HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	陸奥湾の軟泥底マクロベントス群集と底質との関係
Author(s)	中尾, 繁; 五嶋, 聖治; 野村, 浩貴; 山口, 宏史; 吉武, 誠司
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 40(3), 159-168
Issue Date	1989-08
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/24029
Type	bulletin (article)
File Information	40(3)_P159-168.pdf

Instructions for use

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北 大 水 産 彙 報
40(3), 159-168. 1989.

陸奥湾の軟泥底マクロベントス群集と底質との関係

中尾　繁*・五嶋　聖治*・野村　浩貴*
山口　宏史*・吉武　誠司*

Relationships between Macrobenthos Communities and Sediment Types in Mutsu Bay

Shigeru NAKAO*・Seiji GOSHIMA*, Hirotaka NOMURA*,
Hiroshi YAMAGUCHI* and Seiji YOSHITAKE*

Abstract

A quantitative survey (42 stations) of the soft bottom macrobenthos in Mutsu Bay, a bay on the north Japan coast, was conducted during September, 1987. The Correspondence Analysis performed with sedimentological variables (particle composition, carbon, nitrogen and sulfide percentage) rendered the ordination of four groups of stations (concordant with a Cluster Analysis) in the Q-mode and four groups of sedimentological variables in the R-mode. Three groups of stations are restricted to sandy and sandy mud habitats in the coastal areas. The other, muddy bottoms with a higher percentage of chemical variables, in the middle part of the bay.

A total of 213 species was collected, polychaeta being the most dominant group in density (65.8%) and number of species (31.5%), bivalvia being 13.1% and 19.2% and crustacea being 14.2% and 27.7% respectively.

The Correspondence Analysis performed with the abundance data of the most abundant species rendered the ordination of four groups of stations (concordant with a Cluster Analysis) in the Q-mode and four groups of species in the R-mode. The first group of stations is dominated by *Lumbrineris* sp., *Terebellides stroemii*, *Notomastus latericeus*, *Maldane sarsi*, *Chaetozone setosa*, *Goniada maculata* and *Glycera* spp. as characteristic species of silt-clay and high organic content sediment, and the second group, by *N. latericeus*, *Praxillella* sp., *Lumbrineris* sp. and *Axinopsida subquadrata* as characteristic of very fine sand, the third group, by *Lagis bocki*, *G. maculata* and *A. subquadrata* as characteristic of fine to coarse sand and the forth group, by *C.* setosa and *Byblis japonicus* as characteristic of fine sand.

は じ め に

砂泥域のマクロベントスの群集型概念は，1～2種の特徴種から説明したPetersen (1913) に始まり，そのオリジナルデータをクラスター分析で再検討したStephenson et al. (1972) などにいたって群集型が統計的に実在性を認識し得る存在として取り扱われ，同様の手法で群集型とその区域分けが多く報告されてきている (例えばNakao, 1982; Hayashi, 1983)。さらに最近では群集型の類別に多変量解析の統計的手法が検討されて (Poore and Mobley, 1980; 赤嶺, 1982; Shin,

* 北海道大学水産学部鹹水増殖学講座
(*Laboratory of Mariculture, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

1982 ; Jacobi, 1987), その解釈を容易にしている。

一方，内湾の群集型と底層環境とが対応することも徐々に明らかにされてきているが，宮地他 (1944) の「内湾度」の概念を始め，Redeke (1936) の塩素量による湖沼標識を群集型と対応させた山本 (1954) や多くの環境要因と群集型の分布の広がりを相互に対応させた Nakao (1982) の報告にみられるように，個々の底層環境要因の分布の広がりと群集の区域分けを概略的に対照する手法が取られ，要因によっては解析結果の解釈に無理が生ずる場合もある。そこで多くの環境要因と群集型を一括して解析する統計的手法の試みが少しづつではあるが報告されて (Hughes et al., 1972 ; Penas and Gonzalez, 1983 ; Jaramillo et al., 1984), 両者の関係が明らかにされてきている。

