

夏季の周防灘の底質環境とマクロベントスの分布

江藤 拓也・佐藤 博之・神蘭 真人*
(豊前海研究所)

Summer Sediment Conditions and Macrobenthic
Community in the Suo-nada, Seto Inland Sea

Takuya ETOU, Hiroyuki SATOU and Masato KAMIZONO*

周防灘は瀬戸内海の他の海域に比べて低次生産性は高いもののプランクトン食性魚の生産は極めて低い¹⁾。周防灘では増殖したプランクトンの一部は底生性の生物の生産につながるものの、その大部分は海底に沈降・堆積し、底泥の有機汚染をもたらすと考えられる。当海域では1964年以降、クルマエビ、ガザミ、コチ及びナマコなどの種苗放流が行われており、これらはいずれも底生性の生物である。最近ではアカガイの養殖も試みられている。本海域の底質環境や底生生物の状況を把握しておくことは、これらの事業を推進する上で必要である。本海域では水質やプランクトンに関する調査は頻繁に行われているが、底質や底生生物に関する調査事例は少ない²⁾。底質の最も悪化すると考えられる夏季の周防灘で底質とマクロベントスの調査を行い、その分布状況を明らかにするとともに、底質の環境評価手法の開発を試みたので報告する。

調査方法

1995年9月4～5日と'96年9月9～10日に、図1に示す20測点で、スミス・マッキンタイヤー型採泥器(採泥面積0.05m²)を用いて採泥を行った。採泥は調査点毎に3回行い、うち2回の採泥を合わせ1mm目の篩を用いてマクロベントスを採取した。残りの1回は、内径30mmの亚克力パイプを用いて採泥器の中の泥層を乱さないように柱状採泥を行い、表面から2cm層までを分取して分析用試料とした³⁾。採取したマクロベントス

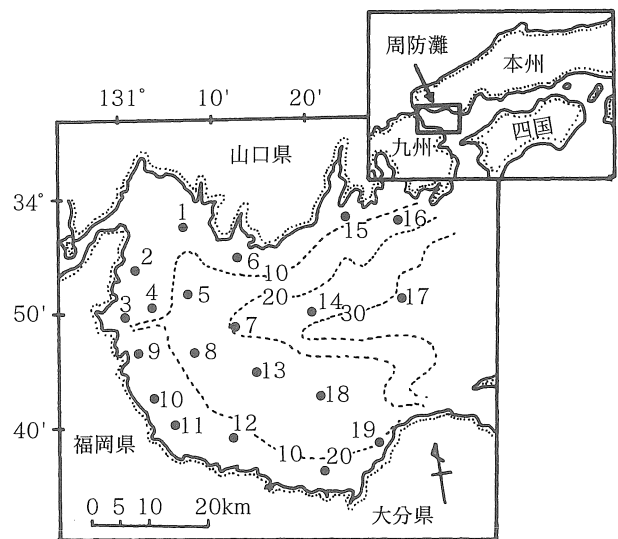


図1 調査海域(周防灘)と調査点
図中の点線は水深(m)を示す。

は1lあるいは2l容の広口ポリ瓶に入れ、直ちに10%濃度の中性ホルマリンを加えて固定し後日、種の同定と個体数及び湿重量の測定を行った。分析用の泥は黒色の100ml広口ポリ瓶に入れ、冷蔵して実験室に持ち帰った。採泥時には棒状水銀温度計を用いて泥温を測定した。実験室に持ち帰った底泥試料は、その日のうちに酸揮発性硫化物(AVS)⁴⁾を測定し、残りの試料は冷蔵して保存し後日、COD⁵⁾、強熱減量(IL)⁶⁾及び泥分率(MC)⁷⁾の測定を行った。なお、全ての測定は採泥後2日以内に行った。

* 現筑前海研究所

結果と考察

兩年の底質とマクロベントスの各項目についてそれぞれの分布図を描いたところ、それらの兩年の分布はほぼ類似していた。そこで、底質とマクロベントスの分布の特徴については、'95年の結果を基に検討を行った。

