

有明海北西海域の底質及び底生生物

古賀 秀昭

The Properties of Bottom Mud and Benthos in the North Western Part of Ariake Sea

Hideaki KOGA

Abstract

The investigations of properties of bottom mud and benthos were carried out to grasp the state of the north western part of Ariake Sea in 1989.

This sea area was characterized by vast tidal flats, two submarine sandbars which extended north to south, and three submarine water ways, which were located on both sides of the submarine sandbars. The area of the tidal flats was about 86 km². The sea area which was shallower than 15m, including tidal flats, accounted for 91.5 percent of the gross sea area.

The sandy sediments which were below 4 in Md ϕ units were distributed on eastern and southern sides around the two submarine sandbars. On the other hand, soft sediments which were about 7 in Md ϕ units were distributed in other parts. The correlations between each mud item were significant at the 1 percent level, especially, the coefficient between ignition loss and mud content showed a high value. So, it was presumed that ignition loss depended on mud content in this sea area.

206 species of macrobenthos were obtained at 80 stations. The individual number at each station ranged from 30 to 24,804 per m², with a mean of 3,123. The mean number of species at each station was 29.1. A high density area, which was above 5,000 ind. · m⁻², was formed in the central part. On the other hand, a low density area, which was below 1,000 ind. · m⁻², was on the northern and western sides. It was presumed that distribution of macrobenthos related to sediment type, depth and current, but it depended on the species.

Among megalobenthos the most numerous was ark shell, *Scapharca subcrenata*, with a mean value of 88.5 per 100 m², next was pen shell, *Atrina* sp. (74.3), *Pentacta austlaris* (20.2) and *Temnopleurus toreumaticas* (14.0).

As roughly estimated, standing crop of macrobenthos was 34,000 tons in wet weight except for tidal flats, and megalobenthos' was 46,000 tons including cultured ark shell on the northern side. Total standing crop of benthos, except for tidal flats, was 80,000 tons. Furthermore, including tidal flats' benthos, it would be above 300,000 tons.

まえがき

有明海¹⁾は本邦最大の潮差、広大な干潟を有することで知られているが、佐賀県有明海を含むその北西海域の沿岸域は日本有数のノリ養殖場で、また、アサリ、アゲマキ、サルボウ等の貝類の主要な漁場ともなっている。一方、非干出域である沖合域においては、タイラギ、クマサルボウ、ガザミ、シバエビ、スズキ等の魚介類の主要な漁場で、当海域における近年の総生産額は 220～330 億円に達し²⁾、極めて生産力が高いことでも知られている。

当海域の海底地形、底質についての報告は鎌

田¹⁾の詳細の他幾つかみられ³⁻⁷⁾、また、干潟域の底質、底生生物については当水試の藻場干潟分布調査⁸⁾の他多くの報告がある⁹⁻¹²⁾。しかしながら、沖合域の底生生物も含めた総合的な報告は数少なく^{13,14)}、さらに、潮差が大きいことから、干潟を含めた海底地形等は年々変化し、既往の資料¹⁾や海図との相違が大きくなり、総合的な調査の必要性に迫られる状況となった。

そこで、当海域の現状把握のため、底質、底生生物に関する調査(沿岸漁業総合整備事業基礎調査)を行い、若干の知見を得たので以下に報告する。

材料及び方法

1. 海底地形

佐賀県水産局が作成した佐賀県有明海海域漁業情報図(1:50,000)¹⁵⁾によった。この図は、佐賀県太良町大浦検潮場(気象庁)の潮位を基準としているが、当水試が使用している潮汐表(三池港を基準とし、補正後の住ノ江港の潮高)と実感上ほぼ一致する。

2. 面積測定

前述の原図¹⁵⁾を改変した図(Fig. 1.)を元に、AREA METER MK2 (DELTA-T DEVICES LTD)を用い、干潟面積及び水深別の面積を測定した。なお、最低干潮線は0 m以深となるが、便宜上0 m以浅を干潟域とした。

3. 底質及び底生生物調査

1) 調査地点及び調査月日

Fig. 1. に示す80地点において、Table 1. に示したように1989年8月21～25日、9月5～6日、21～22、25日に調査を実施した。

2) 調査項目及び方法

底質は粒度組成(中央粒径値、泥分)、全硫化物(以下T.S)、強熱減量(以下I.L)の3項目、底生生物はマクロベントス、メガロベントスの調査を実施した。

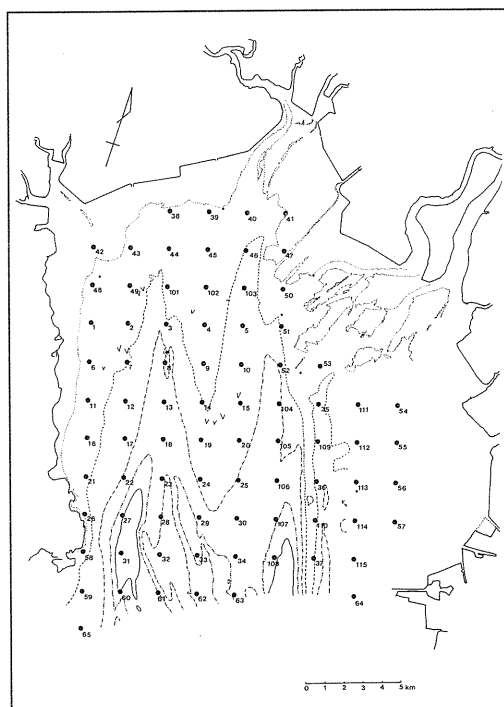


Fig. 1. 調査地点
Sampling points

Table 1. に示したように St.38~50, 52, 54, 111の干潟域及び干潟周辺の16地点(以下干潟周辺域)については船上からのエクマン・バージ型採泥器(15×15cm)による調査で、メガロベントスの採集は実施しなかった。それ以外の64地点(以下非干出域)についてはヘルメット式潜水夫を用いメガロベントスの採集を行った。

Table 1. 調査実施日及び採取方法
Date of investigation and sampling method.

| St. | Date | Bottom mud | | Macrobenthos | | Megalobenthos |
|---------|----------|------------|-----|--------------|-------|---------------|
| | | E-B | Box | E-B | Quar. | |
| 1-10 | 21. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 11 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 12-15 | 22. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 16-25 | 23. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 26-34 | 24. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 35-36 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 37 | 9. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 38 | 21. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 39-41 | 22. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 42-44 | 21. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 45-47 | 22. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 48-49 | 21. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 50 | 22. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 51-52 | 21. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 53-54 | 25. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 55 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 56-57 | 5. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 58 | 24. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 59-63 | 6. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 64 | 5. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 65 | 6. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 101-103 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 104 | 22. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 105-106 | 23. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 107-108 | 5. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 109 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 110 | 5. Sep. | | ○ | | ○ | ○ |
| 111 | 25. Sep. | ○ | | ○ | | - |
| 112 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |
| 113-115 | 25. Aug. | | ○ | | ○ | ○ |

E-B: Ekman-Birge sampler (0.0225m²×5).

Quad.: Quadrant (0.0625m²×3).

Box: Box type sampler (L:15×W:15×H:10cm).

Every bottom mud was sampled one time. (-): no sampling.

(1) 底 質

•干潟周辺域:エクマン・バージ型採泥器により採泥し、表面から深さ5cmまでの底泥をよく攪拌し、分析に供した。

•非干出域:ヘルメット式潜水夫によりステンレス製箱型採泥器(L:15×W:15×H:10cm)で採泥し、表面から深さ5cmまでの底泥をよく攪拌し、分析に供した。

粒度組成は砂分の多い地点では篩い法(4, 2, 1, 0.5, 0.25, 0.125, 0.063mmの7種類の篩い)のみ、その他の地点では篩い法と島津SA-CP3L遠心沈降式粒度分布測定装置による測定を併用し、中央粒径値、泥分(63μm以下の粒子の重量構成比)を求めた。なお、貝殻については、モガイ等の大型貝類が原形を留めている場合には除去したが、細片についてはそのまま分析に供した。

T.Sはガス検知管法、I.Lは貝殻成分の減量を避けるため550°C1時間で行った。

(2) マクロベントス

•干潟周辺域:エクマン・バージ型採泥器により同一地点で5回採泥し、1mm目の篩いで残ったものを10%フォルマリンで固定し、同定、計数に供した。総採取面積は0.1125m²となる。

•非干出域:ヘルメット式潜水夫により一辺25cmの方形枠を用いた小型ショベルによる枠取りを同一地点で3回実施した。採取層は表面から深さ約5cmまでとした。総採取面積は0.1875m²となる。その後の処理は「干潟周辺域」の地点と同様である。

試料の同定、計数については㈱新日本気象海洋に委託した。

(3) メガロベントス

地点毎(沖合域)に長さ100mのクレモナロープ(直径6mm)を潮流と平行に施設し、ヘルメット潜水夫がこのロープを中心に幅1mの範囲内に生息する生物全てを採取した。実験室に持ち帰った後直ちに、同定、計数を行った。なお、採取した生物は海底で通称スカリと呼ばれる袋状の網に入れ船上に掲げるが、その網目(約1cm)以下の生物の個体数については確実なものではない。

結果及び考察

1. 海底地形

前述の佐賀県有明海海域漁業情報図を改変し、付図として巻末に示した。

1) 地形の概要

(1) 干潟及び沿岸域

筑後川河口沖合域では、複雑な形状を持つ干潟(州)が発達し、また、5 m以浅の浅海域も起伏に富み、濤が複雑に入り込んでいた。さらに、長径50~200mにわたる窪みや浅瀬が多数認められた。また、干潟から濤に至る斜面は急峻で、最高1/25程度の勾配を持つ。なお、当水試が1978年に調査した⁷⁾時点と比較すると、各干潟の全般的な形状はほぼ変わらないものの、濤の埋没、若干の形状の変化等が認められた。

一方、早津江川濤筋以西から嘉瀬川濤筋までの川副町、東与賀町地先では1/1,500程度の勾配を持つ平坦な干潟が形成されていた。八田江河口から0 m線までの最大直線距離(以下、沖出し距離)が約6 kmにも達する広大な干潟である。東与賀町地先では地盤高(0 m線からの高さとする)が4.5 mと調査海域では最も大きい値を示した。なお、1978年当時は、八田江の濤は途中2ヶ所で分流し4干潟に区切っていたが、作濤により、現在では直線的に両地先の干潟を分断している。また、1978年当時、周辺部が舌状に丸く張り出していた干潟南部の通称「網洗い州」と呼ばれる砂泥質漁場⁹⁾は、現在では、鋭角的な形状となり、干潟域の変化の大きさがうかがわれた。なお、網洗い州から住ノ江川沖海底水道に至る斜面は勾配1/30と極めて急峻であった。

六角川河口域では、六角川と嘉瀬川の濤に挟まれた小規模な舌状の干潟が形成されていた。1978年当時には、この干潟を南北に分断する濤が認められたが、現在では1つの干潟となっていた。

福富町地先から鹿島市浜川にかけては、ほぼ海岸線に平行に等深線が走り、1/500~1,000程度の勾配を持つ比較的平坦な干潟が形成されていた。最高地盤高は2.5~3 mで、沖出し距離は1.2~3

kmであった。この海域においても、1978年当時は国営有明地区干拓地中央樋門、塩田川、鹿島川、浜川の各濤によって干潟が区切られていたが、現在ではその痕跡はあるものの、ほぼ1つの干潟となっていた。

鹿島市浜川から太良町大浦にかけての南西部においては、沖出し距離は鹿島市七浦地先では約2 km、太良町糸岐地先では約1 kmと、南下するにつれ0 m線は接岸傾向を示し、さらに、海岸が岩礁地帯となる太良町里から大浦にかけては、干潟域は極めて狭隘となっていた。

(2) 沖合域

湾東部には、南北に細長く延びた海底砂州(峰ノ州)¹⁾が発達しており、その両側の2つの海底水道(筑後川沖海底水道と住ノ江川沖海底水道¹⁾)により特徴付けられた。峰ノ州は幅400~600m、長さ数kmと細長く、ほぼ5 m以浅(最浅部は2.5m)の比較的平坦な地形で、その両側斜面、特に、海釜となっている住ノ江川沖海底水道最深部(調査海域で最深:26m)に至る西側斜面の勾配は最高1/40と極めて急峻であった。また、住ノ江川沖海底水道の西側斜面の水深12~15m一帯では長径200m前後の楕円形の浅瀬(一部は窪み)が多数認められた。

湾中央部から西部にかけては、国営有明地区干拓地から南東方向に舌状に延びる浅海域とその西部に位置する塩田川沖海底水道¹⁾、さらには海釜(通称:フカイ)となっているその最深部(水深25 m)の東部に位置する海底砂州(野崎ノ州、通称:アサイ)が特徴となっていた。北部海域では、沖合域で唯一の干出地となっている沖神瀬周辺を除くと1/100~500程度の勾配で比較的単調であるが、太良町大浦と福岡県大牟田市を結ぶ海域は極めて起伏に富み、特に野崎ノ州から海釜に至る斜面では最高勾配1/27と極めて急峻であった。野崎ノ州(水深10m以浅とする)は長さ約7.5km、幅約2 km、面積約8 km²、最浅部は5.5mで峰ノ州に比べると深く、また若干起伏に富んでいた。

2) 面積

Fig. 2. に干潟図を, Table 2. に干潟別水深別の面積を示した.