ここでは，青森県陸奥湾のマクロベントスを対象に群集型と環境要因との関係を多変量解析によって明らかにすることを目的にしている。

稿を進めるに当たり，採集に多くの協力をいただいた青森県水産増殖センター林　義孝・中谷肇の両氏に御礼申し上げる。

調査域と方法

調査は，1987 年 9 月に図 1 に示したように青森県陸奥湾において 42 地点を設定し，スミス・マッキンタイヤー型採泥器 (採集面積 1/10 m²) を用いて各地点 2 回の採集を行なった。採集した底生動物は 1 mm 目合のふるいを用いて底質と分離し，ふるい上のすべての動物を 5% 中性ホルマリンで固定し，その後，各地点ごとの種類別個体数を算定した。

別に採取された底質は表層 2 cm までを管瓶に取り凍結保存した後，実験室で以下の分析に供した。マクロベントスの存在様式や摂餌と重要な関係があると考えられる粒度組成はふるいわけ法により粒径 $-1\,\phi$ 以下から $6\,\phi$ 以上を計 7 段階に分けて求めた。餌の存在様式や量を推察しうる底質の持つ有機物量の指標として炭素量と窒素量を柳本 C-N コーダー MT500 型によって，また，生理的規制要因の指標としての全硫化物量を富山・神崎法 (1952) によってそれぞれ求めた。

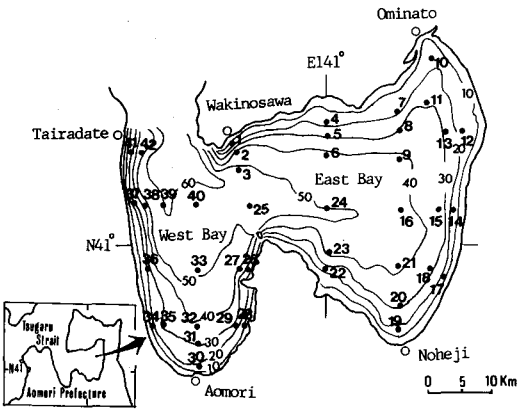

Fig. 1. Map showing the location of the sampling stations and the contours of depth (m) in Mutsu Bay.

結 果 と 考 察

1. 底質環境

分析項目ごとの分布形態を示したのが図2である。粒度組成のうち，粒径63 μ 以下のシルト・粘土が占める割合は東湾と西湾の中央部水域と青森及び大湊の沿岸部で高く，60% 以上を示す等値線が走っており，そのほかの水域では岸よりに向って徐々に値が低くなって沿岸域では20%以下の水準を示している。青森及び大湊の沿岸部をのぞくとシルト・粘土が占める割合の等値線は図1に示した等深線の分布形態ときわめてよく類似しており，青森と大湊がともに湾奥部の位置にあることと合わせて底層流の流れが微細粒子の堆積によく反映されているためと考えられよう。炭素量，窒素量及び硫化物の分布形態もそれぞれ相互にきわめてよく類似しており，シルト・粘土量のそれとも共通しているが，炭素量において青森及び大湊沿岸部の値が湾央部よりもかなり高い値を示すことから，これら2つの水域での底層流の弱まりとともに陸性有機物の流入の影響も推察される。

各地点がもつ底質環境の特徴から，それぞれの地点間の類似を検討するため，ここではユークリッド平方距離を算出した。粒度組成の礫からシルト・粘土までの7段階の数値と他の3項目の数値 (P) は Snedecor and Cochran (1967) による次の変換値 X を適用した。

$$X = \arctan\sqrt{P/(100-P)}$$

結果を Mountford (1962) の平均連結法でデンドログラムとして図3の上部に示し，また，それぞれ類似する地点群をまとめてグループ A から D までとし，それらの空間的配置を図3の下部に示した。

4つのグループに分けられた底質の特徴は，図2の各項目の分布域と対照すると概略は推察できても，隣接する底質型が相互にどのような差異を持つかは明らかにしえない。そこで地点あるいは底質の各項目を行あるいは列とし (Orloci, 1967), 列と行とを交換して得られる2つの結果

