

# 底質・ベントスから見た東海村前面海域の類型化について

岩 崎 順

## はじめに

東海村前面海域における底質・ベントスの分布特性を調べることに、底質・ベントスが当該海域の水産生物に与える影響を明らかにすることを目的とした。

## 方 法

### 1 調査場所

日立港より阿字ヶ浦に到る海域(図1)

### 2 調査項目

#### (1) 底質

- ア 粒度組成
- イ 強熱減量

#### (2) ベントス

- ア 種類数・個体数
- イ 多様性指数
- ウ 類似度指数

### 3 調査期間

1986年6月9日, 1987年1月13日

### 4 採泥

図1に示した地点で、スミス・マッキンタイヤー型採泥器(0.1 m<sup>2</sup>)を用いて底泥約1kgを採取した。

### 5 底質試料の分析

#### (1) 粒度組成

JIS規格の標準篩(目開き1.00, 0.50, 0.25, 0.125, 0.063, 0.037mmの6シリーズ)を用い、湿泥50gを流水式の篩分け法により7サイズクラスに分け、粒度組成(重量%)を求めた。本報告では、KRUMBEINの $\phi$ スケールによる粒度区分(表1)を使用し、これから平均粒度<sup>\*\*</sup>を算出した。

#### (2) 強熱減量

試料の湿泥50gを電気炉を用いて110℃で6時間乾燥し、乾泥とした。その乾泥10gを電気炉を用いて600℃で2時間強熱し、減量(重量%)を求めた。

### 6 ベントス採集

スミス・マッキンタイヤー型採泥器(0.1 m<sup>2</sup>)を用いて採取した底泥を1mmメッシュの篩でふるい、篩上に残ったベントスを中性ホルマリンで固定し、試料とした。

### 7 種の同定・計数

上記試料について、腔腸、扁形、紐形、星口、環形、触手、軟体、節足、棘皮、半索及び原索の各動物門に関する種の同定・計数を行なった。

### 8 多様性指数の算出

種類数・個体数から、各地点ごとの群集組成の多様性指数 $H'(MARGALEF 1957)$ を算出した。

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_e p_i \quad \because p_i = n_i / N$$

(N; 試料中の総個体数,  $n_i$ ; 第*i*番目の種類の個体数, S; 種類数)

### 9 類似度指数の算出

種類数・個体数から、各地点間の群集組成の類似度指数 $CI(KIMOTO 1967)$ を算出し、MOUNTFORD法によりクラスター分析を行ない、デンドログラムを作成した。

$$CI = \frac{2 \sum_{i=1}^S n_{1i} \cdot n_{2i}}{(\sum \Pi_1^2 + \sum \Pi_2^2) N_1 \cdot N_2}$$

$$0 \leq CI \leq 1$$

\*  $\phi = -\log_2 d \quad \because d$ ; 粒径(mm)

\*\* FOLK & WARD (1957)  $Mz = (\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}) / 3$

$$\therefore \Sigma H_1^2 = \frac{\sum_{i=1}^S n_{1i}^2}{N_1^2},$$

$$\Sigma H_2^2 = \frac{\sum_{i=1}^S n_{2i}^2}{N_2^2}$$

( $N_1, N_2$  : 地点1及び地点2における総個体数,  
 $n_{1i}, n_{2i}$  : 地点1及び地点2における第*i*番  
 目の種類に属する個体数,  $S$  ; 種類数)

## 結 果

### 1 粒度組成

(1) 1986年6月9日(図2)

St. 14は中砂で占められていたが, その他の地点は細・極細砂で占められていた。

(2) 1987年1月13日(図3)

St. 8C, 8D, 14は粗・中砂で占められていたが, その他の地点は細・極細砂で占められていた。

### 2 強熱減量

(1) 1986年6月9日(図4)

St. 1A, 1B, 1C, 2C, 3B, 4A, 4B, 6A, 6B, 6C, 8A, 8B, 12A, 12Bは2%以下を示し, St. 2A, 4C, 8Dは3%以上を示した。その他の地点は2~3%の範囲にあった。

(2) 1987年1月14日(図5)

St. 8C, 12Bは2%以下を示し, St. 1A, 1B, 1C, 3A, 3B, 4A, 4B, 5C, 8D, 8Eは3%以上を示した。その他の地点は2~3%の範囲にあった。

### 3 種類数・個体数

(1) 1986年6月9日(図6)

種類数は, St. 2A, 3B, 5Aで5種未満を示し, St. 5C, 8C, 12B, 14で20種以上を示した。その他の地点は5~20種の範囲にあった。

個体数は, St. 4C, 5B, 5C, 6B, 6C, 8A, 12B, 14で1,000個体/ $\text{m}^2$ 以上を示した。これらの地点では, エラナシスビオ, *Melinna* sp., ヒメバカガイが優占していた。

(2) 1987年1月13日(図7)

種類数は, St. 8Cで5種未満を示し, St. 8Eで20種以上を示した。その他の地点は5~20種の範囲にあった。

個体数は, St. 2A, 3B, 8Eで1,000個体/ $\text{m}^2$ 以上を示した。これらの地点では, ヒメバカガイ, ラスバンマメガイが優占していた。

### 4 多様性指数

(1) 1986年6月9日(図8)

St. 3B, 5A, 5B, 6A, 6B, 8Aは1.00以下を示し, St. 1C, 2C, 3C, 8C, 8D, 8E, 12B, 14は2.00以上を示した。その他の地点は1.00~2.00の範囲にあった。

(2) 1987年1月13日(図9)

St. 2A, 2B, 3B, 4A, 6Bは1.00以下を示し, St. 4C, 5C, 8E, 12B, 14は2.00以上を示した。その他の地点は1.00~2.00の範囲にあった。

### 5 類似度指数

(1) 1986年6月9日(図10, 11)

群集組成の類似度指数( $CH$ )に基づくデンドログラムを $CH=0.2$ で区切ると, 東海村前面海域におけるベントス群集を①群(St. 1A, 2A, 3A, 3B, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B, 8A, 8B), ②群(St. 1B, 1C, 2B, 2C, 3C, 8D), ③群(St. 4C, 5C, 6C, 8C, 12B)に分けることができた。

(2) 1987年1月13日(図12, 13)

類似度指数( $CH$ )に基づくデンドログラムを $CH=0.2$ で区切ると, 東海村前面海域におけるベントス群集を①群(St. 1A, 1B, 1C, 2A, 2B, 3A, 3B, 3C, 4A, 4B, 5A, 5B, 6A, 6B, 8A, 8B), ②群(St. 2C, 4C, 6C, 12B), ③群(St. 8D, 14)に分けることができた。

## 考 察

東海村前面海域の底質・ベントスについて, 海域の類型化に関する総合的な指標を求めるために, 主成分分析(Principal Component Analysis)を行なった。主成分分析とは, 多くの変量の値をできる