調査総面積は469.50km²であった. 水深5 m 間隔で海域を区切り面積を求めた結果, 0-5 m の海域が全体の26.51%を占める124.48km²と最も広く, 次いで5-10m の111.37km² (23.72%), 10-15m の108.15km² (23.04%), 干潟域の85.73km² (18.26%), 15-20m の31.92km² (6.80%), 20m 以上の7.85km² (1.67%) であった. つまり, 15m 以上の海域が全体の90%以上を占めた.

干潟面積は前述のように85.73km²であった. 海区別にみると, 筑後川から六角川までの東部海域では46.59km²と全干潟面積の54.35%を占め, 次いで, 塩田川以南の南部海域が20.44km² (23.84%), 六角川から塩田川にかけての中部海域が18.70km² (21.81%) であった. 中・南部海域は単一の干潟としたが, 東部海域で最大の干潟は東与賀町地先のNo.9で14.95km²であった.

当海域は, 湾奥部沿岸域に広がる広大な干潟,

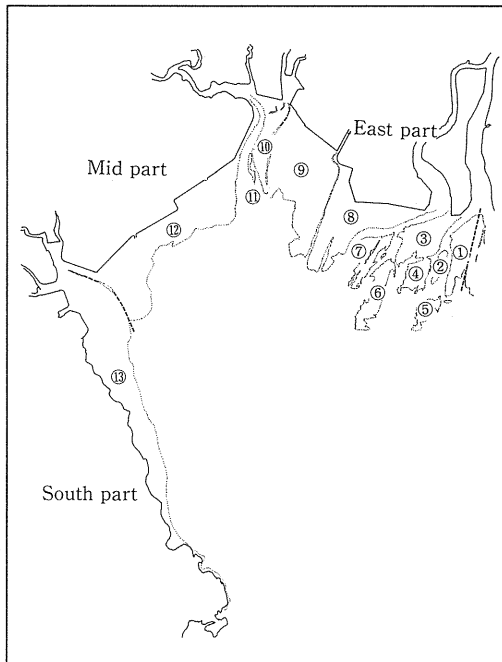


Fig. 2. 干潟図
Tidal flats.

南北に細長く延びた海底砂州(峰ノ州, 野崎ノ州)の発達と, その両側の筑後川, 六角川, 塩田川の滞りに連なる3つの海底水道によって特徴付けられる¹⁾. 今回の調査の結果, 全般的にはその特徴に変化は認められなかったが, 細部においては滞りの流路変化, 滞りの埋没, 干潟の形状変化, 筑後川主デルタの干潟の縮小, 楕円形の浅瀬, 窪みの存在等の変化や新たな知見が認められた. このような変化は, 自然現象によるものばかりではなく, 作滞,

Table 2. 干潟別水深別面積
Area of each tidal flat and depth.

| Area No. | Area (km ²) | Distribution ratio (%) | | |
|------------------|-------------------------|------------------------|---------------|------|
| | | to Tidal flat | to Gross area | |
| Tidal flat | | | | |
| East part | 1 | 4.17 | 4.86 | — |
| | 2 | 0.61 | 0.71 | — |
| | 3 | 4.22 | 4.92 | — |
| | 4 | 1.79 | 2.09 | — |
| | 5 | 1.06 | 1.24 | — |
| | 6 | 2.63 | 3.07 | — |
| | 7 | 2.58 | 3.01 | — |
| | 8 | 10.47 | 12.21 | — |
| | 9 | 14.95 | 17.44 | — |
| | 10 | 3.72 | 4.34 | — |
| | 11 | 0.22 | 0.26 | — |
| Others | 0.17 | 0.20 | — | |
| Sub Total | 46.59 | 54.35 | 9.92 | |
| Mid Part | 12 | 18.70 | 21.81 | 3.98 |
| South Part | 13 | 20.44 | 23.84 | 4.35 |
| Tidal flat Total | 85.73 | 100.00 | 18.26 | |
| | | | | |
| 0-5m | 124.48 | — | 26.51 | |
| 5-10m | 111.37 | — | 23.72 | |
| 10-15m | 108.15 | — | 23.04 | |
| 15-20m | 31.92 | — | 6.80 | |
| 20m- | 7.85 | — | 1.67 | |
| Sub Total | 383.77 | — | 81.74 | |
| | | | | |
| Total | 469.50 | — | 100.00 | |

浚渫、カキ殻除去等人工的なものも多い。

2. 底質

Fig. 3. に各底質項目の水平分布を示した。

1) 中央粒径値

中央粒径値 $Md\phi$ は1.15 (St.32) ~7.56 (St.

2), 泥分は3.2% (St.53, 111) ~99.3% (St.26)

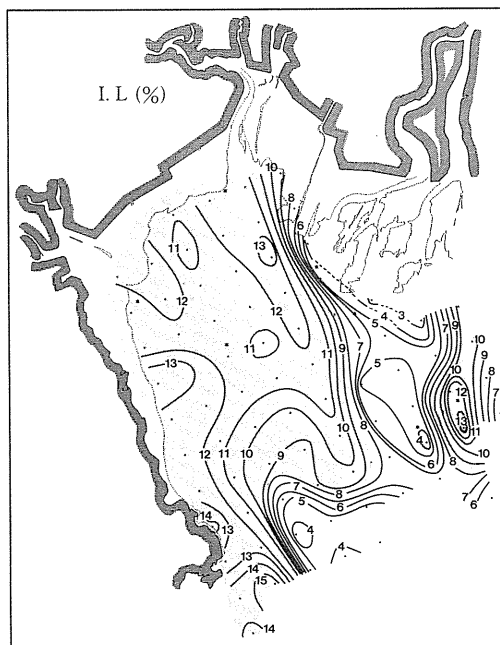
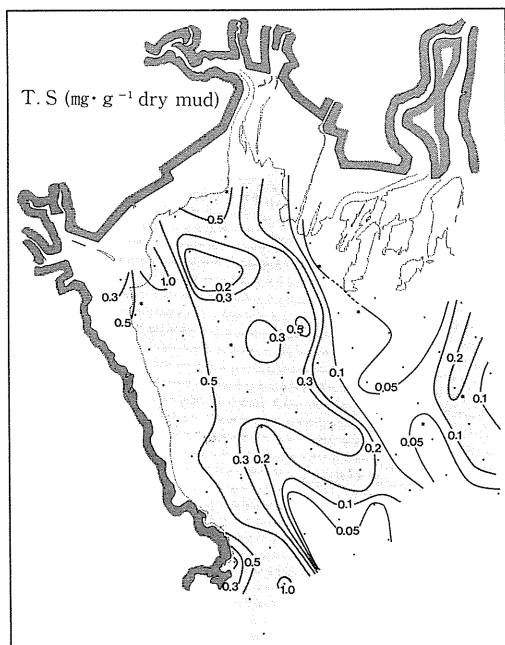
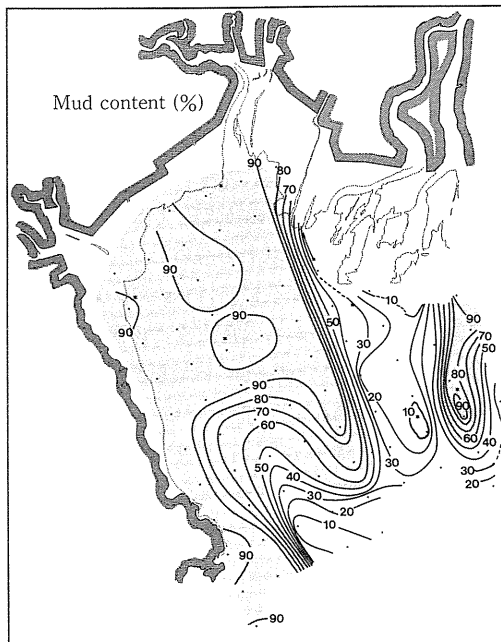
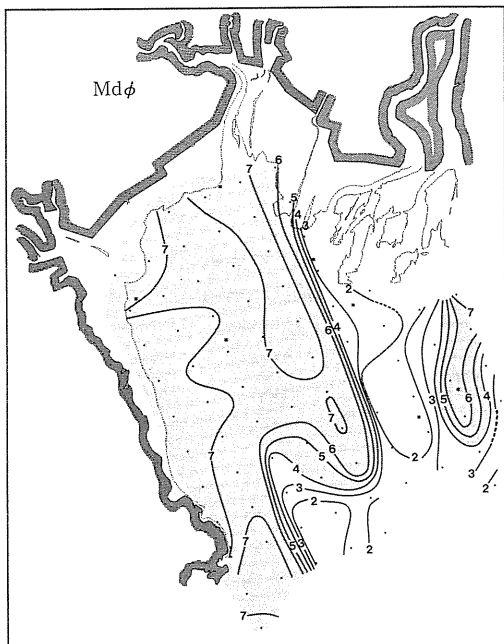


Fig. 3. 各底質項目の水平分布
Distribution of each bottom mud item.

の範囲にあった。

住ノ江川沖海底水道の東西で著しく異なった底質分布が認められた。すなわち、筑後川河口から峰ノ州にかけての東部海域一帯と、そこから野崎ノ州にかけての南部海域一帯では $Md\phi < 4$ の砂質堆積物が分布し、特に、峰ノ州北部一帯と野崎ノ州南部域は $Md\phi 2$ 以下の中砂となっている。一方、野崎ノ州一帯を除く住ノ江川沖海底水道以西では、 $Md\phi 7$ 前後、泥分90%以上の泥質堆積物（細シルト、極細シルト）が分布している。なお、その中間の $Md\phi 4 \sim 6$ を示した地点は野崎ノ州の北東に位置する2点に過ぎず、その境界部の変化が急激であることがうかがえた。

ただ、砂質堆積物が分布している東部海域においても、峰ノ州の東部に位置する人工島（三池島）周辺では $Md\phi 6$ 台、泥分80%以上の泥質堆積物となっていた。また、 $Md\phi 7$ 以上、泥分90%以上の細粒の泥質堆積物は西部海域の中でも住ノ江川沖、塩田川沖両海底水道の西側斜面に多い傾向がみられた。

2) T. S

$0.003mg \cdot g^{-1}$ –Dry mud（以下 $mg \cdot g^{-1}$ と略）（St.111）～ $1.42mg \cdot g^{-1}$ （St.43）の範囲にあった。

分布傾向は中央粒径値、泥分のそれと極めて酷似している。 $0.1mg \cdot g^{-1}$ の等濃度線は $Md\phi 4$ の等値線とほぼ対応した形を示し、砂質堆積物の海域ではほぼ $0.1mg \cdot g^{-1}$ 以下、特に $Md\phi 2$ 以下の海域では $0.05mg \cdot g^{-1}$ 以下の低い値を示した。一方、泥質堆積物の海域ではほぼ $0.3mg \cdot g^{-1}$ 以上、特に西岸一帯では全般的に高く、ほぼ $0.5mg \cdot g^{-1}$ 以上の高い値を示した。

3) I. L

2.3 %（St.111）～15.5%（St.60）の範囲にあった。

分布傾向は T.S と同様に中央粒径値、泥分のそれと極めて酷似している。8%の等値線が $Md\phi 4$ の等値線とほぼ対応した形を示し、砂質堆積物の海域ではほぼ8%以下、特に $Md\phi 2$ 以下の海域では5%以下の低い値を示した。一方、泥質堆積物の海域ではほぼ10%以上、特に西岸一帯では

T.S と同様に全般的に高く、ほぼ12%以上の高い値を示した。

4) 各項目間の関係

Table 3. に各項目間の相関マトリックスを、Fig. 4. に泥分、I.L、T.S の相互関係を示した。

各項目の水平分布が極めて類似していることから、各項目間には直線の関係があるものと容易に推測されるが、全ての項目間に1%水準で有意な直線関係が認められた。特に、泥分、中央粒径値、I.L の3者については相関係数がいずれも0.9以上を示し、極めて相関が高かった。

泥分と中央粒径値、I.L との直線関係については千々石湾¹⁶⁾、諫早湾¹⁷⁾でも認められている。また、古賀ら⁹⁾は St.50 付近の細砂を主とする砂質干潟において、COD、I.L、中央粒径値、泥分の4者間に直線関係が認められ、特にCOD、I.L は泥分によって左右されることを示した。今回の結果でも、I.L は泥分が高くなるにつれ直線的に増加することが示され (Fig. 4.)、当海域においては I.L は泥分によって左右されるものと推測された。

T.S と他項目との関係については $r=0.7$ 前後の直線関係が認められたが、Table 3. の下段に示したように両対数を取った場合の相関係数がより高く、むしろ曲線関係にあるものと言える。しかしながら、I.L、泥分との関係をみると、I.L 10%以下、泥分80%以下の場合には両者の値が高くなるにつれ直線的に増加するが、それ以上では極めて値の幅が大きく一定の傾向は認められない。特に泥分との間でその傾向が顕著であった。還元層の発達程度やその深さは季節、底質、生物遺骸量等によって異なるが、特にモンモリロナイト

Table 3. 各底質項目間の相関マトリックス
Correlation matrix of each mud item.

| | Md ϕ | M.content | T.S | I.L |
|-------------|-----------|-----------|-------|-------|
| Md ϕ | — | 0.982 | 0.690 | 0.938 |
| Mud content | 0.911 | — | 0.695 | 0.960 |
| T.S. | 0.825 | 0.895 | — | 0.725 |
| I.L. | 0.909 | 0.966 | 0.912 | — |

Upper: linear correlation.
Lower: logistic correlation.