1. 底質調査

'95年の各項目の分布を図2に示した。IL値は西部から南部にかけての海域で10%以上を示し、中央部で8%前後、東部では6%以下の値であった。COD値は西部南部から中央部にかけて20mg/gdry以上を示し、南西部の沿岸域では30mg/gdry以上の値もみられた。AVS濃度は西部の沿岸域で1mgS/gdry以上を、東部では0.2mgS/gdry以下と低い値を示した。MCは、西部海域で90%以上を示し、中央部では80%前後、東部では60%以下と低い値であった。採泥時の泥温は、西部から南部にかけての沿岸域で26℃台、中央部から東部にかけては22~24℃であった。

以上の結果から、灘の西部から南部にかけての海域は流れが弱く、有機物が沈降・堆積しやすく、夏季には嫌気状態が進行すると考えられる。水産用水基準⁸⁾では、COD値で20~30mg/gdry、AVS濃度で0.2~1.0mgS/gdryを汚染の始まりかかった泥、COD値で30mg/gdry以上、AVS濃度で1.0mgS/gdry以上を汚染泥としている。このことから灘西部・南部海域は底泥の有機汚染が進行した海域といえる。

2. マクロベントス調査

'95年のマクロベントスの個体数、湿重量及び多様度指数(Shannon-Weaver' index: ビット)の水平分布を図3に示した。個体数は南西部海域で40個体/0.1m²以下と少なく、東部海域では60個体/0.1m²以上を示した。また、山口県沿岸域では80個体/0.1m²以上生息していた海域もみられた。湿重量は灘北部、東部や南部沿岸域で1g/0.1m²以上を示し、南西部からやや中央部にかけては0.5g/0.1m²以下と少なかった。個体数の多いところで湿重量も高い値を示す傾向が伺えるが、必ずしも個体数の分布と湿重量の分布とは一致していない。多様度指数は灘東部で3以上を示し、西部で3以下と低かった。マクロベントスの分布状況を底質の分布状況(図2)と対応させてみると、底泥の有機汚染が進行した海域では、マクロベントスの分布密度が低く、また多様度

表1 出現した底生動物の種類数と個体数
(0.1m²×20点×2回)

動物門	種類数	個体数	編組比率(%)
刺胞動物	3	7	0.4
扁形動物	2	3	0.2
紐形動物	3	179	10.7
軟体動物	11	239	14.3
(チヨノハナガイ)		(13)	(0.7)
(シズクガイ)		(120)	(7.2)
星口動物	2	12	0.7
環形動物	58	971	58.2
(<i>Paraprionospio</i> sp Form A)		(17)	(1.0)
(<i>Paraprionospio</i> sp Form B)		(76)	(4.5)
節足動物	33	212	12.7
棘皮動物	3	27	1.6
原索動物	1	15	0.9
脊椎動物	2	2	0.1
計	118	1667	

指数も低い傾向が伺える。周防灘でのマクロベントスの生息に底泥の質が大きく関与していることが示唆される。

2年間の調査で出現したマクロベントスの動物門別種類数と個体数を表1に示した。種類数は118種であり、平均個体数は41.6個体/0.1m²であった。その内訳をみると、環形動物が種類数及び個体数とも最も多く、種類数で58種、個体数で全個体数の58.2%を占めた。軟体動物と節足動物の全個体数に占める割合はそれぞれ14.3と12.7%であった。汚濁指標種では、チヨノハナガイ、シズクガイ、*Paraprionospio* sp. Form AとForm Bが出現しており、それらの全出現個体数に占める割合は13.4%であり、そのうち最も多いのがシズクガイで7.2%、ついで*Paraprionospio* sp. Form Bで4.5%を占めた。汚染指標種はほぼ全域で出現が認められたが、特に西部沿岸域で出現個体数は多かった。

3. 底質とマクロベントスの関係

底質及びマクロベントスの各項目の分布図から、それらの間に相関があることが示唆された。そこで、底質及びマクロベントスの各項目の2年間の測定値を用いて、項目間の相関係数を算出し表2に示した。