だけ情報の損失なしに、1個または少数個の総合的指標（主成分）で代表させる方法である（田中他 1985）。ここでは、1986年6月9日（夏期）の25地点及び1987年1月13日（冬期）の26地点についての平均粒度、粒子多様性指数、強熱減量、種類数、個体数、ベントス多様性指数に関するデータの相関行列から主成分分析を行ない、海域を類型化した。

### 1 調査項目の統計量（表2，5）

1987年1月13日の各調査項目の平均値を1986年6月9日のそれと比較した場合、減少傾向にあったのは平均粒度、種類数、個体数であり、増大傾向にあったのは粒子多様性指数、強熱減量、ベントス多様性指数であった。一方、1987年1月13日の各調査項目の変動（標準偏差×100/平均値）を1986年6月9日のそれと比較した場合、減少傾向にあったのは粒子多様性指数、強熱減量、種類数、個体数、ベントス多様性指数であり、増大傾向にあったのは平均粒度のみであった。

### 2 調査項目間の相関係数（表3，6）

1986年6月9日の各調査項目間の相関関係を見ると、粒子多様性指数と強熱減量、種類数と個体数、種類数とベントス多様性指数との間には正の相関があり、平均粒度と種類数、平均粒度と個体数との間には負の相関があった。一方、1987年1月13日の各調査項目間の相関関係を見ると、種類数と個体数、種類数とベントス多様性指数との間には正の相関があり、個体数とベントス多様性指数との間には負の相関があった。

### 3 主成分の固有値及び累積寄与率（表4，7）

東海村前面海域25～26地点の各調査項目データの相関行列から主成分分析を行ない、得られた固有値、累積寄与率を表4，7に示す。

1986年6月9日、1987年1月13日のいずれも第2主成分までで60%近くを占め、第3成分を含めると80%前後の情報を提供している。各々の主成分に

ついて考えると、第1主成分は、両時期とも、平均粒度で負、粒子多様性指数、種類数、ベントス多様性指数で正となっていることから、砂質環境だと小さい値に、礫質環境だと大きい値になる。したがって、第1主成分は礫場か砂場かを表わす主成分と解釈される。次に第2主成分については、平均粒度、強熱減量で正、ベントス多様性指数で負となっていることから、シルト・有機物に富む河川水の影響が大きいと大きい値に、影響が小さいと小さい値になる。したがって、第2主成分は河川水が卓越する場合であるか外洋水が卓越する場合あるかを表わす主成分と解釈される。

### 4 第1・第2主成分のスコア分布（図14，16）

各調査項目データについて行なった主成分分析のスコアを第1・第2主成分平面上にプロットしたのが図14，16である。

1986年6月9日には、第I象限（河川水の影響を受けた礫場）にSt. 4C，5B，5C，8C，8Dが含まれており、第II象限（河川水の影響を受けた砂場）にSt. 1A，1B，2A，2B，3A，5A，6Bが含まれていた。一方、第III象限（外洋水の影響を受けた砂場）にSt. 1C，3B，3C，4A，4B，6A，8A，12Aが含まれており、第IV象限（外洋水の影響を受けた礫場）にSt. 2C，6C，8A，12B，14が含まれていた。

1987年1月13日には、第I象限にSt. 1A，1B，5C，8B，8Eが含まれており、第II象限にはSt. 1C，2A，2B，3B，4A，5A，6Bが含まれていた。一方、第III象限にはSt. 3A，4B，8A，8C，12A，12Bが含まれており、第IV象限にはSt. 2C，3C，4C，5B，6C，8D，14が含まれていた。

### 5 東海村前面海域の類型化（図15，17）

第1・第2主成分のスコア分布上の4象限によって分けられた地点をもとに東海村前面海域を類型化したのが図15，17である。

$$* H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \log_e p_i \quad \because p_i = n_i / N$$

（N；各粒径フラクションの重量の和， $n_i$ ； $i$ 番目の粒径フラクションの重量，S；粒径フラクションの数）

1987年1月13日の類型化による各領域を1986年6月9日のそれと比較すると、河川水の影響を受けた礫場を意味する第Ⅰ象限の領域は縮小傾向にあり、外洋水の影響を受けた砂場を意味する第Ⅲ象限の領域、外洋水の影響を受けた礫場を意味する第Ⅳ象限の領域は拡大傾向にあった。そして河川水の影響を受けた砂場を意味する第Ⅱ象限の領域には大きな変化が見られなかった。

上述した主成分分析による類型化(図15, 17)と群集組成の類似度指数(CI)に基づく海域区分(図11, 13)とを比較すると、両時期とも、類型化の第Ⅰ象限が海域区分の②群に相当し、第Ⅱ象限は①群に、第Ⅳ象限は③群に相当するようと思われる。

以上から、原子力発電所温排水の拡散範囲を含む久慈川から新川に到る距岸1.0 kmまでの海域は、共通のベントス群集組成を有する、河川水の影響を受けた砂場に位置づけられ、季節による領域の拡大・縮小はないものと考えられる。

## 要 約

海域を底質・ベントスから分類すると、①河川水の影響下にある礫場、②河川水の影響下にある砂場、③外洋水の影響下にある砂場、④外洋水の影響下にする礫場の4つに分けられ、温排水の拡散域は②に位置づけられ、共通のベントス群集組成を有している。特に温排水の影響によると考えられる分布様式は出現していない。従って底質やベントスは温排水の影響を受けることは少なく、河川水や沖合水の影響により分布様式が決まるものと考えられる。

## 参 考 文 献

- KIMOTO, S. (1967) Some quantitative analysis on the Chrysomelid fauna of the Ryukyu Archipelago. *Esakia*, 6, 27-54.
- MARGALEF, D. R. (1957) La teoria de la informacion en ecologia. *Mems R. Acad. Cienc. Artes Barcelona*, 23, 373-449.
- 田中 豊・垂水共之・脇本和昌(編)(1985) パンコン統計解析ハンドブックⅡ多変量解析編. 東京, 共立出版, 403 pp.