系浮泥^{6,18)}が堆積しやすい泥質海域においては、還元層はその下層部に発達している場合が多い。そのため、同じ採取地点であっても、僅かな採取点のずれや採取方法によって T.S 量の値は大きく異なる傾向にある。これらのことが、泥質地点での T.S の変動の幅を大きくしているものと推測された。

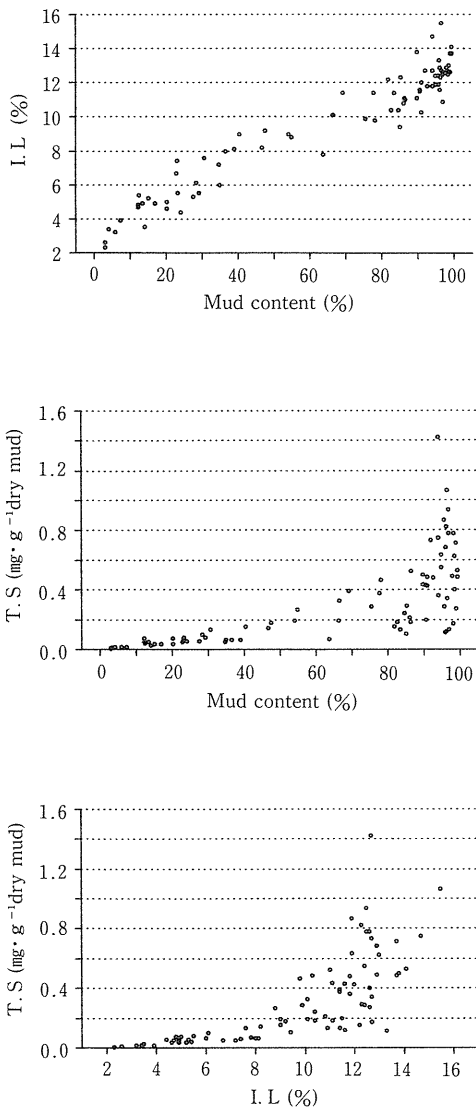


Fig. 4. 泥分、I.L、T.Sの相互関係
Relation between mud content, I.L and T.S.

5) 底質による海域区分

変動が大きい T.S を除いた 3 項目のデータを用い、クラスター分析(最短距離法)¹⁹⁾を行い海域を区分した。非類似度(Dij)は標準化ユークリッド平方距離に基づいて定義した。謂わば、堆積物の物理的性状と有機物含量による海域区分と言える。Fig. 5. にデンドログラムを示した。

この方法については、分析者の経験に依存する一面もあるが、Dij=0.20で区切ると次の3海域に区分できる (Fig. 6.)。

① A 海域：野崎ノ州一帯の南部海域を除く住ノ江川沖海底水道以西で、中央粒径値 Mdφ 7 前後の泥質堆積物が分布し、有機物量が多い海域。峰ノ

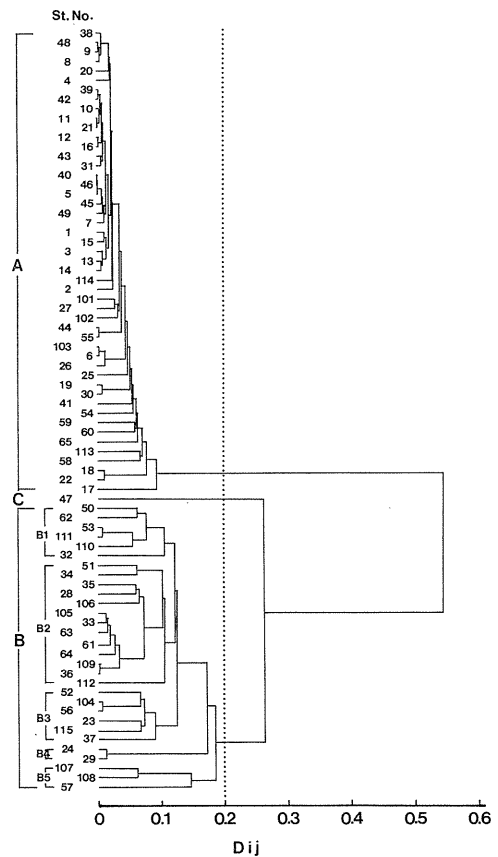


Fig. 5. 底質による海域区分のデンドログラム
Dendrograms resulting from linkage clustering of dissimilarity matrices with nearest distance method among bottom mud item.

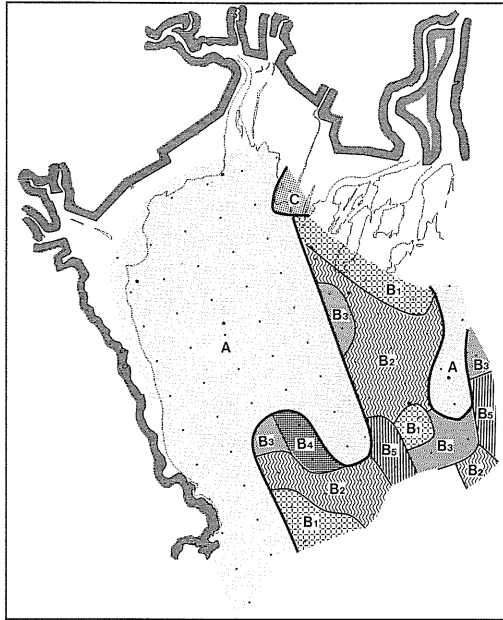


Fig. 6. 底質による海域区分図
Clustered sea area by fig.5.

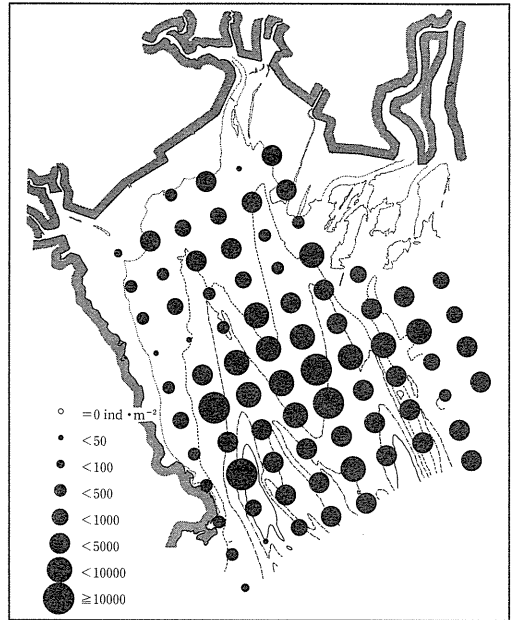


Fig. 7. マクロベントスの水平分布
Distribution of macrobenthos in total number.

州東部の人工島周辺も含まれる。

一般的に各地点間の非類似度は小さく、極めて均一な海域といえるが、そのうち、St.18,22と St.17については、若干他地点との非類似度が大きい。これらの地点については底質の全般的な性状は他地点とほぼ同様であるが、貝殻細片が多く、相対的に泥分が少ない海域である。

②B海域：峰ノ州、野崎ノ州を中心とする住ノ江川沖海底水道以東で、Mdφがほぼ4以下の砂質堆積物が分布し、有機物量が少ない海域。

泥質のA海域に比べると、各地点間の非類似度は大きく、さらに5海域に細分できる。B₁は泥分10%以下、Mdφ 1～2の粗粒の砂質堆積物が分布し、I.L が3%前後と有機物量も極めて少ない。B₂はB₁に比べ泥分が20%前後と若干多く、I.Lも5%前後に増加、B₃はさらに泥分、有機物量が多くなり、B₄はI.Lが9%前後となり、泥分は50%を越えA区との境界をなす海域である。また、B₅については、Mdφは2～3、泥分もほぼ20%台と粗粒の砂質堆積物が分布しているものの、I.Lが8%前後と比較的有機物含量が多い海域である。

③C海域：St.47周辺の砂泥質干潟（網洗い州）。A、B両海域の中間的な性質を持つ。

3. マクロベントス

今回の調査では、種まで同定出来たのは約半数にとどまったが、腔腸、扁形、星口、環形、触手、軟体、節足、棘皮、原索、脊椎の10門にわたり計 206種類の生物が得られた。最も種類数の多かった門は環形動物の68種類であった。次いで、軟体動物の59種類、節足動物の55種類、棘皮動物の11種類で、上位3門で全体の88%を占めた。

1) 全体の分布状況

Fig. 7. に全分類群を含む1m²当りの総個体数の水平分布を、Table 4. に地点毎の個体数、種類数、分類群の編組成率を示した。

地点当りの個体数は30～24,804 ind·m⁻²の範囲で、平均密度は3,123.8 ind·m⁻²となった。分類群別にみると、最も多かったのは二枚貝綱の平均2,244.4 ind·m⁻²、全体の編組成率は71.8%で、次いで多毛綱の604.2 ind·m⁻²(19.3%)、節足動物門の83.8 ind·m⁻²(2.7%)、棘皮動物門蛇尾綱の52.8 ind·m⁻²(1.7%)であった。

Table 4. 地点毎のマクロベントス分布状況
Distribution of macrobenthos at each station.

