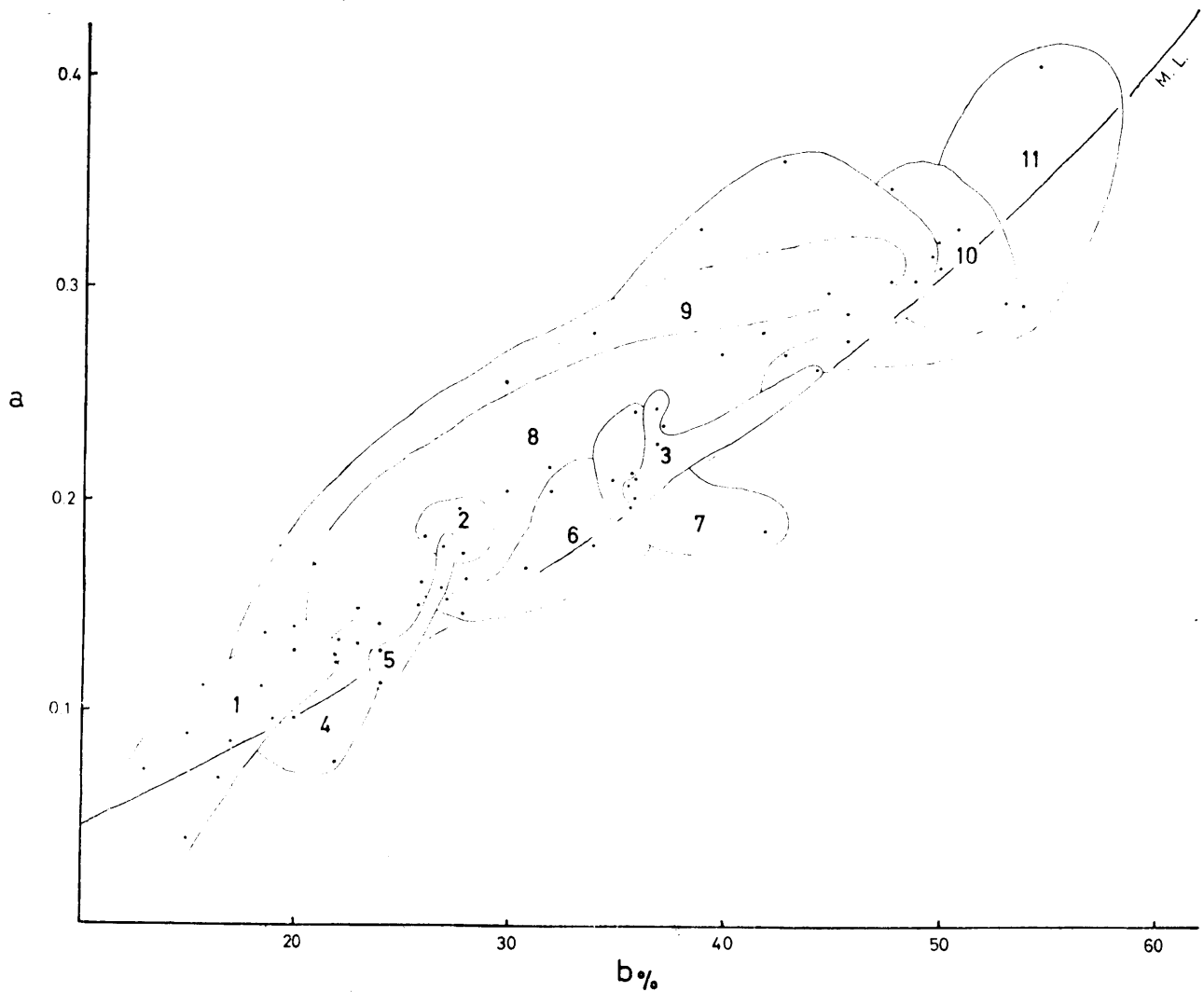
5. 生物群集解析の古生物学的意義

上述のごとく 構造形態と主要構成種による 底生有孔虫群集の解析結果は粒度組成と良く対応している。このことはある環境には、ある生物群集が対応しており、生物群集を解析することにより細い環境解析ができることを示している。

粒度組成を支配する流体力学の法則は時間的に不変と考えられるので、生物群集を粒度分析の結果と対応させて検討することにより生物群集の構造形態および構成種の変遷をある程度環境との関連においてとらえることができると考えられる。このような生物群集のとらえかたは生態学、古生態学および進化学を研究するうえにおいて有効な手段になりうると考えられる。

あ と が き

この小論を仕上げるにあたり、東北大学地質学古生物学教室浅野 清教授、高柳洋吉博士には種々御指導、御助言を賜わった。秋田大学鉱山学部的場保望博士には有孔虫の同定につき種々御指導をいただき、東北大学浅虫臨海実験所西平守孝博士には御助言を