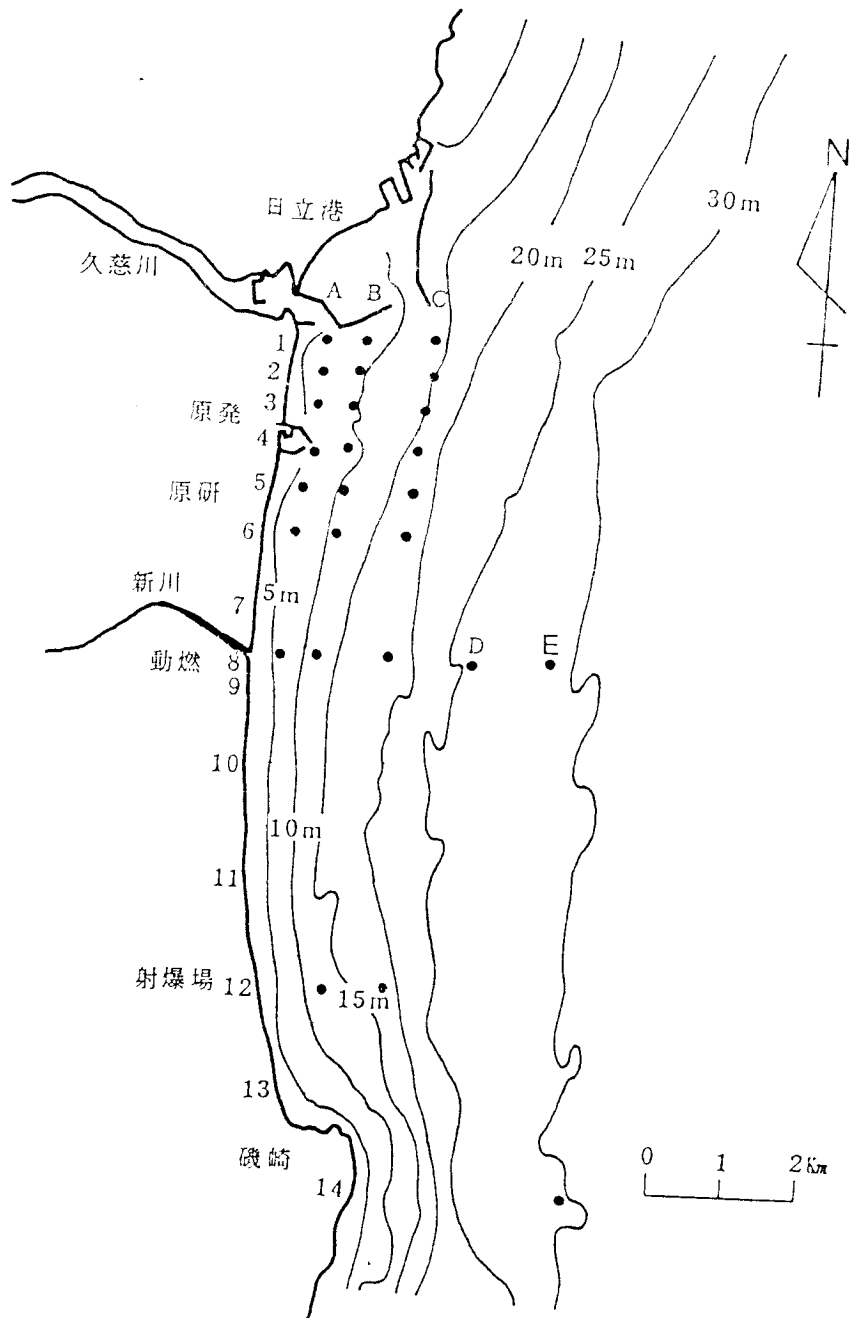


図1 調査位置図

表1 堆積物の粒径による分類

d (mm)	16	8	4	2	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{16}$	$\frac{1}{32}$	$\frac{1}{64}$	$\frac{1}{128}$	$\frac{1}{256}$	$\frac{1}{512}$	
$\phi$	-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
堆積物	礫				極粗	粗	中	細	極細	シルト				粘土	
					砂					泥					

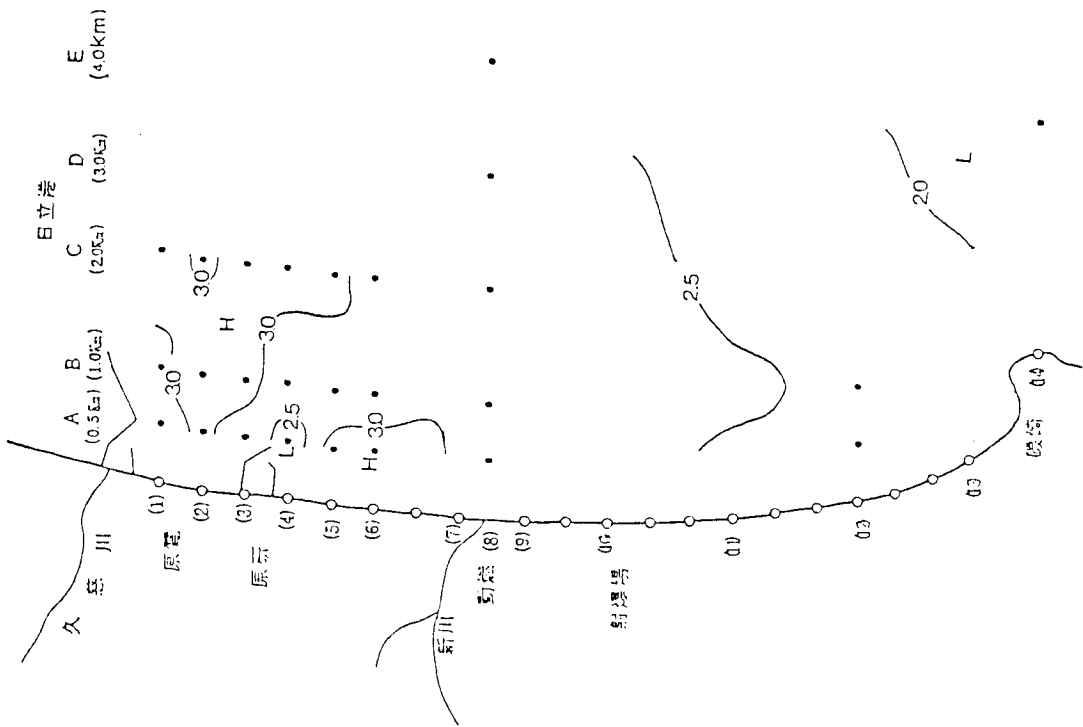


図2 東海村前面海域における平均粒径の水平分布  
(1986年6月9日)