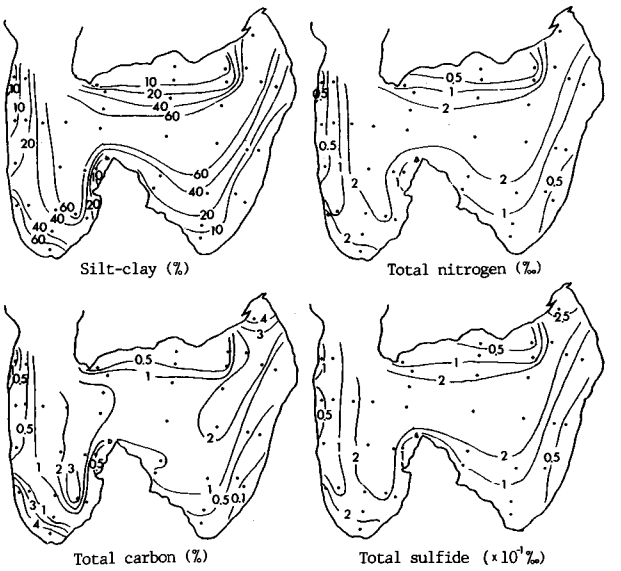

Fig. 2. Spatial distributions of silt-clay (%), total carbon (%), total nitrogen (‰) and total sulfide ($\times 10^{-1}$‰) contents in the surface sediment in Mutsu Bay.

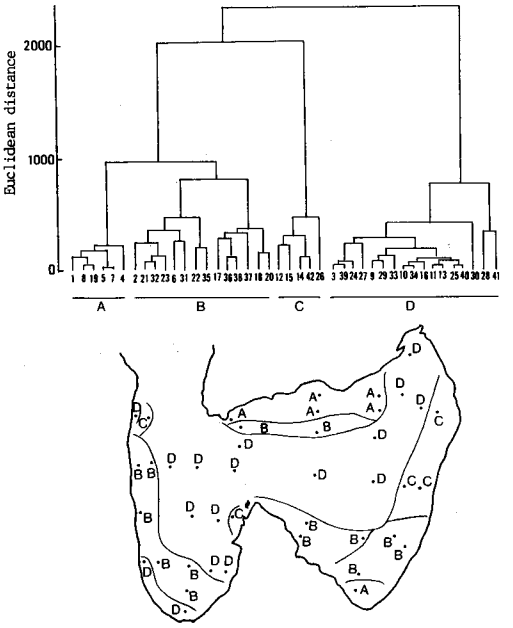

Fig. 3. Dendrogram of the Euclidean distance obtained by group average method (upper) and spatial distribution of four groups of the stations (bottom). See text for A-D.

が相互に対応関係を持つために，解析結果を容易に解釈できる対応分析を採用した。42 地点×10 底質分析項目の変換値のマトリックスを基礎資料として解析した結果，第 1 及び第 2 固有値が 0.185 及び 0.061 であるのに対し第 3 固有値が 0.029 であること，第 1，第 2 の二つの成分で全変動の 85.1%を説明しうることを得た。そこで第 1，第 2 成分を座標軸として得られた主座標を打点することで地点あるいは底質の分析項目の相互関係を示したのが図 4 である。行を地点とし，列を変数である底質分析項目として解析した R-モードでは，礫，極粗砂および粗砂からなる A 群，中

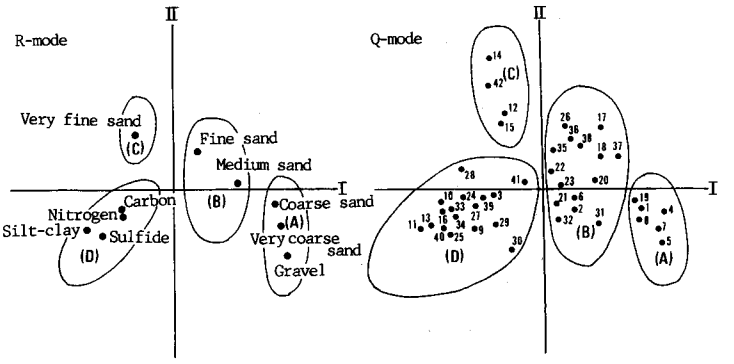

Fig. 4. Correspondence analysis ordination of sedimentological variables (R-mode) and 42 stations (Q-mode) on components I and II. Stations are numbered 1 to 42. See text for A-D.