表2から、底質の項目間、マクロベントスの項目間には正の相関が(P<0.01)、底質の各項目とマクロベントスの各項目の間には負の相関(P<0.01)があることが

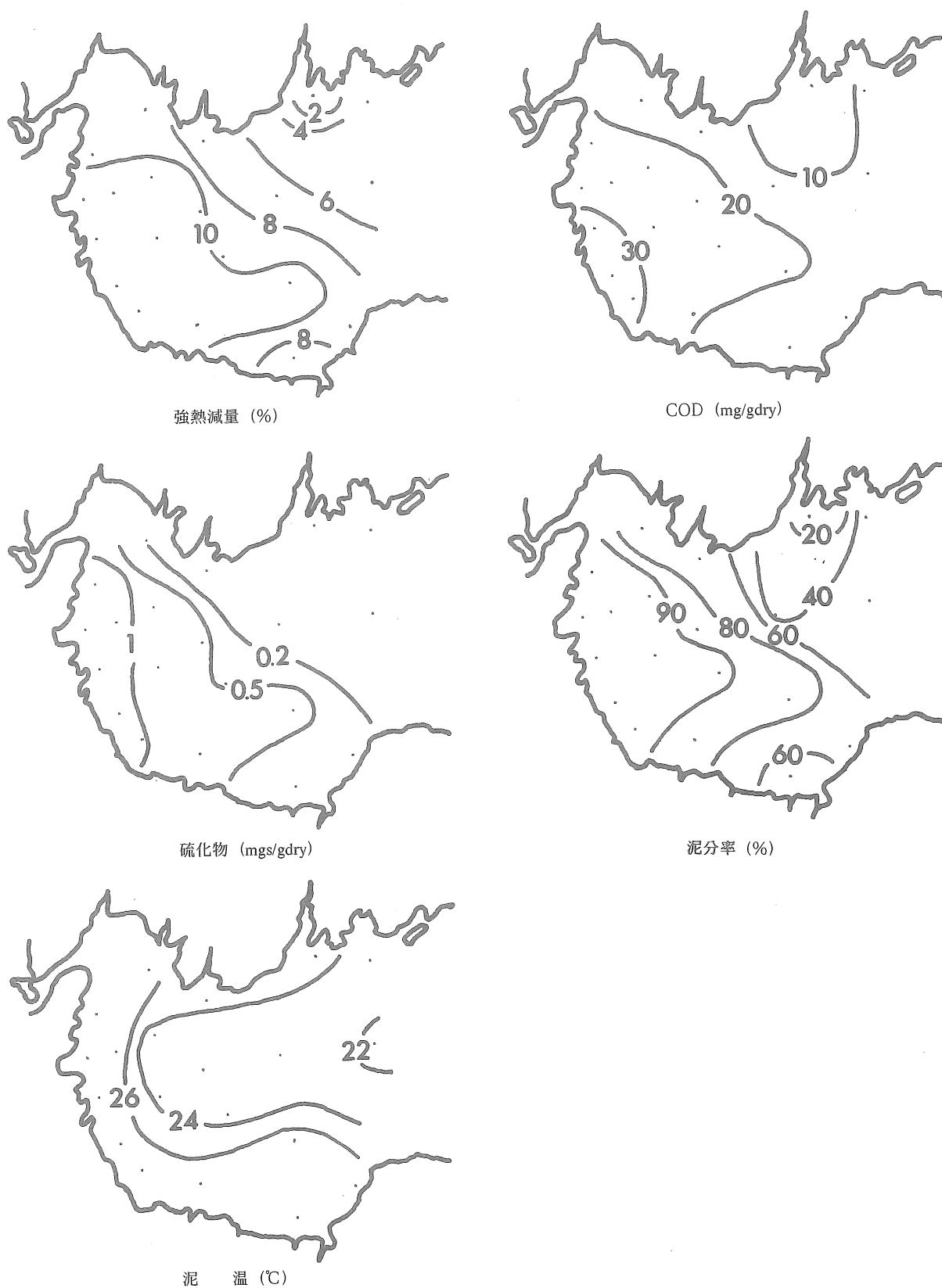


図2 1995年9月に測定した底質の各項目の水平分布

わかる。マクロベントスの項目間に正の相関がみられた。富栄養化が進行する過程では、種類数は減少し、忍耐性の強い種の個体密度は増加する⁹⁾。周防灘の底質汚染の進行した海域では、種類数が減少し群集として単調化する