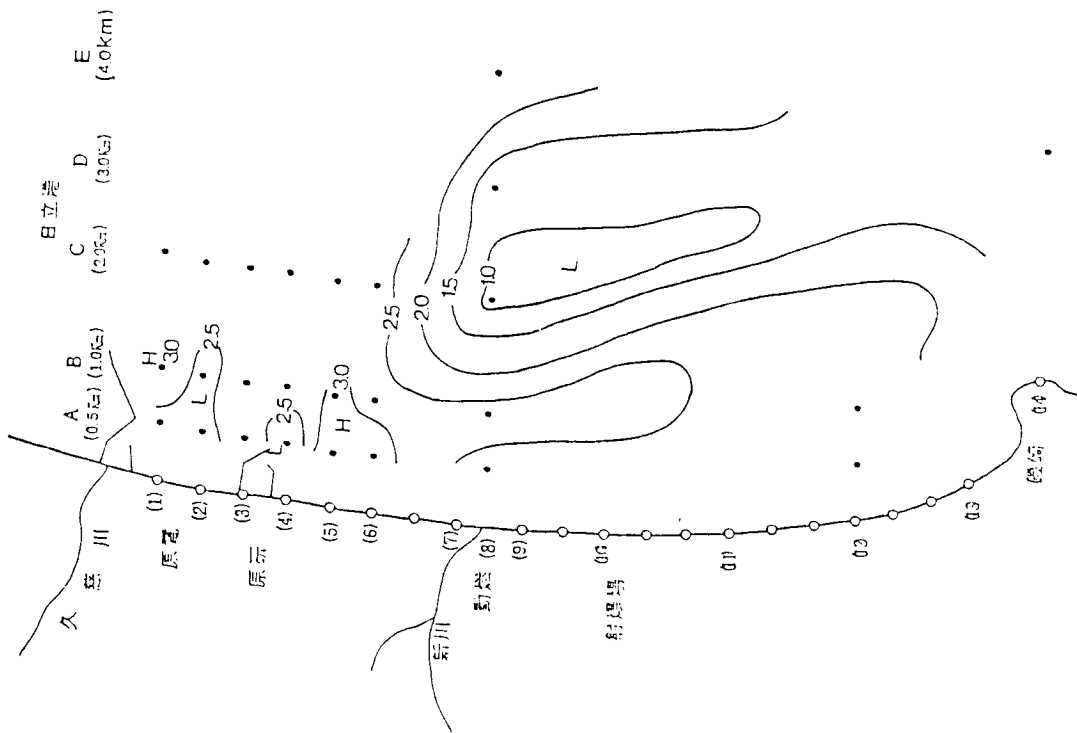


図3 東海村前面海域における平均粒径の水平分布  
(1987年1月13日)

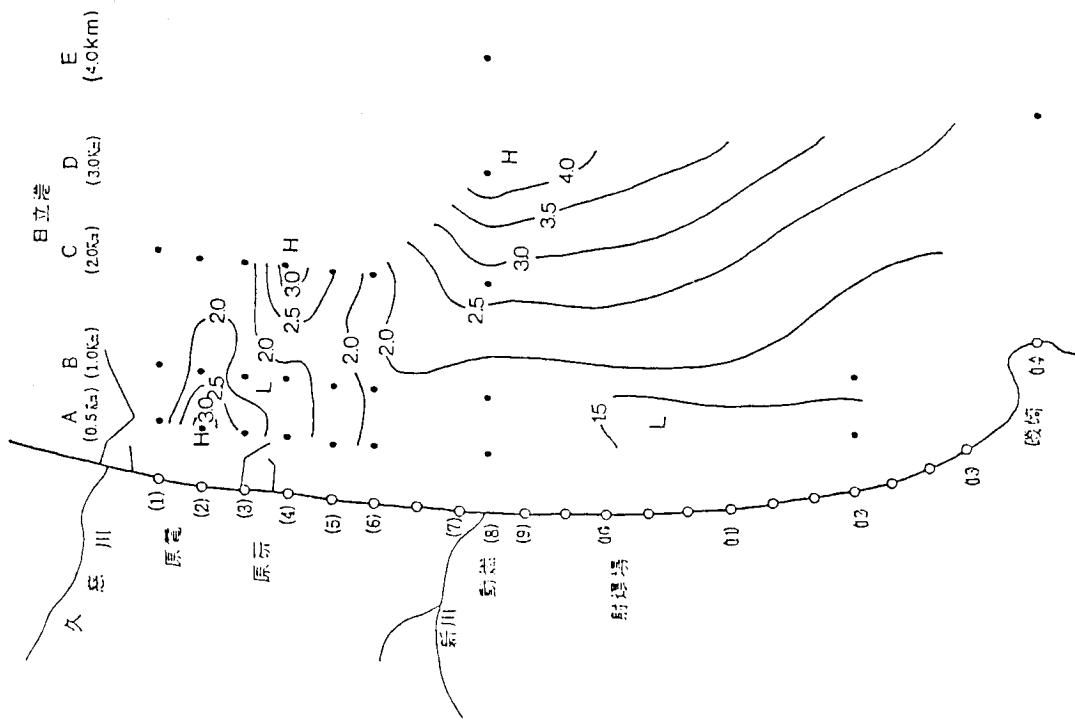


図4 東海村前面海域における強熱減量の水平分布  
(1986年6月9日)

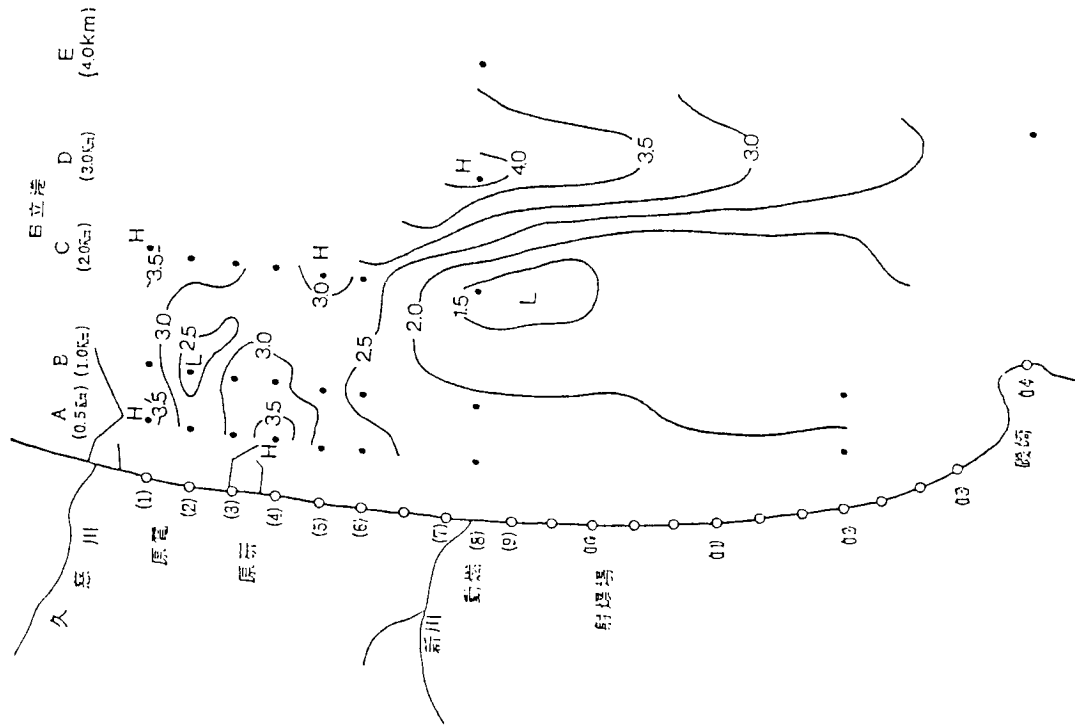


図5 東海村前面海域における強熱減量の水平分布  
(1987年1月13日)