砂と細砂からなるB群，微細砂からなるC群およびシルト・粘土，炭素，窒素，および硫化物からなるD群として主座標をまとめることができる。一方，行を底質分析項目とし，列を地点としたQ-モードでは，地点1, 4, 5, 7, 8, 19からなるA地点群，地点2, 6, 17, 18, 20, 21, 22, 23, 26, 31, 32, 35, 36, 37, 38からなるB地点群，地点12, 14, 15, 42からなるC地点群および地点3, 9, 10, 11, 13, 16, 24, 25, 28, 29, 30, 33, 35, 36, 37, 38からなるD地点群の4つの群に区分される。これらの底質分析項目と地点群はそれぞれ対応関係を表わすので，例えばA地点群は礫から粗砂でなっている底質項目のA群に属するように両者の同一アルファベットで示した群が相互に対応することとなる。

クラスター分析で求めたA～Dの4地点群（図3）とQ-モードのA～Dの4地点群（図4）を対照すると図3のC地点群のうち地点26がQモードのB地点群に含まれる以外は相互の同一アルファベットに含まれる地点群はまったく差異がないことがわかる。したがって，湾北部の岸よりに見られる底質A型は礫から粗砂の粗い粒子が卓越する底質であり，野辺地及び青森港沖合から奥内に向かう2つの沿岸域の底質B型は中砂と細砂が卓越し，大湊から野辺地に向かう沿岸部は細砂が主成分の底質C型が分布していることとなる。これら3つの底質型は有機物量や硫化物量が少ないのに対し，湾央部と青森及び大湊沿岸では，シルト・粘土が粒度組成で卓越し，有機物量や硫化物量も高い底質D型であるといえる（図3)。

2. マクロベントスの群集型

採集されたマクロベントスは全部で213種類であり，そのうち多毛類が最も多く全体に対する

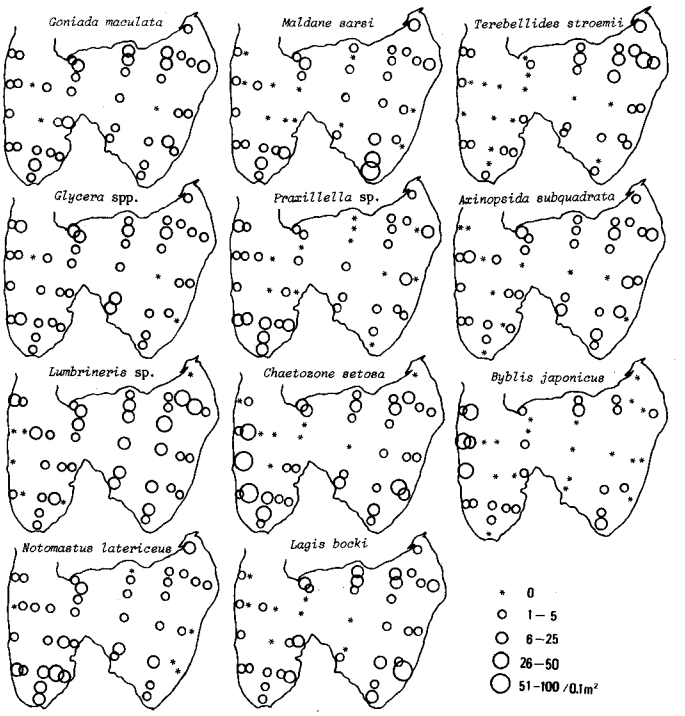

Fig. 5. Spatial distributions of number of individuals (no./0.1 m²) of 11 common macrobenthos.