| St. | Number (ind.·m ⁻²) | Spec. Num. | Relative abundance (%) | | | | | St. | Number (ind.·m ⁻²) | Spec. Num. | Relative abundance (%) | | | | |
|------|-----------------------------------|---------------|------------------------|---------|-------|-------|--------|-----|-----------------------------------|---------------|------------------------|---------|-------|-------|--------|
| | | | Poly. | Bivalv. | Crus. | Ophi. | others | | | | Poly. | Bivalv. | Crus. | Ophi. | others |
| 38 | 267 | 10 | 63.3 | 33.3 | 0 | 0 | 0.3 | 18 | 9,653 | 35 | 4.5 | 93.8 | 0.5 | 0 | 1.2 |
| 39 | 2,142 | 13 | 27.0 | 71.4 | 0.8 | 0 | 0.8 | 19 | 5,392 | 45 | 11.3 | 79.2 | 2.8 | 0 | 6.7 |
| 40 | 44 | 3 | 81.8 | 0 | 0 | 0 | 18.2 | 20 | 24,804 | 34 | 2.7 | 95.2 | 0.4 | 0 | 1.7 |
| 41 | 2,231 | 17 | 88.1 | 4.8 | 1.6 | 0 | 5.5 | 105 | 5,034 | 60 | 13.2 | 78.0 | 3.0 | 2.9 | 2.9 |
| 42 | 72 | 4 | 75.0 | 25.0 | 0 | 0 | 0 | 109 | 6,661 | 74 | 15.1 | 73.2 | 2.5 | 0.2 | 9.0 |
| 43 | 1,307 | 7 | 5.4 | 95.5 | 0 | 0 | 0 | 112 | 8,789 | 32 | 4.7 | 89.1 | 0.7 | 0 | 5.5 |
| 44 | 782 | 22 | 46.8 | 13.7 | 1.2 | 1.2 | 37.1 | 55 | 693 | 21 | 89.9 | 5.3 | 0.7 | 0 | 4.1 |
| 45 | 560 | 10 | 17.5 | 77.9 | 3.2 | 0 | 1.1 | 21 | 400 | 17 | 61.0 | 32.0 | 0 | 1.3 | 5.7 |
| 46 | 1,440 | 13 | 87.2 | 3.7 | 3.1 | 0 | 6.0 | 22 | 3,418 | 42 | 22.1 | 70.2 | 4.1 | 0.5 | 23.1 |
| 47 | 1,173 | 13 | 90.2 | 3.8 | 3.1 | 0 | 2.9 | 23 | 3,733 | 43 | 18.9 | 69.9 | 6.6 | 0 | 5.6 |
| 48 | 152 | 6 | 94.1 | 0 | 5.9 | 0 | 0 | 24 | 7,808 | 54 | 7.1 | 85.5 | 4.4 | 0.1 | 2.9 |
| 49 | 391 | 13 | 43.5 | 47.8 | 2.3 | 0 | 6.4 | 25 | 16,980 | 30 | 1.6 | 96.7 | 2.3 | 0 | 6.4 |
| 101 | 1,771 | 22 | 50.3 | 44.8 | 0.3 | 0.6 | 4.0 | 106 | 2,912 | 52 | 31.5 | 58.8 | 5.7 | 0.2 | 3.8 |
| 102 | 1,216 | 17 | 40.4 | 49.5 | 0.4 | 0 | 9.7 | 36 | 2,128 | 62 | 57.4 | 3.8 | 7.8 | 5.3 | 25.7 |
| 103 | 277 | 20 | 37.9 | 27.1 | 5.4 | 0 | 29.3 | 113 | 699 | 18 | 21.3 | 68.7 | 0.7 | 0 | 9.7 |
| 50 | 418 | 20 | 57.9 | 4.3 | 2.2 | 31.8 | 2.8 | 56 | 2,048 | 34 | 88.5 | 5.2 | 1.8 | 1.3 | 3.2 |
| 1 | 122 | 7 | 22.1 | 73.8 | 0 | 0 | 4.1 | 26 | 395 | 18 | 61.8 | 21.5 | 6.8 | 0 | 9.9 |
| 2 | 533 | 18 | 55.9 | 42.0 | 0 | 0 | 2.1 | 27 | 14,522 | 44 | 3.2 | 92.2 | 0.4 | 0.1 | 4.1 |
| 3 | 373 | 15 | 48.5 | 48.5 | 0 | 2.4 | 0.6 | 28 | 1,691 | 59 | 20.9 | 32.2 | 10.7 | 20.5 | 15.7 |
| 4 | 976 | 21 | 29.0 | 64.3 | 1.5 | 0 | 5.2 | 29 | 4,826 | 49 | 11.6 | 74.4 | 2.5 | 0.3 | 11.2 |
| 5 | 165 | 13 | 31.5 | 41.8 | 0 | 0 | 26.7 | 30 | 4,496 | 34 | 10.4 | 84.3 | 1.8 | 0 | 3.5 |
| 51 | 9,183 | 49 | 10.3 | 85.5 | 1.3 | 0.9 | 2.0 | 107 | 3,269 | 51 | 22.2 | 65.7 | 5.5 | 1.6 | 5.0 |
| 6 | 48 | 7 | 64.6 | 33.3 | 0 | 0 | 2.1 | 110 | 1,456 | 48 | 53.8 | 23.4 | 8.8 | 0.3 | 13.7 |
| 7 | 43 | 6 | 74.4 | 11.6 | 0 | 0 | 14.0 | 114 | 176 | 19 | 31.8 | 27.6 | 11.9 | 0 | 28.7 |
| 8 | 261 | 11 | 42.9 | 32.6 | 0 | 22.6 | 1.9 | 57 | 1,925 | 38 | 79.5 | 9.5 | 3.6 | 0.8 | 6.6 |
| 9 | 6,341 | 45 | 20.1 | 72.6 | 1.8 | 0.3 | 5.2 | 58 | 224 | 15 | 63.8 | 33.0 | 0 | 0 | 3.2 |
| 10 | 1,163 | 20 | 46.3 | 49.5 | 0 | 2.3 | 1.9 | 31 | 752 | 20 | 7.0 | 84.4 | 1.3 | 0 | 7.3 |
| 52 | 4,085 | 57 | 56.3 | 32.9 | 3.1 | 0.9 | 6.8 | 32 | 3,024 | 78 | 32.3 | 53.4 | 6.7 | 2.6 | 5.0 |
| 53 | 738 | 14 | 13.3 | 74.7 | 3.7 | 2.2 | 6.1 | 33 | 3,018 | 45 | 18.8 | 72.1 | 2.5 | 2.0 | 4.6 |
| 11 | 421 | 13 | 54.6 | 44.2 | 0 | 0 | 1.2 | 34 | 8,666 | 51 | 5.5 | 90.0 | 1.4 | 0.9 | 2.2 |
| 12 | 2,251 | 28 | 37.7 | 56.4 | 0.5 | 2.1 | 3.3 | 108 | 1,264 | 31 | 76.7 | 8.1 | 2.9 | 5.9 | 6.4 |
| 13 | 7,040 | 41 | 10.8 | 86.0 | 0.5 | 0.5 | 2.2 | 37 | 1,707 | 53 | 48.4 | 30.0 | 7.2 | 0.9 | 13.5 |
| 14 | 7,626 | 31 | 22.6 | 73.7 | 0.2 | 0 | 3.5 | 115 | 1,275 | 33 | 66.5 | 18.8 | 1.6 | 1.3 | 11.8 |
| 15 | 6,698 | 33 | 11.6 | 86.0 | 0.6 | 0.1 | 1.7 | 59 | 416 | 17 | 70.4 | 12.7 | 1.2 | 0 | 15.7 |
| 104 | 3,125 | 53 | 46.1 | 44.4 | 2.6 | 0.2 | 6.7 | 60 | 30 | 6 | 83.3 | 0 | 0 | 0 | 16.7 |
| 35 | 2,555 | 54 | 20.7 | 63.2 | 6.6 | 8.1 | 1.4 | 61 | 843 | 37 | 68.9 | 10.1 | 12.7 | 3.8 | 4.5 |
| 111 | 1,538 | 17 | 14.5 | 83.3 | 1.2 | 0 | 1.1 | 62 | 2,629 | 38 | 7.1 | 11.9 | 79.7 | 0.4 | 0.9 |
| 54 | 791 | 9 | 91.0 | 0 | 3.4 | 0 | 5.4 | 63 | 1,317 | 40 | 24.8 | 64.0 | 3.3 | 2.8 | 5.1 |
| 16 | 571 | 20 | 78.5 | 10.3 | 0 | 0 | 11.2 | 64 | 3,648 | 30 | 21.9 | 1.0 | 2.9 | 7.3 | 66.9 |
| 17 | 13,221 | 41 | 7.5 | 90.1 | 0.4 | 0.3 | 1.7 | 65 | 69 | 7 | 30.4 | 0 | 0 | 0 | 69.6 |
| Mean | 3,123 | 29.1 | 19.3 | 71.8 | 2.7 | 1.7 | 4.4 | | | | | | | | |

Poly.: Polychaeta, Bivalv.: Bivalvia, Crus.: Crustacea, Ophi.: Ophiuroidea.

全体的な分布状況を見ると、湾中央部の広い範囲に $5,000 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上の高密度域が形成され、特に、住ノ江川沖海底水道西側斜面に位置する St. 20では全地点の最高値を示した。一方、湾北部と、西岸沿いの一帯は $1,000 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下の低密度域となっており、特に、鹿島市地先では $100 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以下の極低密度域がみられた。西岸沿いの一帯に少ないのは1975年に当水試が実施した大規模増殖場開発事業調査結果¹³⁾と同様であった。なお、地点当りの種類数は3 (St.40) ~78 (St.32) で平均は29.1であった。

2) 主な分類群の分布状況

(1) 環形動物多毛綱

Fig. 8. に遊在目, 定在目の水平分布を示した。

遊在目は全地点で認められ、湾中央部以南の広い一帯に $100 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上の比較的高密度域が広がるが、特徴的な分布傾向は認められなかった。筑後川主デルタ地先の St.52, 大牟田市地先の St. 57では $1,000 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上の高密度域となったが、前者ではギボシイソメ科の *Lumbrineris lon-*

gifolia, 後者はゴカイ科の *Nectoneanthes latipoda* が優占していた。全体的にはカギゴカイ科の *Ancistrosyllis hanaokai*, シロガネゴカイ科の *Nephtys* sp., チロリ科の *Glycera* sp. が多かった。

定在目は遊在目に比べ海域による分布量の差が著しかった。塩田川河口域周辺では2地点で全く認められない等全般的に少なく、一方、沖神瀬南東海域や峰ノ州周辺は $500 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上の高密度域となっていた。沖神瀬南東海域ではダルマガカイ *Sternaspis scutata*, フサゴカイ科の *Neoamphitrite* sp., ヨツバネスピオ (B型) *Paraprionospio* sp. が優占していた。峰ノ州周辺では優占種はなく、数多くの種が混在する状態であったが、パラオニス科の *Cirrophorus* sp., ミズヒキゴカイ科の *Cirriformia tentaculata*, イトゴカイ科の *Mediomastus* sp., カザリゴカイ科の *Amphicteis* sp., ケヤリ科の *Chone* sp. 等が比較的多かった。この他、ほぼ $1,000 \text{ ind.} \cdot \text{m}^{-2}$ 以上の高密度域であった網洗い州南端周辺と峰ノ州東部海域ではいずれも *Mediomastus* sp. が優占していた。

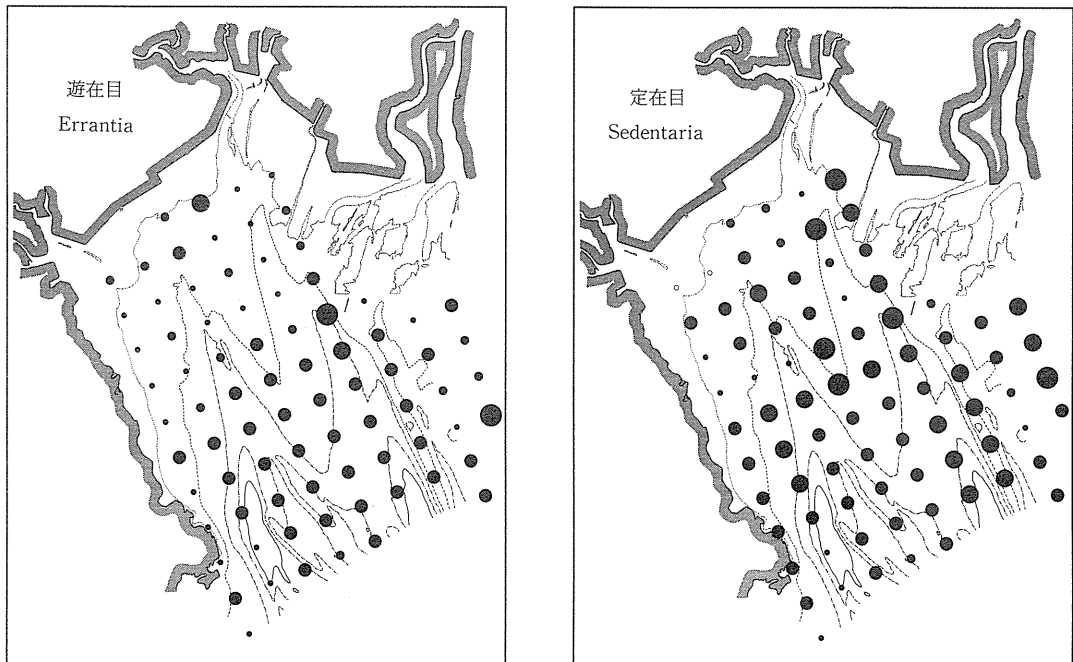


Fig. 8. 多毛類の水平分布
Distribution of Polychaeta.