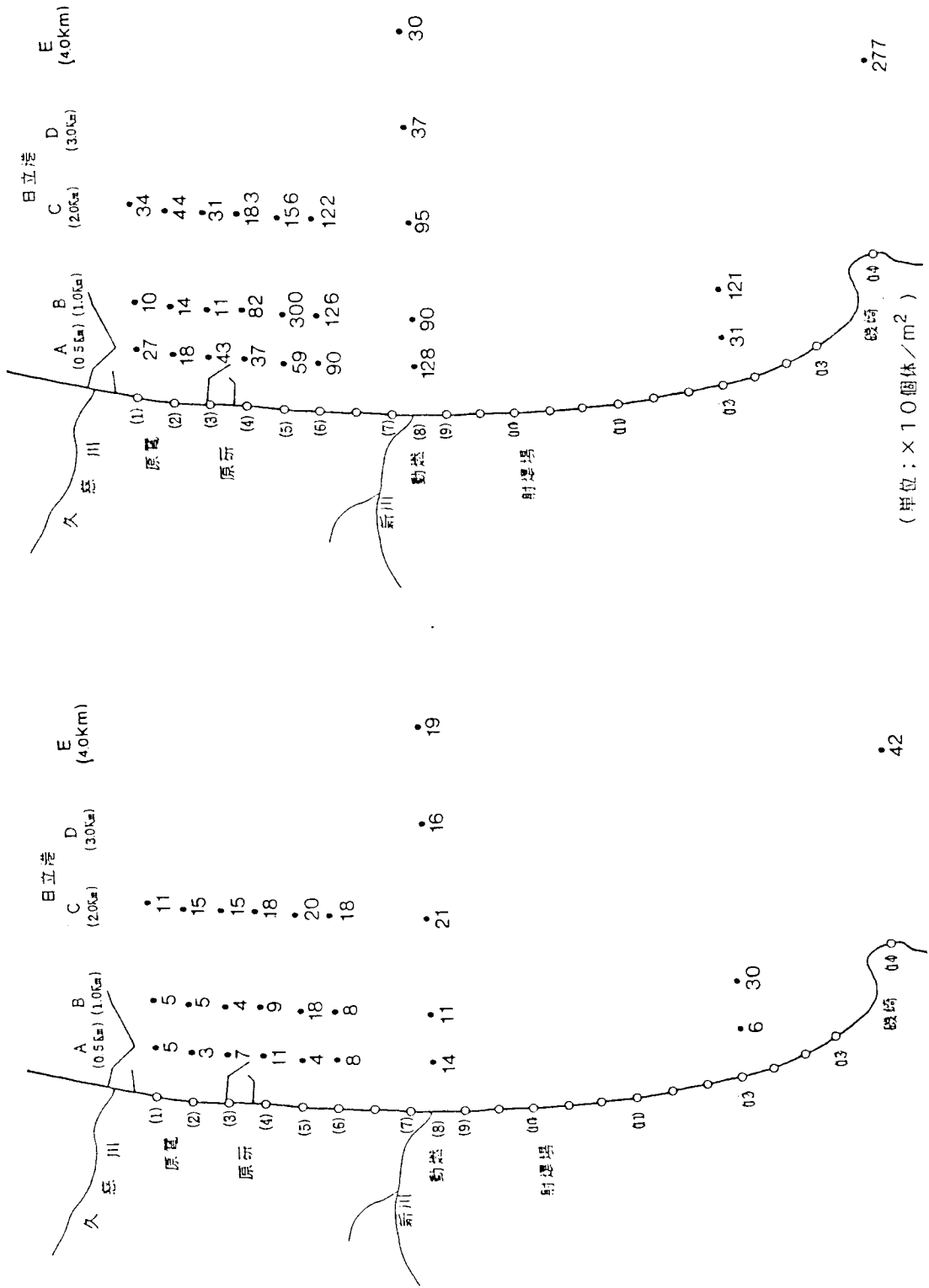


図6 東海村前面海域におけるベントスの種類数(左)と個体数(右)  
(単位: × 10 個体/m<sup>2</sup>)  
(1986年6月9日)



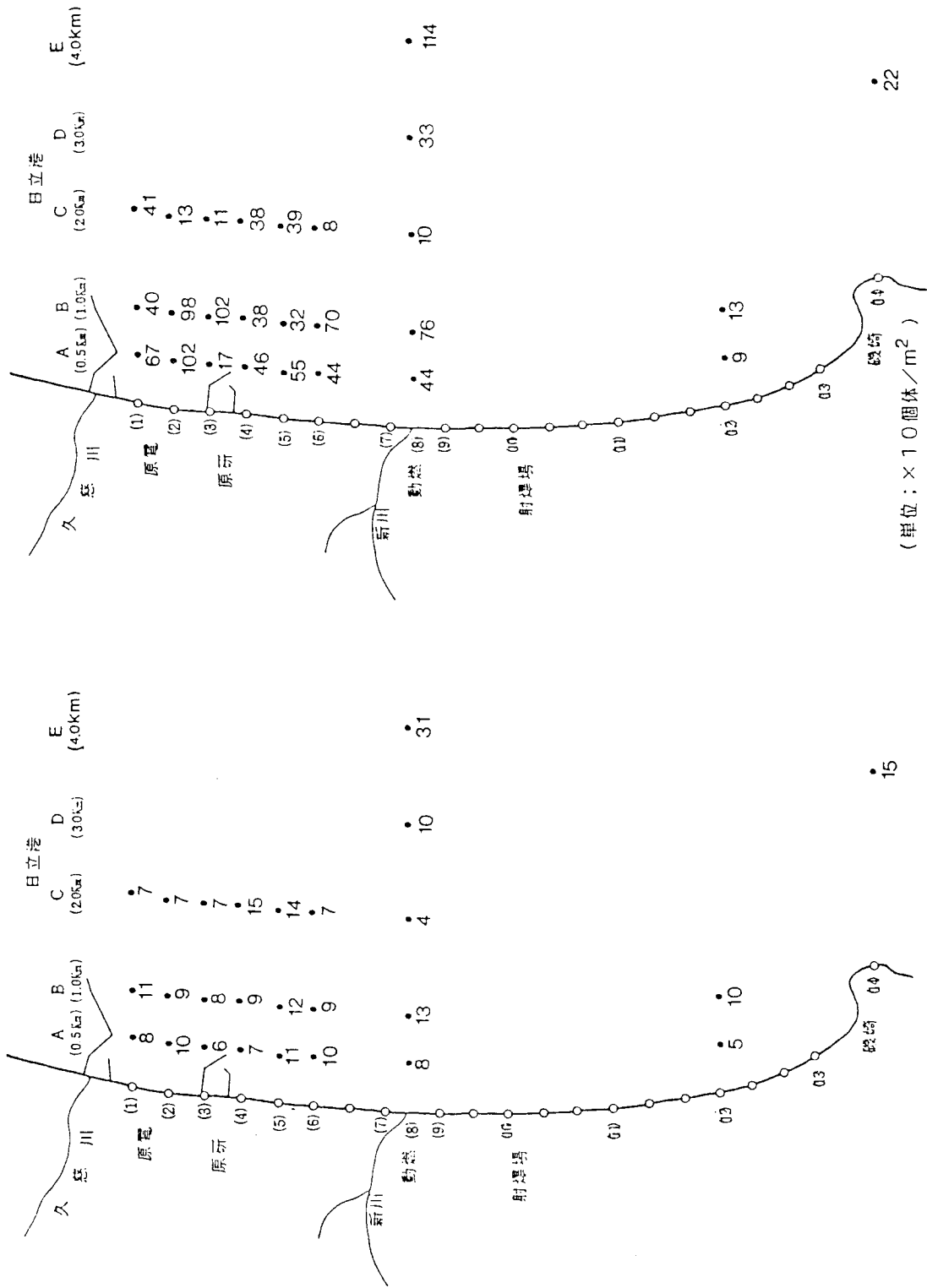


図7 東海村前面海域におけるベントスの種類数(左)と個体数(右)  
(単位: × 10 個体/m<sup>2</sup>)  
(1987年1月13日)