表2 測定項目間の相関係数行列

	IL	COD	AVS	MC	H'	湿重量	個体数
IL (%)		0.911**	0.730**	0.936**	-0.698**	-0.529**	-0.609**
COD (mg/gdry)			0.710**	0.828**	-0.645**	-0.475**	-0.607**
AVS (mg/gdry)				0.760**	-0.717**	-0.474**	-0.561**
MC (%)					-0.756**	-0.607**	-0.641**
H' (ビット)						0.659**	0.738**
湿重量 (g/0.1m ²)							0.644**
個体数 (/0.1m ²)							

** : p<0.01

ると同時に、個体数も減少していることが分かった。

4. 底質環境評価

一般に底泥の汚染状況を評価するのに単一の測定項目によって評価することもあるが⁸⁾、底質に関する測定項目は複数あるので、それらを総合的に取り扱って評価することは意義があると考えられる¹⁰⁾。日本水産資源保護協会では多変量解析の一つである主成分分析を用いて底質評価のための合成指標値の算出を行っており¹⁰⁾、辻野ら¹¹⁾もそれに準じた手法で、大阪湾での底質環境評価を行っている。これらの解析には底質の一般的な測定項目であるIL, COD, AVS, MCの他に全窒素 (TN) や全リン (TP), 全有機炭素 (TOC) を変量として用いている。今回の底質調査の結果を用い、日本水産資源保護協