種数で 31.5%, 個体数で 65.8% を占めている。ついで甲殻類がそれぞれ 27.7% と 14.2%, 二枚貝類が 19.2% と 13.1% で, これら 3 つの動物群で全体の種数の 78.4%, 個体数の 93.1% を占めることとなる。今, 全個体数に占める割合が 2% 以上で 0.1 m² 当りの平均個体数が 100 個体以上を有する種をあげると 11 種であり, そのうち多毛類が 9 種を占め, 二枚貝類と端脚類はそれぞれ 1 種である。これらの種の個体数密度分布を示すと図 5 のようになる。それぞれの種は必ずしも同一傾向を示す分布形態を持つわけではなく, 比較的広く湾内全域に分布するのはキヨウスチロリ *Goniada maculata*, スピオ科の一種 *Glycera* spp., ギボシイソメ科の一種 *Lumbrineris* sp., シダレイトゴカイ *Notomastus latericeus* であり, このうち *Lumbrineris* sp. の分布の中心は東湾の沿岸部をのぞく水域にあるようである。ホソタケフシ *Maldane sarsi* とタケフシゴカイ科の一種 *Praxillella* sp. は前種が青森, 野辺地あるいは大湊地先に多いのに対し, 後者は青森地先や各沿岸部に分布の中心領域を持つように思える。また, 湾中央部に比較的少なく, 沿岸水域に多い種にミズヒキゴカイ科の *Chaetozone setosa*, ウミイサゴムシ *Lagis bocki*, タマグシフサゴカイ *Terebellides stroemii*, ユキヤナギガイ *Axionopsida subsquadrata* およびニッポンスガメ *Byblis japonicus* があるが, このうち *C. setosa* と *B. japonicus* は西湾沿岸部に, *L. bocki*, *T. stroemii* および *A. subsquadrata* は東湾の沿岸部に分布領域の中心があるように思える。

このように, ある水域のマクロベントスはそれぞれの生活様式に応じてそれぞれの分布領域を占有しているが, 移動力の乏しいこれらマクロベントス集団の各地点にみられる種組成と個体数の差異は, それぞれの場の総合的, 持続的な環境の反映とみなすことができ, しかも複数種が存在し, それぞれ少しずつ違う環境要因を要求するとすれば, 要因の広がりの共通部分はそれぞれの種が要求する要因の広がりより狭いものになろう。そこで地点間の種組成と個体数にみられる類似性を Kimoto (1967) の類似度指数で求め, Mountford (1962) の平均連結法によって類似の高い地点群のグループ分けを試みた。結果をデンドログラムとして図 6 の上部に, それぞれの地

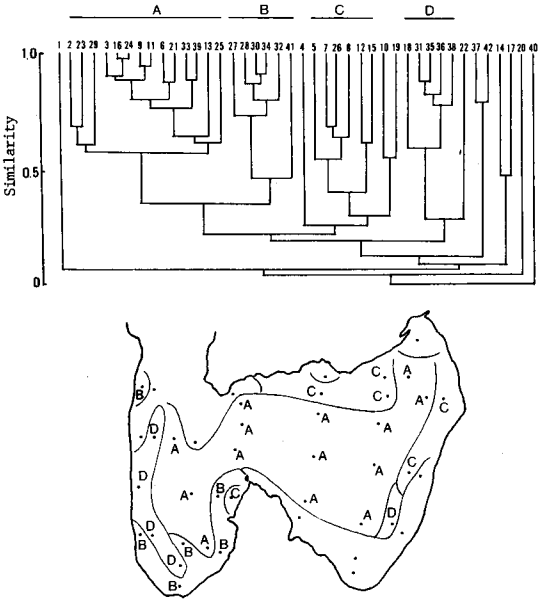

Fig. 6. Dendrogram produced by group average method with Kimoto's similarity index (upper) and spatial distribution of four groups of the stations (bottom). See text for A-D.

点群のグループの空間的配置を図6の下部に示した。

クラスター分析によるグループ分けではA～Dの4つの地点群にまとめられ，相互の類似の度合もわかるが，その内容となる種組成については不明である。そこで図5に示した主要種11種を取り上げ，クラスター分析で分けたA～Dの各地点について底質環境と同様の手法で対応分析を試みた。ただし，個体数については各地点の採集面積内での出現が非ポアッソン型をとるので，Elliot (1971) にしたがって次式による対数変換値Xを用いた。