(2) 軟体動物二枚貝綱

Fig. 9. に出現の多かった5種の水平分布を示した。

ホトトギス *Musculus* spp. は筑後川主デルタの干潟域で2~3年前から大発生しているが、今回の調査でも、その周辺海域の St.51では6,858 ind.・

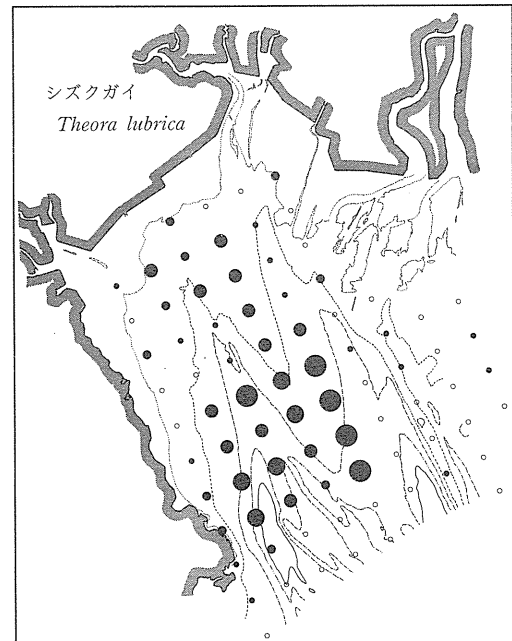
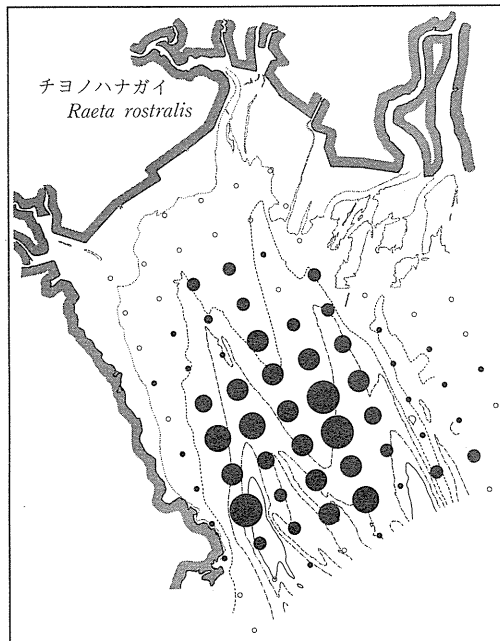
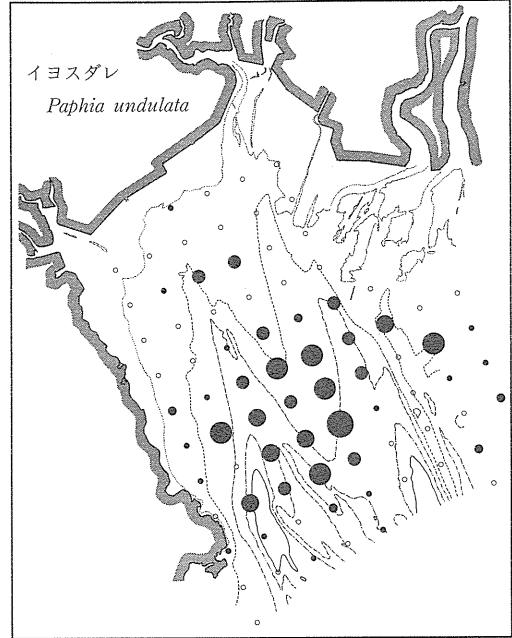
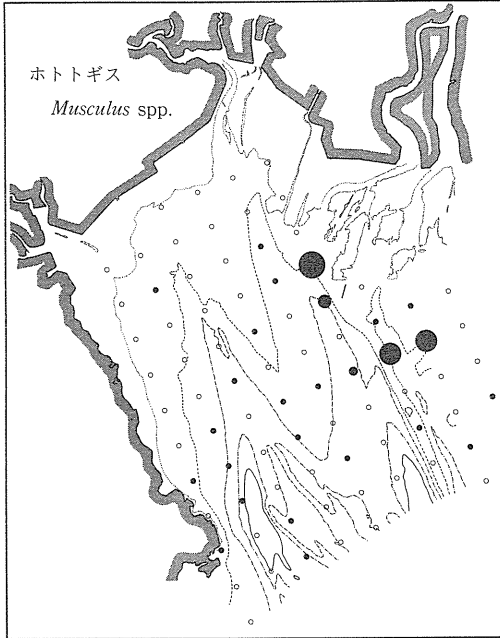


Fig. 9-1. 主要二枚貝の水平分布
Distribution of Bivalvia.

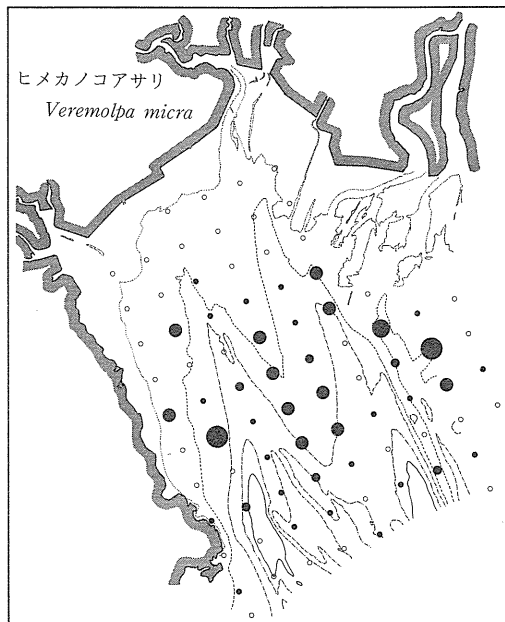


Fig. 9-2. 主要二枚貝の水平分布
Distribution of Bivalvia.

m^{-2} , St.109, 112でも3,000 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以上を示し、極めて高密度の海域となっていた。その他の海域では認められなかった地点が多かったが、湾中央部から太良町大浦にかけては50 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以下と少ないものの分布域が広がっていた。

イヨスダレガイ *Paphia undulata* は湾中央部以南一帯を中心に高密度にみられ、特徴的な分布様式を示した。特に住ノ江川沖海底水道西側斜面で多い傾向にあり、St.25では9,333 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ と最高値を示し極めて多かった。

チヨノハナガイ *Raeta rostralis* はイヨスダレガイの分布域より若干広いものの、ほぼ同じ海域に極めて高密度に分布していた。1,000 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以上の地点は広範囲に分布し、10,000 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以上の高密度地点は3地点、特にSt.20では15,530 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ と今回の調査での単一種としての最高値を示した。

シズクガイ *Theora lubrica* も個体数は若干少ないものの、前述2種と同様に湾中央部以南一帯を中心に高密度にみられた。特に住ノ江川沖海底水道西側斜面で1,000 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以上と多く、イヨ

スダレガイの分布状況と酷似していた。

ヒメカノコアサリ *Veremolpa micra* は前述3種のような特徴的な分布傾向はみられなかった。個体数は少ないものの、北部沿岸域を除くほぼ全域に分布しており、また、1,000 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以上の高密度地点は海域、底質とも極端に異なる2地点(St.17,112)であった。

菊池²⁰⁾、濱野ら²¹⁾によるとチヨノハナガイは湾奥分布型で一時停滞域に、シズクガイは、広域分布型で非調和水域から汚染域に広く優占する種、ホトトギスは湾奥分布型で富栄養極浅域の泥底、イヨスダレガイは湾中央分布型で中・富栄養非停滞域に、ヒメカノコアサリは湾中央分布型でもイヨスダレガイに比べ中・富栄養性海域まで若干広い範囲に分布するとしている。

当海域は有明海の一部としてみると全てその湾奥部に含まれ、菊地らの分布型を当てはめるのは困難な面もあるが、今回の結果では、ホトトギス、ヒメカノコアサリを除く3種の分布域については明瞭な相違はみられなかった。

(3) 端脚目ヨコエビ亜目

魚介類の重要な餌料となっているヨコエビ亜目の水平分布をFig.10.に示した。

出現個体数は前述の分類群に比べ少なかったが、二枚貝綱と同様に湾中央部以南が主な分布域であった。ただ、100 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ 以上の比較的高密度の地点は峰ノ州、野崎ノ州を中心とする砂質の海域に多い傾向にあった。

峰ノ州では特定の種が優占することはなく、多くの種が混在する状況であったが、クビナガスガメ *Ampelisca brevicornis* は個体数は少ないものの各地点でみられ、その他には、スンナリヨコエビ *Maera serratipalma* が比較的多かった。一方、野崎ノ州では中央部に位置するSt.32では峰ノ州に多かったクビナガスガメが優占し、北部の2点ではドロヨコエビ *Eriopisella sechellensis*、ヨコエビ科の *Melita* sp.、ホソヨコエビ *Erichthonius pugnax* 等が多かった。また、野崎ノ州南部東側斜面のSt.62では1,972 ind. $\cdot \text{m}^{-2}$ と突出して高い値を示したが、そのほとんどはホソツツムシ *Cera-*

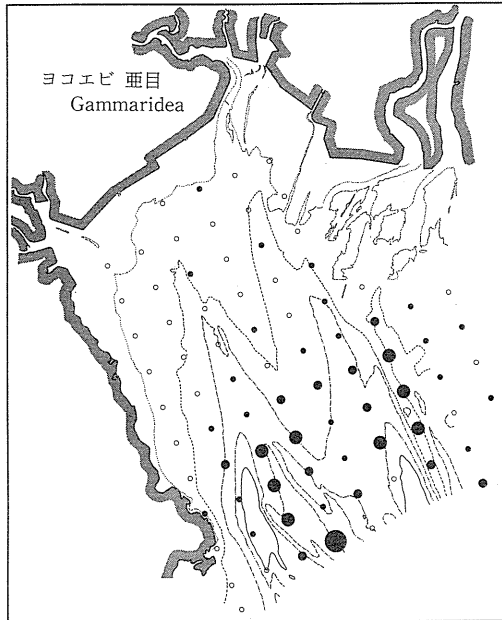


Fig. 10. ヨコエビ亜目の水平分布
Distribution of Gammaridea.

pus tubularis であった。ホソツツムシは数年前に大発生したが、St.62以外で50 ind.・m⁻²以上の地点は野崎ノ州周辺のSt.22,24,34と峰ノ州のSt.110の4点に留まった。

3) マクロベントスと底質との関係

当海域の底質は、前述のとおり住ノ江川沖海底水道を境に東西で大きく2分された。一方、全体的なマクロベントスの分布形態は前述のとおり、湾西部一帯と西岸沿いには少なく、湾中央部一帯に高密度域が形成され、底質のように東西で大きく異なることはなかった。すなわち、底質とは全く無関係に高密度域が形成されたように見える。

Fig.11. に高密度域が形成されていた湾中央部の横断面 (St.16-55) における分布状況を示した。ここでは東部の3地点を除きチヨノハナガイが優占し、次いで、イヨスダレ、シズクガイが多く、峰ノ州周辺ではホトトギス、地点によりヒメカノコアサリが分布していた。また、多毛類は全地点で認められた。この図から、チヨノハナガイ、イヨスダレガイは砂質海域でも若干みられるが、泥質海域で優占し、シズクガイは泥質海域に限られ、

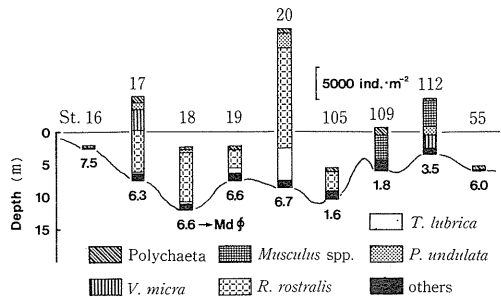


Fig. 11. 高密度域におけるマクロベントス分布状況
Distribution of macrobenthos in the high density area.