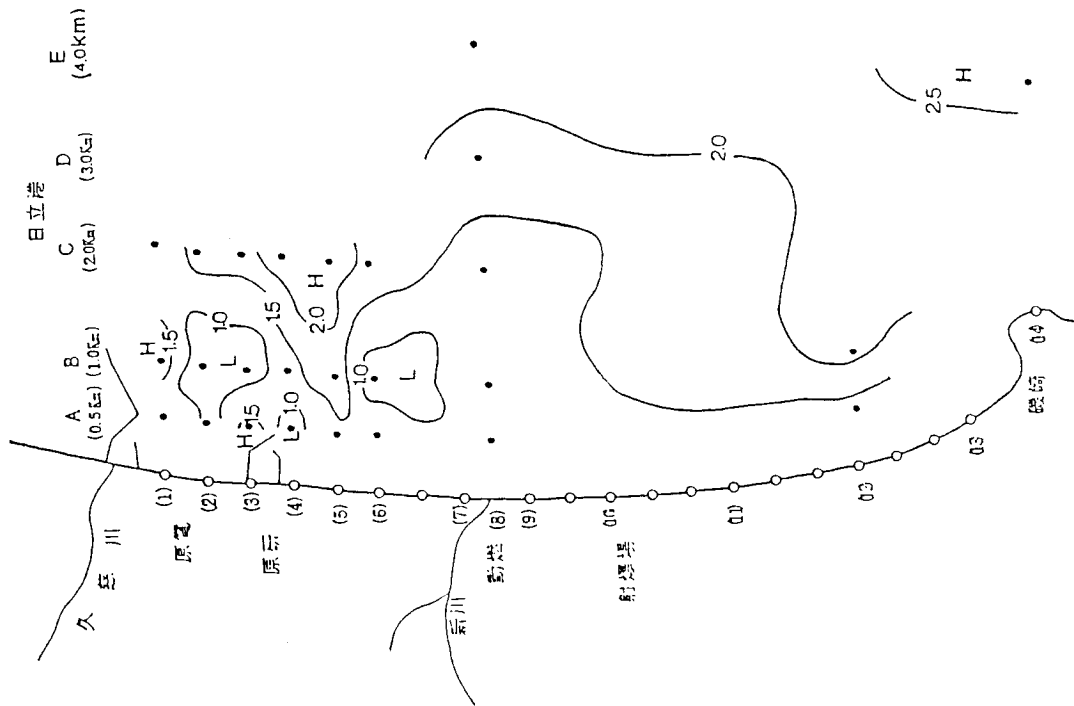


図9 東海村前海域におけるベントス多様性指数の水平分布  
(1987年1月13日)

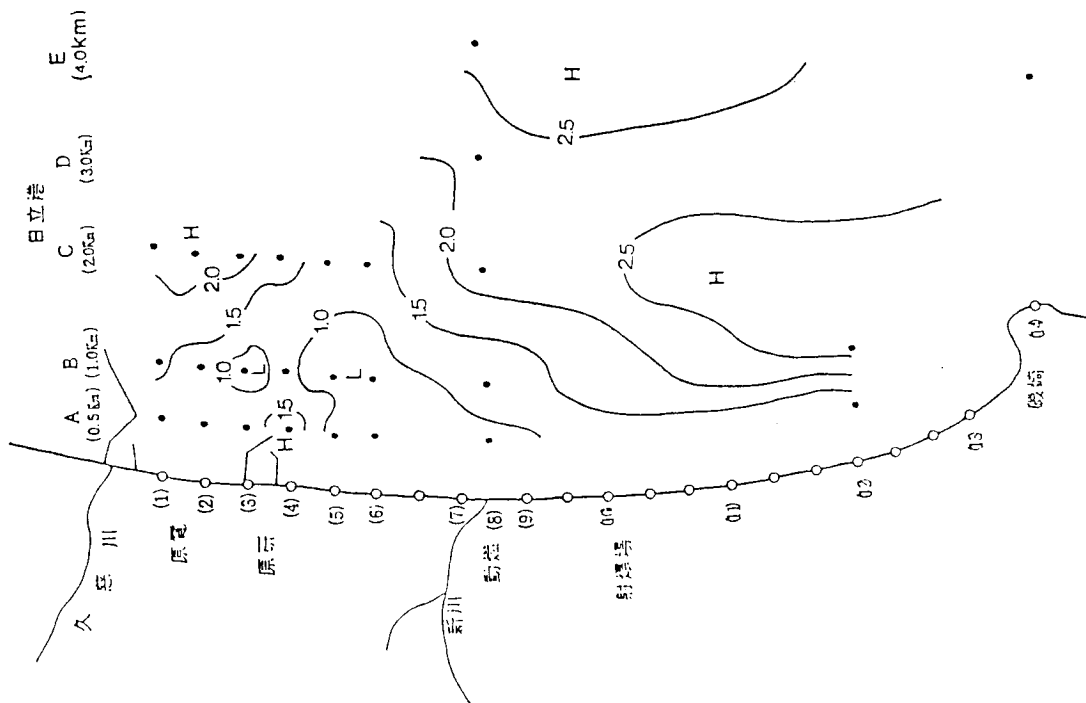


図8 東海村前海域におけるベントス多様性指数の水平分布  
(1986年6月9日)