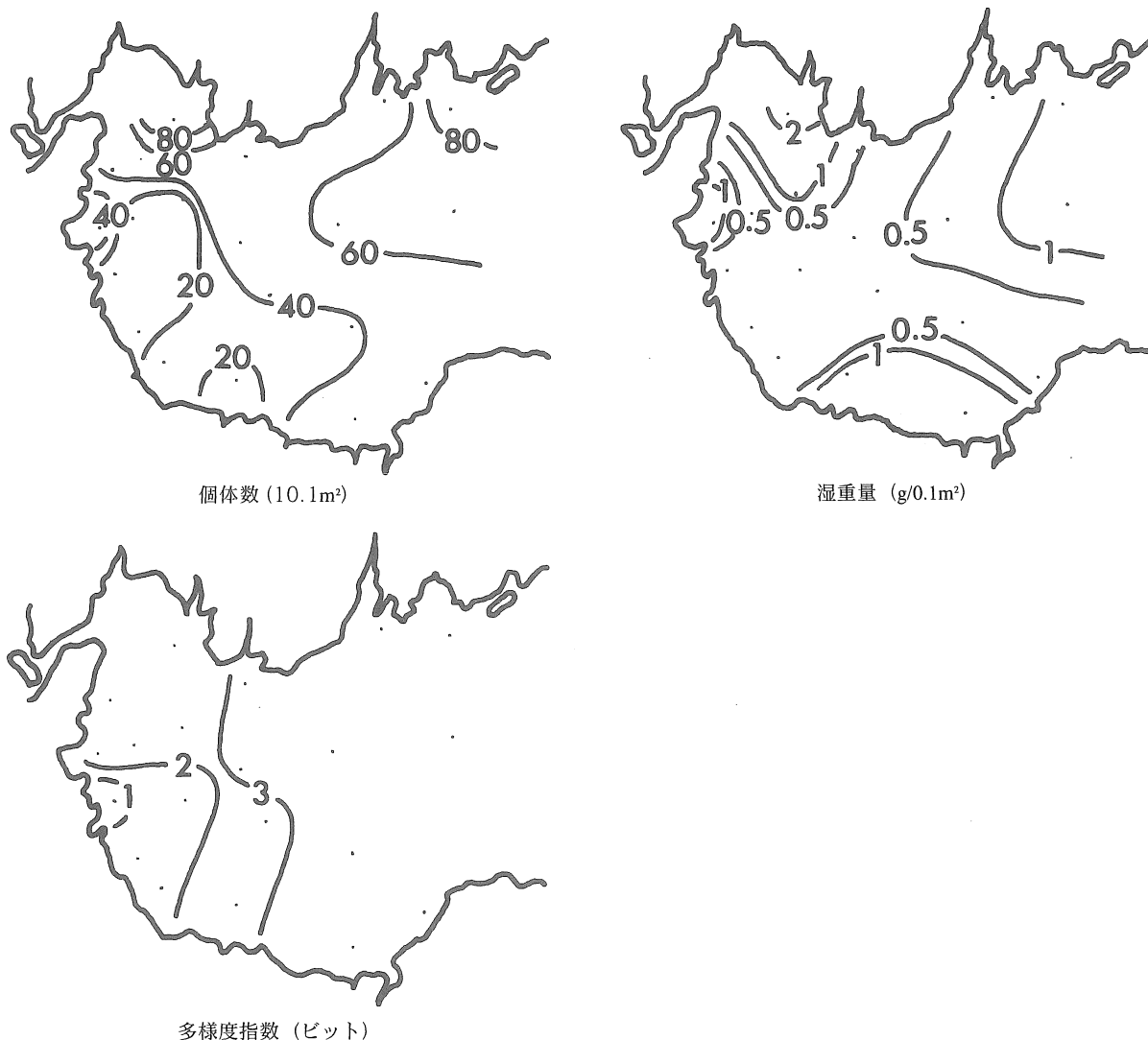


図3 1995年9月に測定したマクロベントスの個体数、湿重量および多様度指数の分布

会の方法に準じて周防灘における底質の環境評価手法について検討を行った。

底質の各測定項目 (IL, COD, AVS, MC) を説明変量として、相関行列を用いた主成分分析を行った。ILとCODはともに有機物量の指標であることから、CODを除いた3項目 (IL, AVS, MC) を変量とした主成分分析についても行った。結果を表3に示した。それぞれの第1主成分 (Z1aとZ1b) の寄与率は86と87%であり、全体の情報の大部分がこれに集約されている。計算された各係数はいずれも正の値を示しており、すなわちZ1aとZ1bの値は底質の各測定値が大きい場合には大きくなり、逆の場合は負の大きな値を取るようになる。このことはZ1a, Z1bとも有機汚染の指標であることを示しており、その値が大きいほど有機汚染が進行していることを表している。各項目の係数は、Z1aでは0.46~0.52, Z1bでは0.54~0.59であり、どの項目もほぼ同程度で各Z1に関わっていることが分かる。表4にはこのとき用いた各変量の平均値と標準偏差を示している。Z1aとZ1bは有機汚染の指標になることが分かったが、その際Z1aとZ1bを評価するための判断基準が必要である。底質の有機汚染の進行に伴い底生動物群集は単調化し、多様性指数は低い値となること⁹⁾、今回の調査で底質の項目と多様性指数との間に負の相関がみられたことから、今回は多様性指数をZ1評価のための基準とした。2カ年の底質の測定結果を各式に代入してZ1aとZ1bの値 (主成分得点) を計算し、それらと多様性指数の関係を図4に示した。いずれの式で求めた主成分得点も多様性指数とは良好な負の相関 (いずれも1%の危険率で有意) を示しており、値が小さくなるにしたがって多様性指数は高くなっている。図から主成分得点が-1以下であれば、多様性指数3以上を維持できると推察される。変量に全ての項目を用いた結果とCODを除いて計算した結果とは、散布図に大きな差はみられない。ILとCODはともに有機物量の指標であり、特にCODの値を用いなくても、IL, AVS, MCの3項目を用いた主成分分析によって得られる式でも周防灘における底質の環境評価は可能と思われる。

今回、夏季の周防灘で底質とマクロベントスの調査を行い、それらの分布の特徴を明らかにするとともに、底質の環境評価手法についても検討を行った。その結果、周防灘の南部・西部の底質の有機汚染が進行していること、その周辺海域でのマクロベントスの個体密度が低く、種の多様性が低下していることが分かった。底質環境の評価は、多様性指数などそこに生息する底生生物群を尺

表3 相関行列による主成分分析結果

説明変量	第1主成分の式	Z1の寄与率(%)
IL,COD,AVS,MC	$Z1a=0.521(IL)+0.502(COD)+0.461(AVS)+0.512(MC)$	86
IL,AVS,MC	$Z1b=0.589(IL)+0.545(AVS)+0.595(MC)$	87

式の () 内は $(X-\bar{X})/SD$ で変換した値。
各説明変量の平均値 (\bar{X}) と標準偏差 (SD) は表4に示す。

表4 各説明変量の平均値と標準偏差

	平均値(\bar{X})	標準偏差(SD)
IL (%)	8.7	2.66
COD (mgO ₂ /gdry)	19.4	7.77
AVS (mgS/gdry)	0.67	0.53
MC (%)	75.8	27.2