ヒメカノコアサリについては一定の傾向がみられない。一方、ホトトギスは砂質から砂泥質の浅所に限られる等底質との関係がある程度伺われた。

そこで、主要8分類群の出現個体数と水深を含む各底質項目との相関を全地点及び高密度域の36地点についてそれぞれ求め、Table 5. に示した。

ダルマゴカイは中央粒径値、泥分、T.S、I.Lと1%あるいは5%水準で有意な正の相関がみられ、水深とは有意ではないものの負の相関にあることから、泥分が増え、底泥中の有機物量が多くなるほど多く分布し、どちらかと言えば浅所に多いと言える。

イトゴカイ科については全ての項目とは負の関係にあり、特にT.Sと5%水準(全地点)で有意となったことから、泥分が少なく、還元層があまり発達してない浅所に多く分布していると言える。同じイトゴカイ科の*Capitella capitata*, *C. capitata japonica* は底泥中の有機物が多い沿岸域に優占的に生息し、有機汚染の指標生物として取り上げられているが²²⁾、当海域のイトゴカイ科は*Mediomastus* sp., *Notomastus* sp.の2種に限られることから、全く逆の結果となったのかもしれない。

ホトトギスは、イトゴカイ科と同様に全ての項目と負の関係にあり、特に中央粒径値、泥分、I.Lとは5%水準(全地点)で有意となった。このことから、粗粒で泥分が少なく、有機物が少ない浅所に多く分布していると言える。

チヨノハナガイは全地点と高密度域では若干異

Table 5. マクロベントス個体数と底質項目との相関
Correlation between macrobenthos and mud items.

| (Gross area) | | Mdφ | M.content | T.S. | I.L. | depth |
|---------------------|----------------------|---------|-----------|---------|---------|---------|
| ダルマゴカイ | <i>S.scutata</i> | 0.313** | 0.293** | 0.095 | 0.218* | -0.127 |
| イトゴカイ科 | Capitellidea | -0.009 | -0.007 | -0.219* | -0.047 | -0.094 |
| ホトトギス | <i>Musculus</i> spp. | -0.257* | -0.235* | -0.169 | -0.267* | -0.083 |
| イヨスダレ | <i>P.undulata</i> | 0.113 | 0.102 | 0.027 | 0.038 | 0.144 |
| ヒメカノコアサリ | <i>V.micra</i> | -0.014 | -0.040 | -0.036 | -0.021 | -0.011 |
| チヨノハナガイ | <i>R.rostralis</i> | 0.123 | 0.079 | -0.037 | 0.042 | 0.349** |
| シズクガイ | <i>T.lubrica</i> | 0.220* | 0.210 | 0.023 | 0.152 | 0.181 |
| ヨコエビ亜目 | Gammaridea | -0.142 | -0.151 | -0.136 | -0.136 | 0.223* |
| (High density area) | | Mdφ | M.content | T.S. | I.L. | depth |
| ダルマゴカイ | <i>S.scutata</i> | 0.411* | 0.416* | 0.385* | 0.378* | -0.055 |
| イトゴカイ科 | Capitellidea | -0.049 | -0.054 | -0.169 | -0.019 | -0.106 |
| ホトトギス | <i>Musculus</i> spp. | -0.294 | -0.282 | -0.220 | -0.306 | -0.168 |
| イヨスダレ | <i>P.undulata</i> | 0.216 | 0.218 | 0.156 | 0.117 | 0.172 |
| ヒメカノコアサリ | <i>V.micra</i> | 0.034 | 0.006 | 0.032 | 0.040 | -0.096 |
| チヨノハナガイ | <i>R.rostralis</i> | 0.327* | 0.284 | 0.133 | 0.240 | 0.467** |
| シズクガイ | <i>T.lubrica</i> | 0.372* | 0.377* | 0.132 | 0.298 | 0.258 |
| ヨコエビ亜目 | Gammaridea | -0.168 | -0.159 | -0.151 | -0.154 | 0.270 |

** : 1% significant level. * : 5% significant level.

なった結果となったが、水深とはいずれも1%水準で有意な正の相関が、また、高密度海域では中央粒径値と5%水準で有意な正の相関がみられたことから、深所の泥質海域に多く分布していると言える。

シズクガイはチヨノハナガイとほぼ同様の結果であったが、水深とは有意な関係がみられなかったことから、泥質の有機物の多い海域に多く分布するものの、チヨノハナガイほど深所に多い傾向はないものと言える。

イヨスダレガイは底質項目とは有意な関係は認められなかったが、全ての項目と正の関係にあり、チヨノハナガイ、シズクガイとほぼ同様の分布様式を示すものと思われた。

ヒメカノコアサリは底質項目との相関係数は他の二枚貝に比べ極めて低く、また正、負の関係も一定の関係にないことから、底質、水深に関係なく分布するものと思われた。

ヨコエビ亜目は水深と5%水準(全地点)で正

の相関を示し、他の項目とは全て負の相関にあることから、水深が深く砂質になるほど多く分布していると言える。

マクロベントスの分布と底質等環境諸要因との関係については多くの研究があり²³⁻²⁹⁾、東ら²³⁾は志々伎湾において、多毛類は含泥率と極めて高い正の相関がみられるが、水深によって異なった現れ方を示し、二枚貝類の密度と全窒素量との間には水深とは無関係に負の相関があり、特に11~22mで顕著であったとしている。さらに、東ら²⁴⁾は同湾のヨコエビ類の分布と底質堆積型との関係について詳細な検討を行い、堆積型が minor habitat を分析を行う上で1つの有効な指標であるとしている。また、中尾²⁵⁾も函館湾の多毛類の種多様度と粒子多様度が有意な相関を示したことから、底生動物の群集構成に粒子多様度が強く関与するとし、菊池²⁶⁾は有明海干潟域のマクロベントス群集は底質粒度による地域区分と顕著な対応を示したとしている。この他に貧酸素水塊、水温、塩分

等水質との関係も知られているが^{21,27,31,32)}、一般にマクロベントスの分布は底質の堆積型、粒度等によって大きく影響されるものと考えられる。

当海域の場合、前述のように底質あるいは水深との関係が明瞭であった種もみられ、底質の堆積型、粒度等がマクロベントスの分布に大きく関与しているものと思われた。しかしながら、湾中央部に高密度域（特に二枚貝類）が形成されていた理由については不明な点が多い。有明海の恒流は反時計回りで、湾口、湾央、湾奥部に環流域が形成されている³³⁾。その湾奥部の環流域がちょうど高密度域に当たっており、浮遊幼生がこの海域に集積された結果とも考えられる。また、高密度域では海底水道西側斜面により多く分布する傾向にあることが特徴的であったが、このことは、潮汐流（下げ潮）による渦流の発生が関与しているものと思われ、当海域のマクロベントスの分布は底質は勿論であるが、潮流にも影響されるものと考えられる。

4. メガロベントス

1) 主要種の分布状況

Fig.12. に主要 8 種の水平分布を示した。

(1) タイラギ *Atrina* sp.

メガロベントス中最も重要な種で、漁獲量は変動は大きいもののこの数年は700~2,000トン程度で推移している²⁾。西岸沿いで認められなかった地点が多かったが、ほぼ全域的に分布し、平均密度は74.3 ind.・100m⁻²、最高2,828 ind.・100m⁻² (St.105) と1975年以降³⁴⁾では1975、1978年とほぼ同程度の高いレベルであった。しかしながら、住ノ江川沖海底水道沿いの St.105、108では1,000 ind.・100m⁻²以上と極端に高い値を示した一方、認められた46地点のうち、32地点が10 ind.・100m⁻²以下の低い密度で、地点による相違が大きかった。

(2) クマサルボウ *Scapharca globosa*

タイラギととともにヘルメット式潜水器漁業で主に漁獲され、主に鯧ネタ等に用いられている。64地点中37地点で認められ、住ノ江川沖海底水道沿いに高密度域が形成される等タイラギとほぼ同様の分布状況を示した。平均密度は、11.3 ind.・100

m⁻²、最高は163 ind.・100m⁻² (St.58) であったが、St.58は地元漁協（大浦漁協）のクマサルボウ養殖場となっており、これを除くと塩田川沖海底水道西斜面に位置する St.17 の105 ind.・100m⁻²となる。生息水深は5~20mとされ³⁵⁾、また、4~12mの水域に多いとされているが³¹⁾、5 m以浅の St.9,14等でも20 ind.・100m⁻²程度を示す等比較的多く分布していた。

(3) サルボウ *Scapharca subcrenata*

佐賀県有明海における貝類の中で最高の漁獲量を示し、1988年には1万トンを超えた²⁾。64地点中僅か15地点で認められたに過ぎなかったが、St.10で4,132 ind.・100m⁻²と極めて高い値を示したことから、平均密度は88.5 ind.・100m⁻²とメガロベントスのなかで最も大きい値となった。養殖場となっている六角川河口域周辺が未調査域となったため、全般的な分布状況を示すことはできないが、ほとんどが5 m以浅に分布し¹³⁾、5 m線付近ではクマサルボウと混生する。なお、最高密度を示した St.10は5 m線以深であった。

(4) その他の生物

スナヒトデ *Luidia quinaria* は64地点中14地点で認められたに過ぎず、平均密度2.0 ind.・100 m⁻²、最高82 ind.・100m⁻²であった。分布域は峰ノ州、野崎ノ州等の砂質海域が中心であった。

モミジガイ *Astropecten scoparius* はスナヒトデと同様に64地点中15地点で認められたに過ぎず、平均密度は3.5 ind.・100m⁻²、最高56 ind.・100m⁻²であった。分布域もスナヒトデとほとんど変わらなかった。

サンショウウニ *Temnopleurus toreumaticas* の分布域の中心は前述2種と同様に峰ノ州、野崎ノ州等の砂質海域であったが、24地点で認められる等分布域は若干広い傾向にあった。平均密度は14.0 ind.・100m⁻²と若干多く、最高値も444 ind.・100m⁻² (St.109) と多かった。

ゴカクキンコ *Pentacta australis* は野崎ノ州東部の St.33で1,172 ind.・100m⁻²と突出した値を示したことから、平均密度は20.2 ind.・100m⁻²と有用貝類を除くと最も大きい値となった。この種は

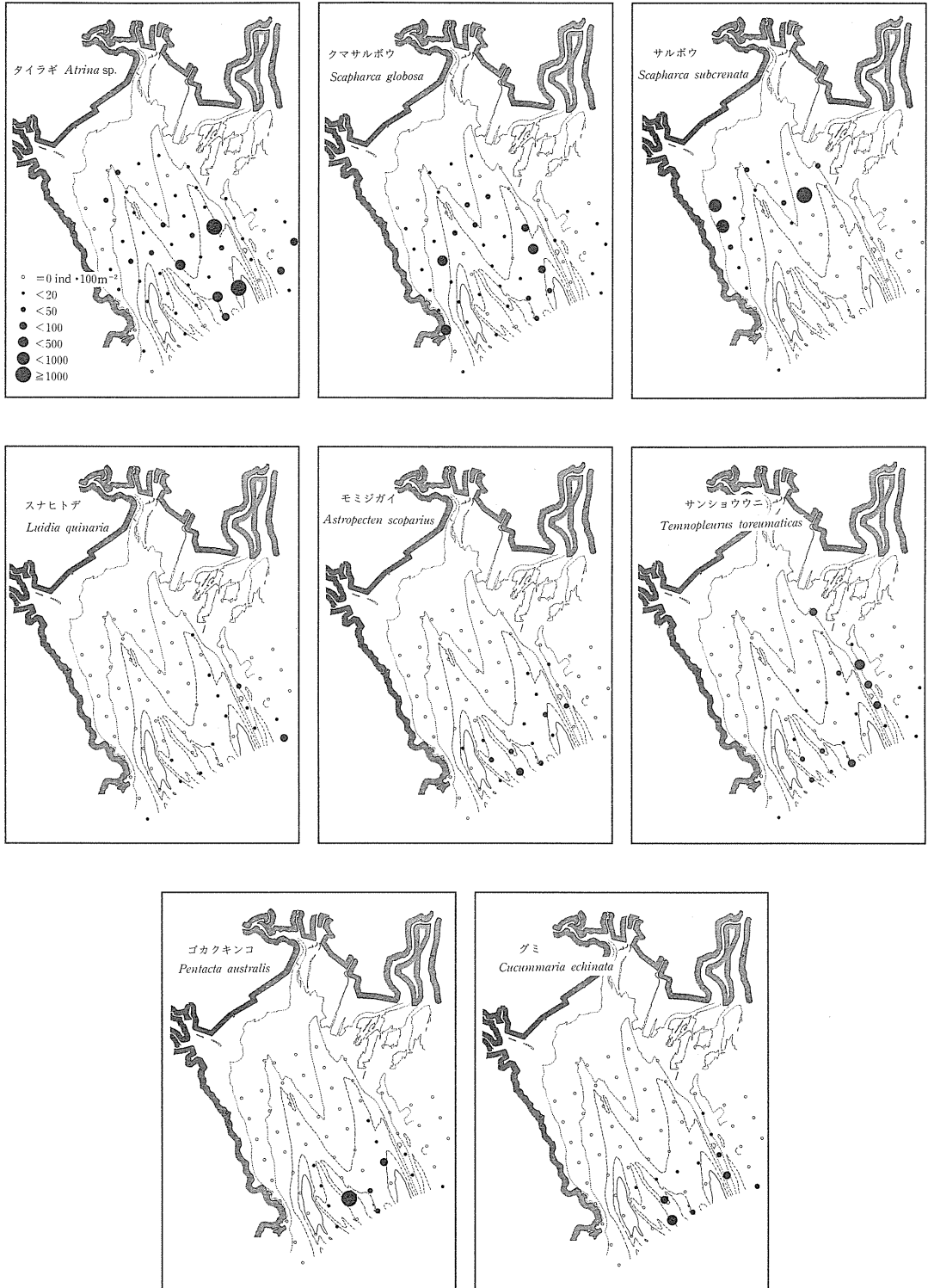


Fig. 12. 主要メガロベストスの水平分布
Distribution of megalobenthos.