$$X = \log(\text{個体数} + 1)$$

42地点×11種類の対数変換した個体数マトリックスを基礎として解析した結果，第1および第2固有値が0.141および0.086であるのに対し，第3固有値は0.049であること，第1，第2の二つの成分で全変動の54.1%を説明できることを得た。そこで第1，第2成分を座標軸として得られた主座標を打点することで種あるいは地点の相互関係を示したのが図7である。行を地点とし，列を変数である種としたR-モードでは，ホソタケフシ，*Lumbrineris* sp.，タマグシフサゴカイからなるA種群，*Praxillella* sp.とシダレイトゴカイからなるB種群，キョウスチロリ，ウミイサゴムシ，*Glycera* spp.，ユキヤナギガイからなるC種群，およびニッポンスガメと*C. setosa*からなるD種群として主座標をまとめることができる。一方，行を種とし，列を地点としたQ-モードでは，地点2, 3, 6, 9, 11, 13, 16, 21, 23, 24, 29, 33, 39からなるA地点群，地点25, 27, 28, 30, 32, 34, 41からなるB地点群，地点5, 7, 8, 12, 15, 18, 26からなるC地点群，地点31, 35, 36, 38からなるD地点群の4つの群に区分される。これらの種群と地点群はそれぞれ対応関係を表わすので，A地点群はA種群にB地点群はB種群に属するように，R-モードのあるアルファベットの種群にはQ-モードの同一アルファベットの地点群が属することとなる。

図7のQ-モードで分けたA～Dの各地点群と図6のクラスター分析で分けたA～Dの各地点群を対照すると，18と25の2地点が隣接の地点群に移っている他は，同一アルファベットの地点群は相互に同一地点からなっていることがわかる。そこでQ-モードによって分けられた地点群が対応するR-モードの種群に加えて，地点群の平均個体数が3%以上の主要種群を地点群ごとに示したのが表1である。最上位の属名をもって呼ぶことにすればA種群は*Lumbrineris*群集型，B種群は*Notomastus*群集型，C種群は*Lagis*群集型およびD種群は*Chaetozone*群集型となり，A地点群は*Lumbrineris*群集型，B地点群は*Notomastus*群集型，C地点群は*Lagis*群集型およびD地

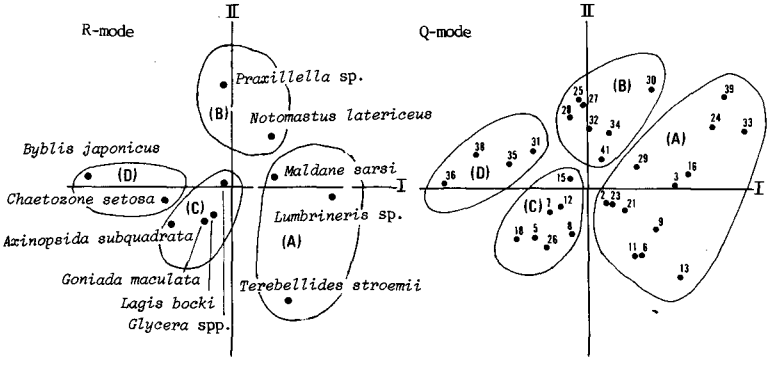

Fig. 7. Correspondence analysis ordination of 11 dominant species (R-mode) and 31 stations (Q-mode) on components I and II. Numbers refer to station numbers of four station groups in Fig. 6 and see text for A-D.

Table 1. Dominant macrobenthos species and their individual compositions (%) in the four station groups.

	Species	Composition (%)
Group A	*Lumbrineris* sp.	25.65
	Terebellides stroemii	7.34
	Notomastus latericeus	6.34
	Maldane sarsi	4.58
	Chaetozone setosa	4.41
	Goniada maculata	3.41
	Glycera spp.	3.14
Group B	*Notomastus latericeus*	15.35
	Praxillella sp.	13.54
	Lumbrineris sp.	5.02
	Thyasira tokunagai	4.31
	Spiophanes bombyx	4.11
	Glycera spp.	4.01
	Maldane sarsi	3.21
	Eunice sp.	3.11
Group C	*Lagis bocki*	6.93
	Goniada maculata	4.79
	Axinopsida subquadrata	4.53
	Ophiolepididae A	3.68
	Polyplacophora A	3.62
	Byblis japonicus	3.04
	Maldane sarsi	3.04
Group D	*Chaetozone setosa*	27.73
	Byblis japonicus	5.41
	Syllis sp.	4.95
	Axinopsida subquadrata	3.99
	Eunice sp.	3.87
	Euclymene sp.	3.42
	Tharyx sp.	3.25