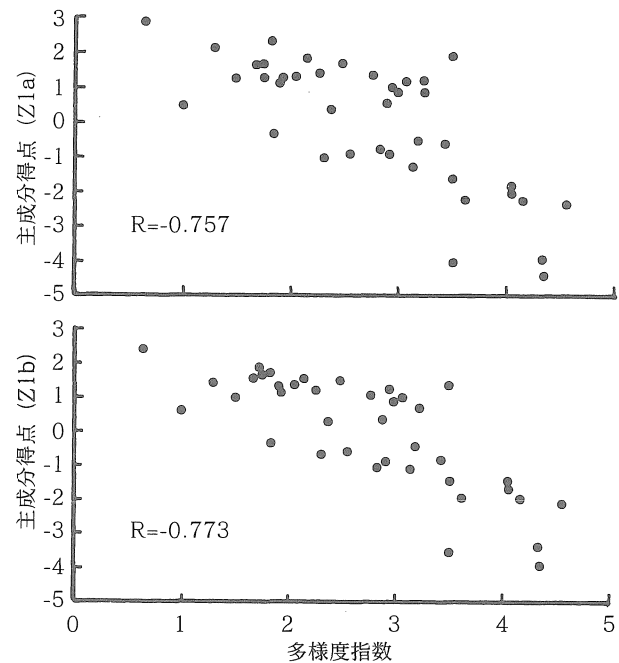


図4 主成分得点と多様性指数の関係Z1aとZ1bは表3を参照

度として行うことが生物生産に依存する水産業の立場からみると最も妥当な方法と考えられる。一方、これらの底生生物群の調査は多大な労力を要し頻繁に行うことは困難である。主成分分析で示したILやAVS, MCなどの比較的容易に測定できる項目を用いた合成指標値がマクロベントスの多様性指数と高い相関を持つことが判明した。このことはこの指標値が簡便かつ有効な環境評価になりうることを示唆している。今後は更にデータを蓄積

し、底質や底生動物の季節変動を明らかにするとともに、今回の底質の環境評価手法の有効性等についてもさらに検討する必要がある。

要 約

- 1) 周防灘における底質とマクロベントスの分布を明らかにするとともに、底質の環境評価手法を開発するため1995年と'96年の9月に調査を行った。
- 2) 底質の各測定値はいずれも灘南部・西部の海域で高く、これらの海域で底泥の有機汚染が進行していることが分かった。
- 3) 灘南部・西部海域ではマクロベントスの個体密度が低く、種の多様性も低かった。
- 4) 灘のほぼ全域で汚染指標種の出現が認められたが、特に西部沿岸域でその密度は高かった。
- 5) 底質の測定結果を用いて主成分分析を行った結果、その第1主成分の式が底泥の有機汚染の指標になることが分かった。その際、マクロベントスの多様度指数を環境評価の基準にすると、主成分得点が-1以下であれば多様度指数3以上を維持できると推察された。

文 献

- 1) 松田治：瀬戸内海の生物資源と環境，岡市友利・小森星児・中西弘編，恒星社厚生閣，東京，1996，pp.67-71.
- 2) 水産庁：漁場改良復旧基礎調査報告書（周防灘・大阪湾），pp.41-57，1985.
- 3) 日本水産資源保護協会：平成7年度底質環境評価手法実用化調査報告書，pp.113-115（1996）.
- 4) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京，1980，pp.256-257.
- 5) 日本水産資源保護協会：水質汚濁調査指針，恒星社厚生閣，東京，1980，pp.244-245.
- 6) 佐藤善徳・拝一夫・木全柚昭：浅海の底質の強熱減量測定法の改善，東海区水研報，123，1-13（1987）.
- 7) 日本海洋学会編：沿岸環境調査マニュアル（底質・生物篇），恒星社厚生閣，東京，1986，pp.31-32.
- 8) 日本水産資源保護協会：水産用水基準（1995年版），1995，pp.66-68.
- 9) 日本海洋学会編：沿岸環境調査マニュアル（底質・生物篇），恒星社厚生閣，東京，1986，pp.220-221.
- 10) 日本水産資源保護協会：平成6年度底質環境調査報告書，pp.17-36（1995）.
- 11) 辻野睦・玉井恭一：大阪湾の底質環境とメイオベントスの分布，南西水研報，29，87-100（1996）.