単体で海底に生息することは少なく、大きな貝殻の中に密集していることが多いことから、サンプリング誤差がかなり大きいものと思われる。

グミ *Cucummaria echinata* は5年ほど以前に大発生し、ヘルメット式潜水器業者間でタイラギへの悪影響が心配され、駆除が行われた経緯がある。その後、特に問題となっていないが、今回の調査では64地点中12地点でみられた。分布域はゴカクキンコとほぼ同じ海域で、最高密度地点は野崎ノ州東部斜面の St.63 (153 ind.・100m⁻²) であった。なお、平均密度は6.3 ind.・100m⁻²とゴカクキンコに比べると少なかった。

2) メガロベントスと底質環境及び

マクロベントスとの関係

メガロベントス出現個体数と水深を含む各底質項目、マクロベントス出現個体数の相関を求め、Table 6. に示した。

(1) タイラギ

水深とは正、その他の底質項目では中央粒径値と5%水準で有意となる等負の相関がみられた。このことから、有機物が少なく粒径が大きくなるほど、また深所に高密度に分布する傾向にあることが示唆された。タイラギの分布と底質との関係については山下ら³⁶⁾も今回と同様の結果を示している。タイラギの着底時の付着基質は砂粒、貝殻細片であることが明らかにされているが^{7,14,34,37,38)}、このことは今回の結果からも支持さ

れよう。つまり、タイラギの着底には砂粒、貝殻細片等の粗粒の堆積物が必要であり、結果的にその分布域は有機物が少なく粗粒の堆積物が分布する海域となる。

一方、マクロベントスとの関係については、タイラギ初期稚貝と砂泥質から砂質に主に分布している底生生物44種とは有意な相関関係が認められているが¹⁴⁾、1才貝以上を対象とした今回の調査では有意な関係は認められなかった。タイラギの分布は潮流は勿論であるが³⁸⁾、海底の粒径に大きく左右され、今回の調査でみる限り他の生物とはほとんど関係ないものと思われた。

(2) クマサルボウ

底質環境との相関は全て有意とはならなかったものの、タイラギと同様の傾向にあった。つまり、タイラギほどではないものの、有機物が少なく粒径が大きくなるほど、また深所に高密度に分布する傾向にあった。また、マクロベントスとの関係については、唯一ヒメカノコアサリと正の有意な相関が認められた。ヒメカノコアサリは高密度に分布するが、そのほとんどが死骸であることも良くみられる現象である。このことから推察すると、その貝殻がクマサルボウ浮遊幼生の絶好の付着基質となっているのかもしれない。

(3) サルボウ

北部の主生息域を調査していないので一概には論じられないが、底質環境との有意な相関はみら

Table 6. メガロベントス個体数と底質環境及びマクロベントスとの相関
Correlation between megalobenthos and mud items, macrobenthos.

| | | T.S. | I.L. | Mdφ | Mud con. | Depth | 多毛綱 Polyc. | ホトトギス M. spp. | イヨスグレ P. und. | ヒメカノコアサリ V. mic. | チノノハナガイ R. ros. | シズクガイ T. lub. | ヨコエビ類目 Gamm. |
|---------|------------------------|----------|----------|----------|----------|--------|---------------|------------------|------------------|---------------------|--------------------|------------------|-----------------|
| タイラギ | <i>Atrina</i> sp. | -0.163 | -0.215 | -0.256* | -0.226 | 0.163 | 0.056 | -0.035 | -0.036 | -0.049 | 0.064 | -0.064 | -0.015 |
| クマサルボウ | <i>S. globosa</i> | -0.156 | -0.061 | -0.088 | -0.105 | 0.073 | 0.063 | -0.078 | -0.031 | 0.298* | 0.060 | -0.056 | -0.046 |
| サルボウ | <i>S. subcrenata</i> | 0.199 | 0.146 | 0.162 | 0.164 | -0.102 | -0.067 | -0.035 | -0.047 | -0.049 | -0.072 | -0.039 | -0.048 |
| スナヒトデ | <i>L. quinaria</i> | -0.186 | -0.247* | -0.284* | -0.285* | 0.028 | 0.084 | -0.043 | -0.062 | -0.057 | -0.081 | -0.078 | 0.110 |
| モミジガイ | <i>A. scoparius</i> | -0.318** | -0.467** | -0.468** | -0.479** | 0.204 | 0.001 | -0.055 | -0.100 | -0.092 | -0.113 | -0.125 | 0.655** |
| サンショウウニ | <i>T. loreumaticas</i> | -0.229 | -0.358** | -0.351** | -0.360** | -0.036 | 0.145 | 0.490** | -0.074 | -0.042 | -0.105 | -0.092 | 0.042 |
| ゴカクキンコ | <i>P. australis</i> | -0.117 | -0.189 | -0.220 | -0.178 | 0.195 | -0.010 | 0.005 | -0.039 | -0.039 | -0.017 | -0.055 | -0.021 |
| グミ | <i>C. echinata</i> | -0.258* | -0.349** | -0.321** | -0.355** | 0.074 | -0.052 | -0.043 | -0.079 | -0.068 | -0.104 | -0.102 | 0.760** |

** : 1% significant level. * : 5% significant level.

Polyc. : Polychaeta, M. spp. : *Musculus* spp. P. und. : *P. undulata*, V. mic. : *V. micra*, R. ros. : *R. rostralis*, T. lub. : *T. lubrica*, Gamm. : Gammaridea.

れなかったが、全ての項目でクマサルボウとは逆の関係にあった。つまり、浅所で、有機物が多く、泥分が多くなるほど高密度に分布する。これは実際の主生息域の環境と良く一致する。なお、マクロベントスとは全て負の関係にあったが、対象としたマクロベントスは湾中央部に主に生息する種であり当然の結果と言える。

(4) その他の生物

全ての種で水深を除く底質項目との相関は負となった。砂泥質から砂質の海域に分布する種であり当然の結果であるが、中でもモミジガイは相関係数が最も高く、有機物が少ない砂質の海域に最も高密度に生息する種と言えよう。次いで、サンショウウニ、グミが続く。一方、これらのうちで比較的砂質海域に分布が傾かない、言い換えれば泥分が多い海域にも分布する種は相関係数が低かったゴカクキンコと言えよう。

マクロベントスとの関係については、相関係数が低くほとんど無関係のようにみえるが、多毛類、ヨコエビ亜目を除いた小型貝類とはほとんど負の相関にあることから、小型貝類が大量に生息する海域では密度が低くなるものと思われた。なお、ホトトギスとサンショウウニ、ヨコエビ亜目とモミジガイ、グミとの間には極めて強い正の相関がみられ、分布域が極めて酷似していることが明らかとなった。

5. 干潟域を除くベントス現存量の推定

佐賀県有明海における総漁獲量は1970年以降ほぼ5千トンから20千トンの間で変動しているが、貝類やコノシロ等の Plankton feeder³⁹⁾がそのほとんどを占め、それらの豊凶によって大きく左右される現状である。しかしながら、甲殻類はガザミの好漁（最近は漸減傾向であるが）等により500トン以上を維持している²⁾。ガザミ、クルマエビ等主要な魚介類の多くは Benthos feeder であり³⁹⁾、ベントスの現存量を把握することは、当海域の生産力、収容力の推定にとって極めて重要である。そこで、前述の底質により区分した2海域（干潟域を除く）毎に、マクロベントス、メガロベントスの現存量について概算を行った。

1) マクロベントス

地点毎の1 m²当りの湿重量を求め、これに面積を乗じたものを現存量とし、Table 7. に示した。なお、干潟域に位置している2地点を除外し、面積は調査地点が2 kmメッシュに配置されていることから、1地点4 km²とし、それに地点数を乗じ求めた。また、サルボウの養殖場となっている北部海域ではサルボウの稚貝、成貝が大量に混在した地点がみられたが、重量1 g以上のサルボウについては概算から除外した。

泥質のA海域（48地点）では、地点毎の1 m²当りの湿重量は0.3 ~626.1 g・m⁻²の範囲にあり、平均101.1 g・m⁻²となり、現存量は19,411トンとなった。一方、砂質のB海域（30地点）では8.0~449.2 g・m⁻²、平均119.2 g・m⁻²、14,304トンとなり、両海域合計の現存量は33,715トンとなった。

調査面積（1点におけるサンプル数）と現存量との関係については議論があるところではあるが、山本ら⁴⁰⁾はS-M採泥器の場合には3回のサンプリングで、1/25m²の採集面積をもつエクマン・バージ型採泥器では0.25m²の採集で現存種数の80%程度が採集でき、個体数、現存生物量ではさらにこれより少ないサンプリングで80%に達するとしている。また、篩の目の大きさについては、現存生物量だけを問題にするなら1.4mmの篩でほぼ目的を達するとしており、今回の調査方法でも80%に近い現存生物量を得たものと思われる。

Table 7. 有明海北西海域のマクロベントス現存量
Standing crop of macrobenthos in the north western part of Ariake Sea.

| Sea area* | Area (km ²) | Standing crop (Wet weight, ton) |
|-----------|-------------------------|---------------------------------|
| A | 192 | 19,411.2 (101.1g) |
| B | 120 | 14,304.0 (119.2g) |
| Total | 312 | 33,715.2 (108.1g) |

*: See Fig. 6. () indicate wet weight per m².
The values were estimated except for tidal flats.

2) メガロベントス

マクロベントスと同様にして求めた現存量を Table 8 . に示した。A 海域では4,747トンとなったが、このうちクマサルボウがほぼ50%、タイラギ、サルボウを含めた有用貝類3種で全体の99%以上を占めた。砂質のB海域では11,408トンとなり、単位面積当りの湿重量はA海域の約3倍であった。このうち、タイラギは全体の80%以上、有用3種ではほぼ90%を占めた。

両海域の合計は16,155トンとなり、マクロベントス現存量の約50%に過ぎなかったが、有用3種でメガロベントス全体の93%を占め、そのうちタイラギが最も多く10,528トン、全体の約2/3であった。同年のタイラギ生息状況調査の結果では942トンと今回の推定量の約1/10に過ぎなかったが、同調査では調査面積が限られ、また、ある程度の操業が可能な生息密度の漁場に限っていること、さらに、当才貝を含めていないためかなり小さな値となったものと思われる。また、クマサルボウはタイラギに次ぐ約2,800トンとなったが、単位面積当りの現存量は、1975年の3倍増であった1976年(約1トン/km²)¹³⁾のさらに10倍以上の値で、この十数年の激増ぶりがうかがわれる。

以上、マクロベントス、メガロベントスを合計した底生生物の現存量は約50,000トン、1m²当りの平均湿重量はほぼ160g・m⁻²となった。ただ、北部海域の1g以上のサルボウを除外した値で

あり、これを含めると約80,000トンとなる。

城⁴¹⁾は大阪湾全体を5海域に分け湾全体のベントス現存量を概算しているが、それによると、当海域の4倍程度の面積をもつ大阪湾の現存量は冬期で約15,000トン、夏期では約23,000トンと当海域に比べかなり少ない。ただ、全体の65%を占める大型個体(1個体の湿重量が0.5g以上)を含めると43,000~64,000トン程度となり、当海域とほぼ変わらない。また、井上⁴²⁾は笠岡湾の底棲生物の総重量を3,600トンと推定しているが、1m²当りの湿重量は87.6g・m⁻²となる。調査年代、方法等異なる点が多く直接的な比較は出来ないが、当海域の単位面積当りの現存量は大阪湾の約4倍、笠岡湾の約2倍にもなる。

今回は干潟域を除いたが、1978年の調査結果⁸⁾では、干潟部における平均湿重量は2,363g・m⁻²と極めて大きく、干潟部全体の現存量は約220,000トンと膨大な値となる。さらに、筑後川主デルタに主に分布しているカキ礁^{8,9)}をも含めると有明海北西海域全体のベントス現存量は300,000トンを上回ることも考えられる。

以上、有明海北西海域の海底地形、底質、底生生物について述べたが、底質の化学成分、底生生物については季節変動がかなり大きい^{5,9,41-43)}。このことから、季節変化の把握は勿論、こうした総合的な調査を10年単位で実施し、当海域の長期的

Table 8. 有明海北西海域のメガロベントス現存量
Standing crop of megalobenthos in the north western part of Ariake Sea.

| Sea area* | Area (km ²) | Standing crop (Wet weight, ton) | | | | Total |
|-----------|-------------------------|---------------------------------|-----------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------------|
| | | タイラギ <i>Atrina</i> sp. | クマサルボウ <i>S. globosa</i> | サルボウ <i>S. subcrenata</i> | その他 Others | |
| A | 148 | 917.7 (629.1g) | 2,249.2 (1,519.7g) | 1,506.2 (1,017.7g) | 7.7 (50.2g) | 4,747.4 (3,207.7g) |
| B | 108 | 9,611.1 (8,899.2g) | 617.5 (571.8g) | 1.1 (10.3g) | 1,168.5 (1,081.9g) | 11,408.3 (10,563.2g) |
| Total | 256 | 10,528.8 (4,112.8g) | 2,866.7 (1,119.8g) | 1,507.3 (588.8g) | 1,176.2 (459.5g) | 16,155.7 (6,310.8g) |

*: See Fig. 6. () indicate wet weight per 100m².
The values were estimated except for tidal flats and shallow area.