点群は *Chaetozone* 群集型にそれぞれ属することとなる。したがって，*Lumbrineris* 群集型は陸奥湾湾央部に広く分布し，これと類似性が高い *Notomastus* 群集型は青森沿岸部と平館地先の水域に，また上記2群集型とは類似性の乏しい *Lagis* 群集型は東湾の北と東の両沿岸部水域に，*Chaetozone* 群集型は西湾沿岸部と東湾野辺地沖合に分布するといえる (図6)。

3. マクロベントス群集型と底質環境との関係

マクロベントスと底質環境とが相互になんらかの関係を持つとすれば，先に述べた4つの底質

Table 2. Number of stations in each sediment type to four macrobenthos community types

Community type	Sediment type			
	A	B	C	D
Lumbrineris community	—	4	—	9
Notomastus community	—	1	—	6
Lagis community	3	2	2	—
Chaetozone community	—	4	—	—

型に属する地点群と4つの群集型に属する地点群が相互に対応することが予想される。そこで，図4と図7のそれぞれQ-モードでまとめられた地点群を対照して一括表示したのが表2である。*Lumbrineris* 群集型に属する13地点のうち底質D型に9地点が，また，底質B型に4地点がそれぞれ含まれる。*Notomastus* 群集型の7地点は，6地点が底質D型に，1地点がB型に含まれ，*Lagis* 群集型の7地点は，底質A型に3地点，底質B型と底質C型にそれぞれ2地点ずつ含まれている。一方，*Chaetozone* 群集型の4地点はすべて底質B型に含まれていることがわかる。クラスター分析のデンドログラム (図6) からわかるように相互に類似性の高い *Lumbrineris* 群集型と *Notomastus* 群集型は共通してシルト・粘土が卓越し，有機物量や硫化物量も高い値を示す底質型に分布が集中し，また，*Chaetozone* 群集型は有機物量が少なく中砂と細砂が主成分となる底質型のみに分布することとなる。一方，*Lagis* 群集型は底質D型には分布がみられないが，有機物量が少ない粗砂から微砂までの3つの底質型に幅広く分布することがわかる。単に群集型と底質型の対応関係のみを見るなら，クラスター分析から求めた調査の地点群の空間分布を示す図3と図6の2つを対照しても明らかであろう。山本 (1951) はこの湾のマクロベントスを元村 (1935) の相関係数を用いて4つの群集型に類別しているが，それぞれの群集型の主要種は今回の結果と明らかに異なっており，それらの空間分布形態にも差異が認められる。2つの調査期間に長期の時間的経過があること，種の分類基準も異なることなどが理由であろうが，いずれにしても山本は識別した4つの群集型と深度，底泥が密接な関係があるとしながらもこれらの要因では全ての群集型の分布を説明できないとして，底層水の塩分量で群集型の分布を説明している。加えて塩分量が群集分布に示す意義について付言し，水の鹹度それ自身よりも塩分量分布から読み取れる底層流の速度を重視し，それはまた底質，水質などすべての海洋条件の総合的表現としている。このように説明すれば，山本自身が指摘するようにベントス群集型が塩分の分布と一致していることは当然であるようにも思われる。したがって，単に個々の分布の対照で群集型と底層環境の関係を解釈する場合には説明に困難な側面を生ずることが多い。一方，多変量解析による群集型と底質環境との関係を明らかにした報告には，底質粒度，特に細泥部の量や有機物量と強い関係があることを示唆するものが多く (Poore and Mobley, 1980; Shin, 1982; Penas and Gonzalez, 1983; Jaramillo et al., 1984)，それら環境要因の群集型分布に示す意義は群集型を構成するマクロベントスの摂餌様式と摂餌量あるいは存在様式と相互に関連していることにあるとしている。Nakao (1982) は函館湾で識別された7つのマクロベントス群集型がシルト・粘土および炭素量分布ときわめてよく一致し，上に示したと同様に群集型の構成種の摂餌様式と餌の量および餌の存在の仕方がその対応関係を理解する上で重要であると指摘している。陸奥湾で類別された群集型のうち，3つの群集型が特定の粒度組成の底質型に分布し，他の1つも幅広い底質型に分布するが，シルト・粘土の底質にはまったく見られないことが対応分析によって明らかになった。今後，これら