第5図 Bahia de Todos の底生有孔虫群集の元村の面への投影

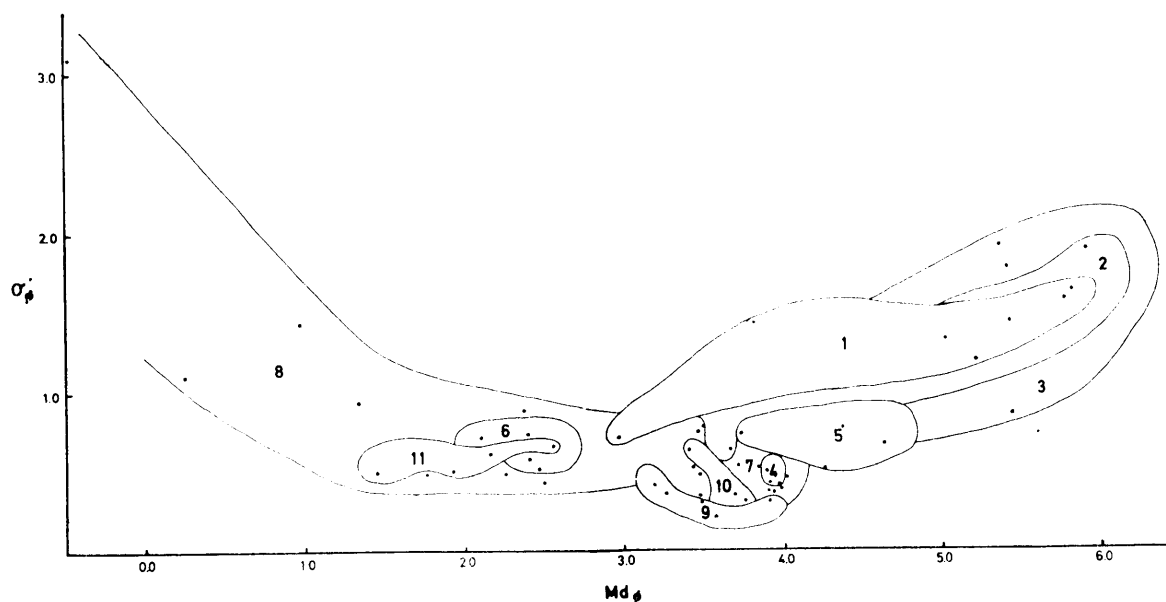
M.L. 元村の線

1: *Bolivina*・*Bulimina* 群集 I, 2: *Bolivina*・*Bulimina* 群集 II, 3: *Bolivina* 群集,
4: 複雑群集, 5: *Reophax* 群集, 6: *Cassidulina* 群集 I, 7: *Eggerella* 群集,
8: *Rotalia*・*Discorbis* 群集, 9: *Trochammina* 群集, 10: *Protonina* 群集, 11:
Cassidulina 群集 II.

いただいた。ここに感謝の意を表する。

引 用 文 献

- BANDY, O.L. (1964) : Correlation of foraminiferal structure with environment. Approach to paleoecology. 432 p., John Wiley and Sons, New York.
- CORBET, A.S. (1942) : The distribution of butterflies in the Malay Peninsula. *Proc. Roy. Ent. Soc. London*. A16, p.101-116.
- FISHER, R.A., CORBET, A.S., and WILLIAMS, C.B. (1943) : The relation between the number of species and number of individuals in a random sample of an animal population. *J. Anim. Ecol.*, 12, p.42-58.



第6図 Bahia de Todos Santos の底生有孔虫群集と粒度組成の関係
 Md_ϕ : 中央粒径, σ'_ϕ : 標準偏差 (Inman, 1952), 1~11: 第5図の群集と同じ

FOLK, R. L., and WARD, W. C. (1957) : Brazos River Bar, a study in significance of grain size parameters. *Jour. Sed. Petr.*, **27**, p. 3-26.

HARMAN, H. H. (1967) : Modern Factor Analysis. 474 p. *The University of Chicago Press*, Chicago.

INMAN, D. L. (1952) : Measures for describing the size distribution of sediments. *Jour. Sed. Petr.*, **22**, p. 125-145.

KAESLER, R. L. (1966) : Quantitative re-evaluation of ecology and distribution of Recent Foraminifera and Ostracoda of Todos Santos Bay, Baja California, Mexico. *Univ. Kansas. Paleont. Contr.*, **10**, 50p.

MACARTHUR, R. H. (1957) : On the relative abundance of bird species. *Proc. Nat. Acad. Sci. U. S.*, **43**, p. 293-295.

元村 勲 (1932) : 群集の統計的取扱いに就いて. *動雑*, **44**, p. 379-398.

——— (1947) : 動物群集の個体数密度の等比級数法に関する再考察. *生理生態*, **1**, p. 55-60.