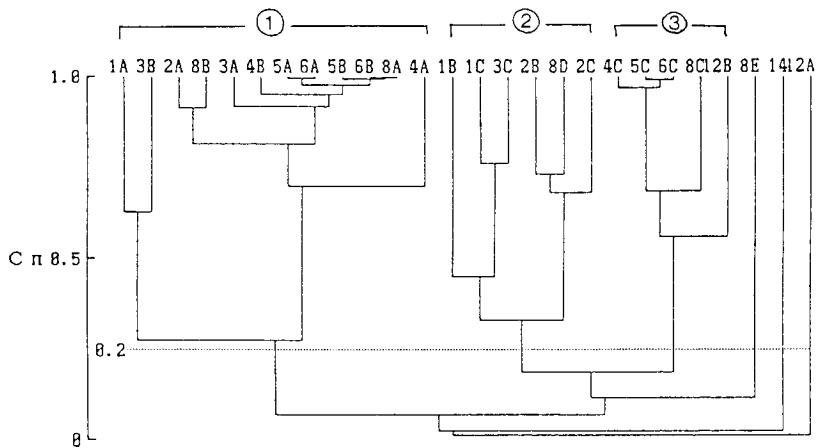


図10 群集組成の類似度指数(CII)に基づくクラスター分布  
調査年月日：1986年6月9日

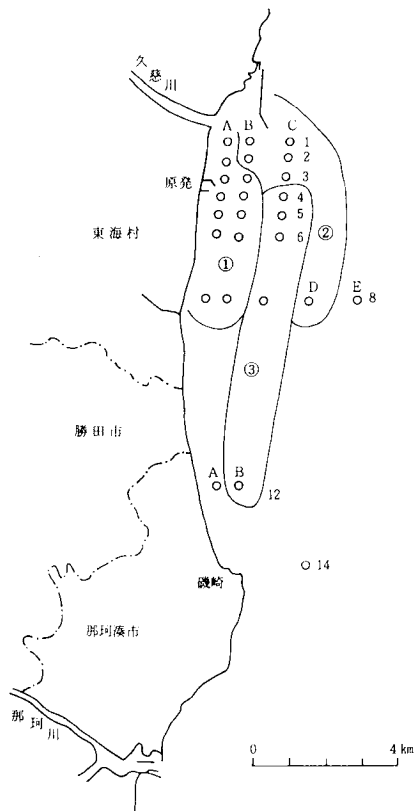


図11 群集組成の類似度指数(CII)に基づく海域区分  
調査年月日：1986年6月9日

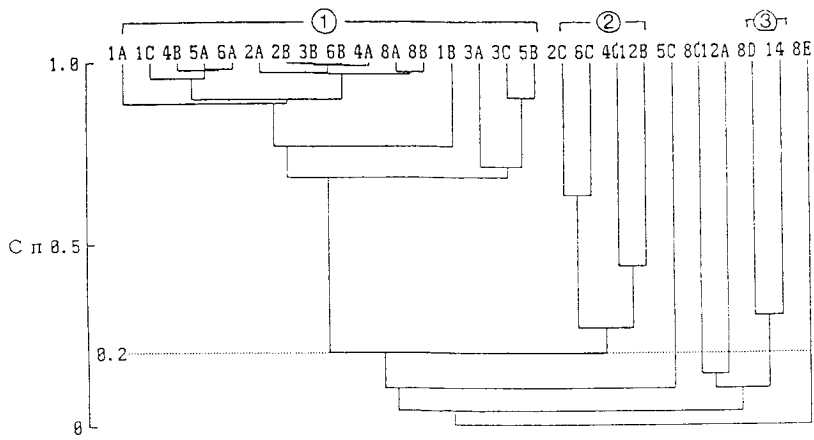


図12 群集組成の類似度指数(CII)に基づくクラスター分析  
調査年月日：1987年1月13日

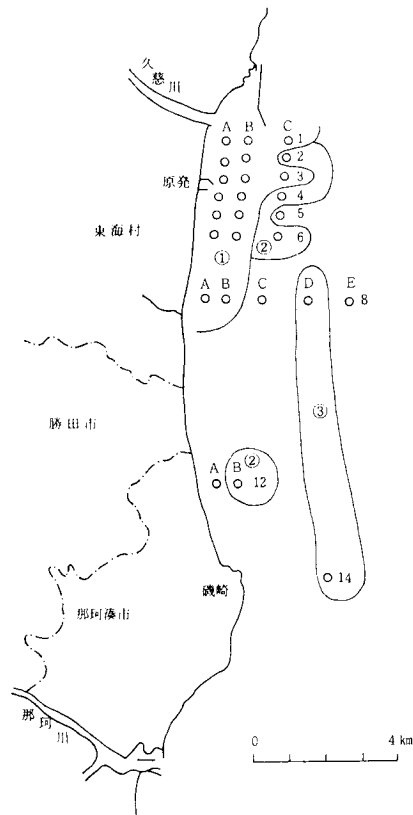


図13 群集組成の類似度指数(CII)に基づく海域区分  
調査年月日：1987年1月13日

表2 調査項目の統計量(1986年6月9日)

VAR	MEAN	VARIANCE	SD	MIN	MAX
MPHI	2.822	0.124	0.353	1.670	3.280
GDIV	1.028	0.036	0.189	0.720	1.570
IL	2.149	0.491	0.701	1.120	4.480
S	12.960	81.373	9.021	3.000	42.000
TN	86.640	6049.070	77.776	10.000	300.000
BDIV	1.475	0.383	0.619	0.570	2.750

注) MPMI:平均粒度, GDIV:粒子多様性指数, IL:強熱減量, S:種類数,  
TN:個体数, BDIV:ベントス多様性指数

表3 調査項目間の相関係数(1986年6月9日)

	MPHI	GDIV	IL	S	TN	BDIV
MPHI	1.00000	-0.22244	0.12179	-0.62448	-0.42568	-0.33147
GDIV		1.00000	0.61320	0.24491	0.23259	0.12894
IL			1.00000	0.16298	0.13524	0.15293
S				1.00000	0.71383	0.60849
TN					1.00000	-0.05891
BDIV						1.00000

表4 主成分の固有値, 固有ベクトル, 及び寄与率(1986年6月9日)

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
MPHI	-0.44565	0.33966	0.03572	0.64458	0.51253	0.08112
GDIV	0.32986	0.57345	-0.06950	-0.50803	0.54664	0.02472
IL	0.22315	0.70399	0.06014	0.26930	-0.61519	-0.00131
S	0.57783	-0.19776	0.04123	0.31354	0.12305	0.71544
TN	0.43416	-0.10951	-0.61852	0.35577	0.12857	-0.52330
BDIV	0.34701	-0.09531	0.77847	0.17034	0.16844	-0.45509
Eigen	2.58615	1.47073	1.06412	0.59990	0.25091	0.02818
Propo.	0.43103	0.24512	0.17735	0.09998	0.04182	0.00470
Cum.prop	0.43103	0.67615	0.85350	0.95348	0.99530	1.00000

表5 調査項目の統計量 (1987年1月13日)

VAR	MEAN	VARIANCE	SD	MIN	MAX
MPHI	2.505	0.401	0.634	0.830	3.210
GDIV	1.108	0.025	0.158	0.840	1.450
IL	2.816	0.456	0.675	1.340	4.080
S	10.115	26.346	5.133	4.000	31.000
TN	45.462	1005.220	31.705	8.000	114.000
BDIV	1.508	0.302	0.550	0.560	2.620

注) MPhi : 平均粒度, GDiv : 粒子多様性指数, IL : 強熱減量, S : 種類数, TN : 個体数, BDiv : ベントス多様性指数

表6 調査項目間の相関係数 (1987年1月13日)

	MPHI	GDIV	IL	S	TN	BDIV
MPHI	1.00000	-0.24187	0.16961	-0.05396	0.09704	-0.12533
GDIV		1.00000	0.35342	0.33062	-0.00297	0.38520
IL			1.00000	0.09453	0.10005	0.04533
S				1.00000	0.47650	0.47394
TN					1.00000	-0.46519
BDIV						1.00000