群集型の構成種の摂餌様式を検討することによって群集型分布に対する底質型の意義を明確にすることが可能かもしれない。しかし，そこで問題になるのは，摂餌様式を単に堆積物食者とか懸濁物食者といった大まかな類別ではなく，極めて困難ではあるが，出現種のすべてについてさらに詳細な摂餌様式の類別が必要なことである。

文　　献

赤嶺達郎 (1982). 底生生物の分布および種類組成を類別する統計的手法の検討. 日水研報告, **33**, 117-140.

Elliot, J.M. (1971). Some method for the statistical analysis of samples of benthic invertebrates. *Fishwater Biol. Assoc. Sci. Publ.*, No. 25, 148 pp.

Hayashi, H. (1983). Distribution of macrobenthic animals of the flat bottom in Obama Bay. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, **49**, 1765-1775.

Hughes, R.N., Peer, D.L. and Mann, K.H. (1972). Use of multivariate analysis to identify functional components of the benthos in St. Margaret's Bay, Nova Scotia. *Limnol. Oceangr.*, **17**, 111-121.

Jacobi, C.M. (1987). Spatial and temporal distribution of Amphipoda associated with mussel beds from the Bay of Santos (Brazil). *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **35**, 51-58.

Jaramillo, E., Mulsow, S., Pino, M. and Figueroa, H. (1984). Subtidal benthic macroinfauna in an estuary of south Chile: Distribution pattern in relation to sediment types. *Mar. Ecol.*, **5**, 119-133.

Kimoto, S. (1961). Some quantitative analysis on the Chrysomekid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, **6**, 27-54.

宮地伝三郎・波部忠重・川口正雄・山根謹爾 (1954). 中ノ海の底生動物群集と遺骸群集. 京大生理生態. **31**, 1-24.

元村　勲 (1985). 三崎諸磯のケガキ群落. 生態学研究. **1**, 55-62.

Mountford, M.D. (1962). An index of similarity and its application to classificatory problems. *In* Murphy, Z.W. (ed.), *Progress in Soil Zoology*, 43-50. Butterworth, London.

Nakao, S. (1982). Community structures of the macro-benthos in the shallow waters in northern Japan. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **28**, 225-304.

Orloci, L. (1967). Data centering: A review and evaluation with reference to component analysis. *Syst. Zool.*, **16**, 208-212.

Penas, E. and Gonzalez, G. (1983). Relationships between benthic infauna and environmental factors in three beaches of the Ria de Arosa embayment (Spain) using canonical correlation analysis. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* **68**, 245-256.

Petersen, C.G.J. (1913). Valuation of the sea. II. The animal communities of the sea bottom and their importance for marine zoogeography. *Res. Dan. Biol. Stn.*, **21**, 1-110.

Poore, G.C.B. and Mobley, M.C. (1980). Canonical correlation analysis of marine macrobenthos survey data. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **45**, 37-50.

Redeke, H.C. (1936). On the present state of our knowledge of Limnology in the Netherlands. *Union Geodesiq et Geophsique Internat. Rpp. Divers.* 1-16.

Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1967). Statistical methods. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa, 593 pp.

Shin, P.K.S. (1982). Multiple discriminant analyses of macrobenthic infaunal assemblages. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **59**, 39-50.

Stephenson, W., Williams, W.T. and Cood, S.D. (1972). Computer analyses of Petersen's original data on bottom communuties. *Ecol. Monogr.*, **42**, 387-415.

富山哲夫・神崎嘉瑞夫 (1952). 底泥に含まれる硫化物の少量定量法. 日水誌, **17**, 115-121.

山本護太郎 (1950). 陸奥湾の底生生物群集. 日水誌, **16**, 435-439.

山本護太郎 (1954). 汽水性水域の底生生物群集の研究 IV. 尾駮沼, 鷹架沼の底生生物　特に群集型の系列について. 日生態会誌 **4**, 60-63.