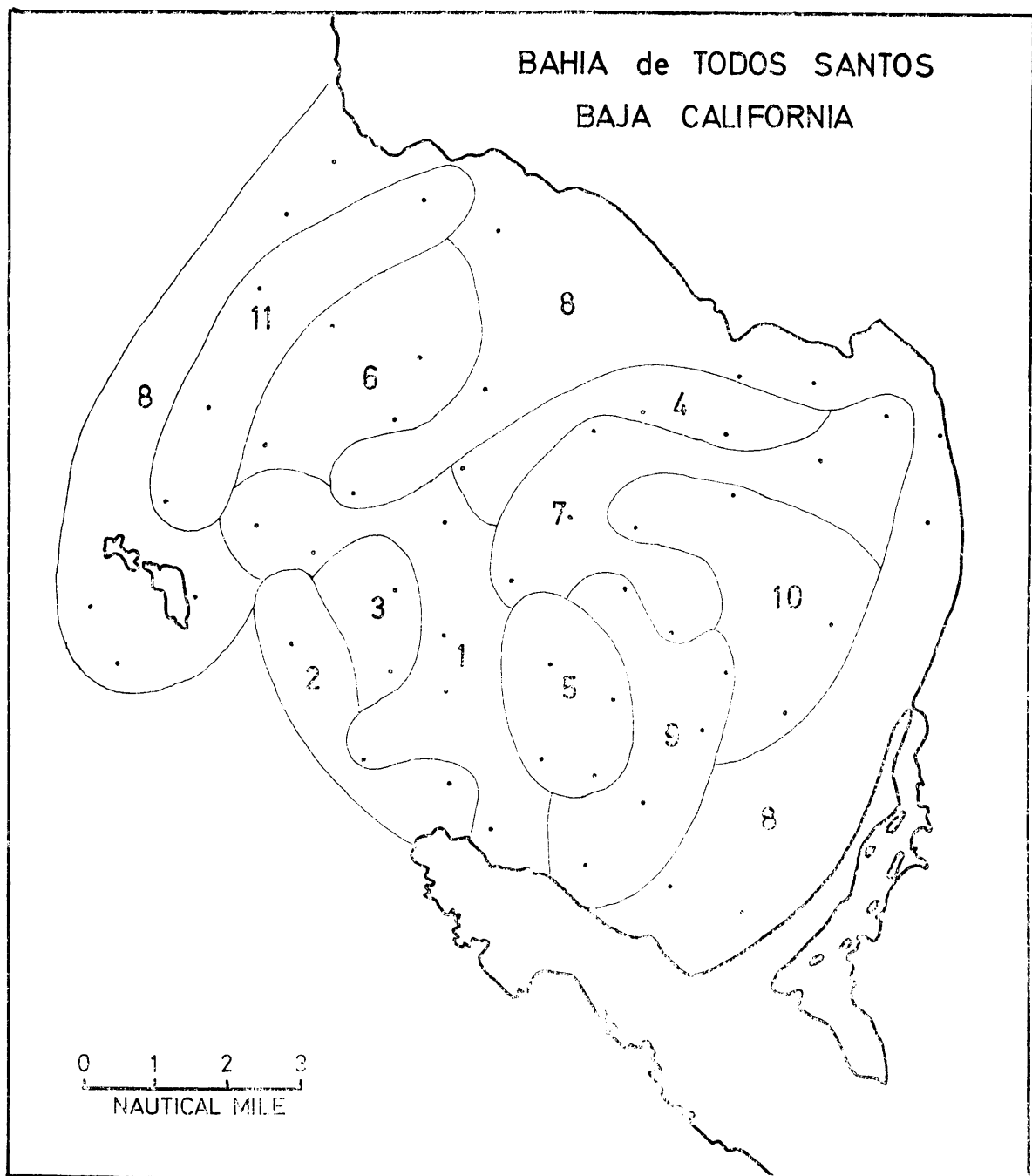
延原 肇・沼田 真 (1954) : 等比級数法~~則~~の成立条件. *植物生態学会報*, **3**, p. 180-185.

PRESTON F. W. (1948) : The commonness and rarity of species. *Ecol.*, **29**, p. 254-283.

清水 利信・斎藤 耕二 (1967) : 因子分析法. 196p. 日本文化科学社, 東京.

内田 俊郎 (1943) : 元村博士の「動物群集の等比級数の法則」についての考察. *生態学研究*, **9**, p. 173-178.

UJHÉ, H. (1962) : Introduction to statistical foraminiferal zonation. *Jour. Geol. Soc. Japan*, **68**, p. 431-450.



第7図 Bahia de Todos Santos の底生有孔虫群集の地域的分布
1~11: 第5図の群集と同じ

- WALTON, W.R. (1955) : Ecology of living benthonic Foraminifera, Todos Santos Bay, Baja California. *Jour. Paleontol.*, **29**, p.952-1018.
- WHITTAKER, R.H. (1965) : Dominance and diversity in land plant communities. *Sci.* **147**, p.250-260.