表7 主成分の固有値, 固有ベクトル, 及び寄与率 (1987年1月13日)

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6
MPHI	-0.20554	0.27371	0.55241	0.64823	0.39628	0.02116
GDIV	0.56720	0.00378	0.14874	-0.38485	0.71186	0.03603
IL	0.25934	0.26629	0.70194	-0.30933	-0.52270	0.01478
S	0.52098	0.36741	-0.31495	0.36994	-0.18010	0.57018
TN	-0.00121	0.75977	-0.28357	-0.08485	0.03954	-0.57757
BDIV	0.54532	-0.37673	0.01995	0.43812	-0.17032	-0.58254
Eigen	1.92327	1.53111	1.12682	0.93447	0.42987	0.05446
Propo.	0.32055	0.25518	0.18780	0.15575	0.07165	0.00908
Cum.prop	0.32055	0.57573	0.76353	0.91928	0.99092	1.00000

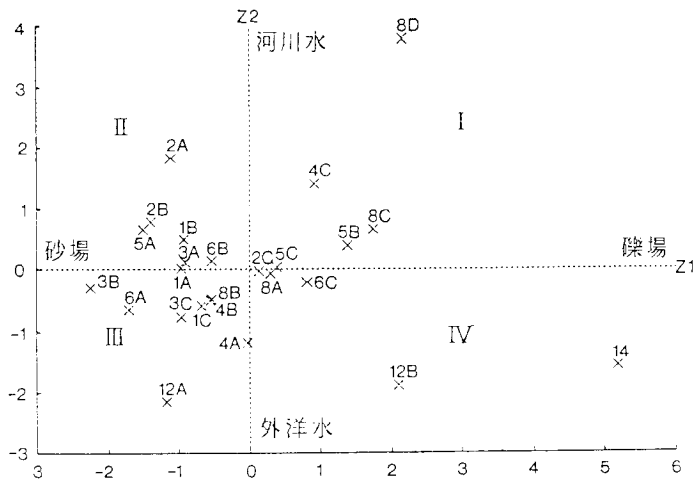


図14 第1, 第2主成分の意味付けとスコア分布図  
(1986年6月9日)

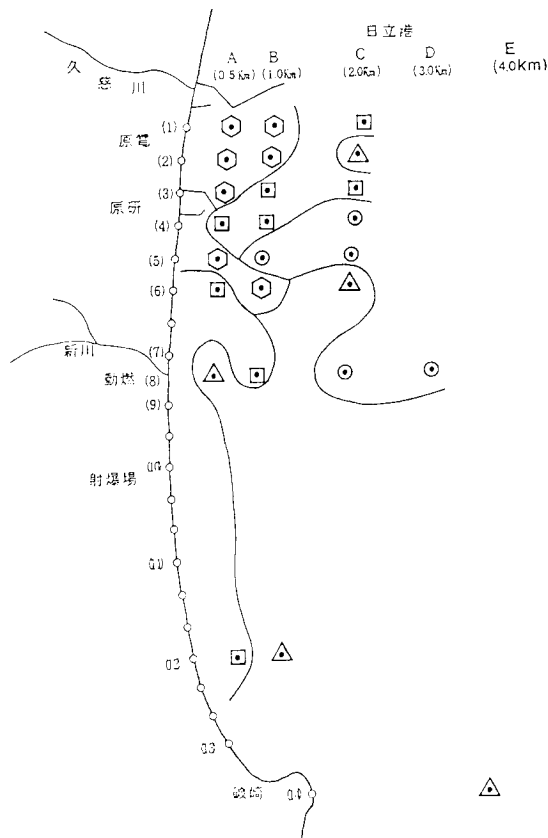


図15 第1, 第2主成分の意味付けによる東海村前面海域の類型化  
(1986年6月9日)

注) ○: 第I象限, ⬡: 第II象限, ◻: 第III象限, △: 第IV象限

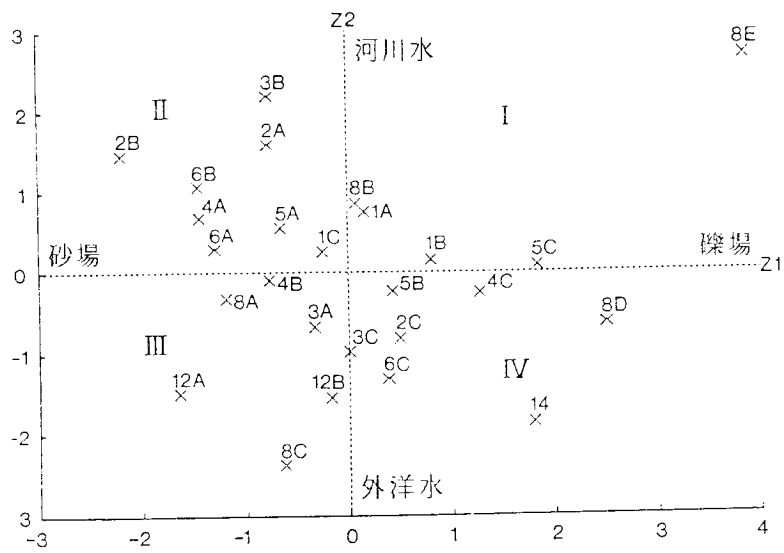


図16 第1, 第2主成分の意味付けとスコア分布図  
(1987年1月13日)

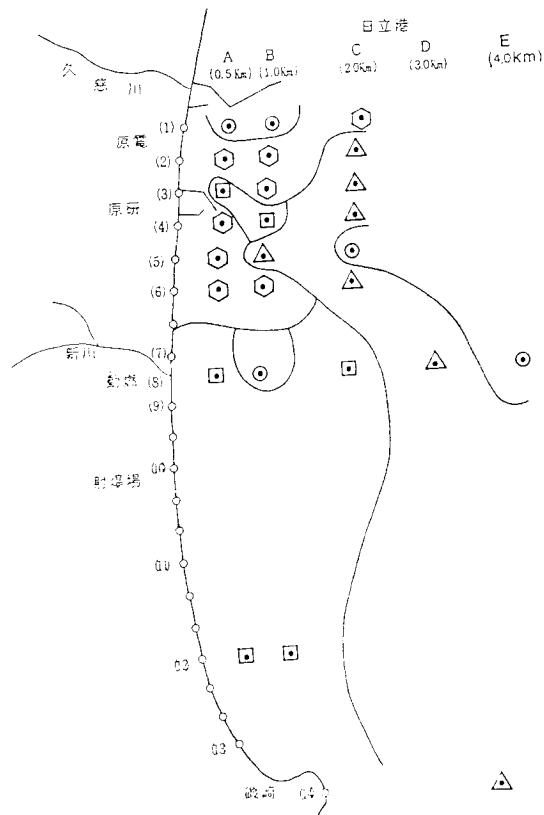


図17 第1, 第2主成分の意味付けによる東海村前面海域の類型化  
(1987年1月13日)

注) ○: 第I象限, ◻: 第II象限, ◻: 第III象限, △: 第IV象限