な変動についても把握していく必要がある。なお、底生生物についての考察は不十分で、種多様

度等を用いた詳細な解析は次の機会に譲りたい。

要 約

1. 1989年8月から9月にかけて、有明海北西海域の現状把握のため、底質、底生生物について調査を実施した。

2. 海底地形は、湾奥部沿岸域に広がる広大な干潟、南北に細長く伸びた2つの海底砂州、その両側の3つの海底水道によって特徴付けられたが、1978年と比較すると、滞の流路変化や埋没、干潟の形状変化等が認められ、さらに楕円形の浅瀬、窪みの存在が新たに認められた。

3. 水深5m間隔で海域を区切り面積を求めた結果、0~5mの海域が全体の26.5%を占め最も広く、15m以浅の海域は全体の90%以上を占めた。

4. 峰ノ州、野崎ノ州周辺海域とその他の海域では堆積物、化学成分が大きく異なった。すなわち、前者では中央粒径値 $Md\phi$ 4以下の砂質堆積物が分布し、有機物量も少なく、後者では $Md\phi$ 7前後の泥質堆積物が分布し、有機物量が多い。また、その境界部の変化は急激であった。

5. 各底質項目間には1%水準で有意な直線的関係がみられたが、特に、泥分、中央粒径値、I.Lの3者間については相関が高く、I.Lは泥分によって左右されるものと推測された。

6. 206種のマクロベントスが得られ、地点毎の個体数は30~24,804 ind·m⁻²の範囲で、平均密度は3,123 ind·m⁻²、平均種類数は29.1であった。湾中央部に5,000 ind·m⁻²以上の高密度域が形成され、

一方、湾北部と西岸沿いの一帯は1,000 ind·m⁻²以下の低密度域となっていた。高密度域ではチヨノハナガイが優占し、次いでイヨスグレ、シズクガイが多かった。

7. マクロベントスの高密度域一帯の底質、水深は様々であることから、高密度域は底質、水深とは無関係に形成されたようにみえた。しかし、種毎に底質項目との相関を求めた結果、種により関係する項目は異なるものの、ダルマゴカイは泥分が増え有機物量が増えるほど多く分布する等、その分布は底質項目と何らかの関係があることが認められた。

8. メガロベントスのなかでは、サルボウが平均88.5 ind·100m⁻²と最も多く、次いでタイラギ(74.3)、ゴカクキンコ(20.2)、サンショウウニ(14.0)、クマサルボウ(11.3)の順であった。

9. ベントスの現存量を概算したところ、干潟域を除く海域ではマクロベントスが約34,000トン、メガロベントスが約16,000トン、合計約50,000トン、北部沿岸域のサルボウを加えると約80,000トンとなった。なお、メガロベントス16,000トンのうち、タイラギ、クマサルボウ、サルボウの有用3種で全体の93%を占めた。また、干潟域を含めた海域全体では300,000トンを上回るものと推測された。

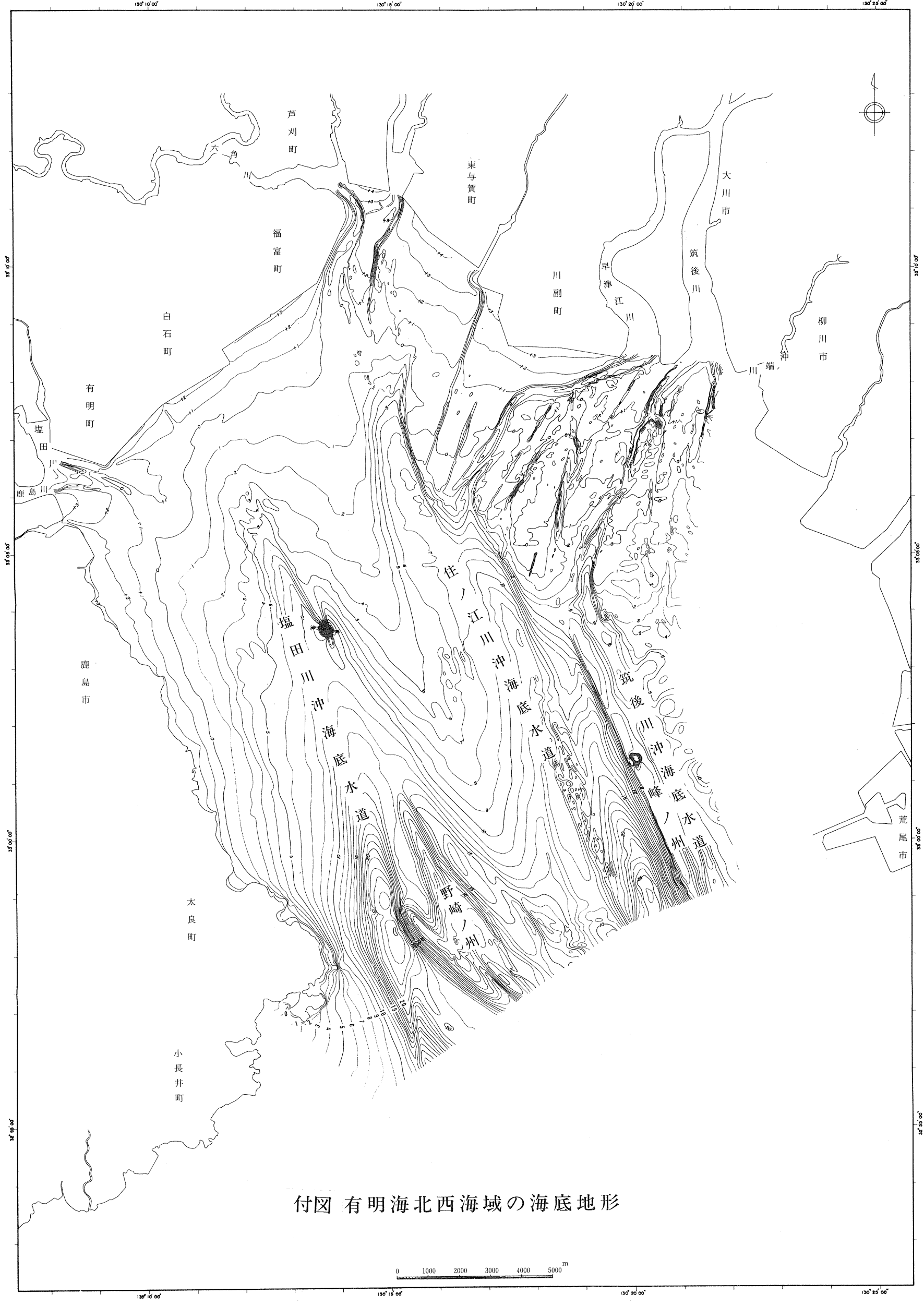
文 献

- 1) 鎌田泰彦 1980: 有明海の沿岸地質・海底地形と底質。月刊海洋科学, 12(2), 88-96.
- 2) 九州農政局佐賀統計情報事務所 1990: 第37次佐賀農林水産統計年報(水産編)。
- 3) 鎌田泰彦 1967: 有明海の海底堆積物。長崎大学教育学部自然科学研究報告, (8), 71-82.

- 4) 鎌田泰彦 1979: 有明海の地形・地質。沿岸海洋研究ノート, 17(1), 72-85.
- 5) 古賀秀昭・小澄千尋・杉原雄二・山下康夫 1986: 有明海湾奥部における底泥の化学成分について。佐有水試報, (10), 115-122.
- 6) 近藤正人・代田昭彦 1980: 有明海の化学的特性。

- 沿岸海洋研究ノート, 18(1), 53-64.
- 7) 佐賀県有明水産試験場 1983: タイラギ漁場の形成条件・特に附着基質に関する研究. 昭和57年度指定調査研究総合助成事業報告書.
 - 8) 佐賀県有明水産試験場 1981: 佐賀県有明海の藻場・干潟分布調査.
 - 9) 古賀秀昭・杠 学 1989: ウォータージェット工法によるカキ礁除去後の底質, 底生生物の変化について. 佐有水試研報, (11), 79-90.
 - 10) 吉本宗央・首藤俊雄 1989: アゲマキの生態-IV. 客土による養殖アゲマキの成長・生残と漁場底質の改善. 佐有水試研報, (11), 39-56.
 - 11) 吉本宗央・首藤俊雄 1990: アゲマキの生態-VI. 天然漁場における底質とアゲマキの成長・生残. 佐有水試研報, (12), 35-51.
 - 12) 杠 学・古賀秀昭・吉本宗央・馬場浴文 1990: ムツゴロウの生態-IV. 若魚の生態. 佐有水試研報, (12), 21-27.
 - 13) 佐賀県有明水産試験場 1977: 大規模増殖場開発事業調査報告書. 昭和50, 51年度総合版.
 - 14) 佐賀県有明水産試験場 1982: タイラギ漁場の形成条件・特に附着基質に関する研究. 昭和56年度指定調査研究総合助成事業報告書.
 - 15) 佐賀県水産局 1989: 平成元年度有明海海域総合振興対策基礎調査報告書.
 - 16) 鎌田泰彦・堀口承明・井上昌幸・渡辺博光 1973: 長崎県千々石湾の底質. 特に泥質堆積物の分布について. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, (24), 61-79.
 - 17) 鎌田泰彦・西岡幸一・木寺久美子 1978: 長崎県諫早湾の干潟堆積物の強熱減量. 海底堆積物の強熱減量-その1. 長崎大学教育学部自然科学研究報告, (29), 81-90.
 - 18) 代田昭彦 1980: 有明海の栄養塩類とニゴリの特性. 月刊海洋科学, 12(2), 127-137.
 - 19) 田中 豊・垂水共之・脇本和昌 1985: パソコン統計解析ハンドブック. II 多変量解析編. 共立出版, 東京.
 - 20) 菊池泰二 1976: 環境指標としての底生生物(1). 群集組成を中心に. 環境と生物指標II-水界編一. (日本生態学会環境問題専門委員会編), 255-264. 共立出版, 東京.
 - 21) 濱野龍夫・神谷 崇・下山正一・松浦修平 1986: 博多湾における底生貝類群集の動態. 特に夏季成層期を中心として. 日本ベントス研究会誌, (29), 1-8.
 - 22) 北森良之介 1976: 環境指標としての底生生物(2). 指標生物を中心に. 環境と生物指標II-水界編一. (日本生態学会環境問題専門委員会編), 265-273. 共立出版, 東京.
 - 23) 東 幹夫・陣野聡子 1980: 平戸島志々伎湾の底生動物群集-I. マクロベントスと堆積型による生息場所分析の試み. 西海区水研研報, (54), 195-208.
 - 24) 東 幹夫・把野義博・把野裕子 1985: 平戸島志々伎湾の底生動物群集-II. ヨコエビ類と堆積型による生息場所分析. 日本ベントス研究会誌, (28), 1-11.
 - 25) 中尾 繁 1983: 多毛類の種多様度と底質環境. 日本ベントス研究会誌, (24), 54-59.
 - 26) 北森良之介 1963: 瀬戸内海とその近接水域の沿岸における底生動物群集の漁場学的研究. 内海区水研研報, (21), 1-90.
 - 27) 平野義明・藤岡義三・北島芳朗・小松茂美・川本中・稲葉明彦 1985: 太田川河口域の底生生物. 日本ベントス研究会誌, (28), 12-19.
 - 28) 松政正俊・栗原 康 1988: 宮城県浦生湾における底生小型甲殻類の分布と環境要因. 日本ベントス研究会誌, (33/34), 33-41.
 - 29) 玉井恭一・森本晴之 1990: 底質とベントスからみた浦ノ内湾の有機汚染. 日本ベントス研究会誌, (38), 27-34.
 - 30) 菊池泰二 1990: 有明海干潟域のマクロベントス群集(予報). 第2回大会講演要旨. 日本ベントス研究会誌, (38), 48.
 - 31) 今林博道・岩谷照義 1990: シズクガイの着底時における生残率の推定. 日本ベントス研究会誌, (38), 19-25.
 - 32) 香川 哲 1986: 燧灘東部海域における成層期の底生生物の変動様式. 日本ベントス研究会誌, (29), 9-15.
 - 33) 井上尚文 1980: 有明海の物理環境. 沿岸海洋研究ノート, 17(2), 151-165.
 - 34) 古賀秀昭・山下康夫 1986: 有明海産タイラギに関する研究-IV. タイラギの天然採苗に関する試み(1). 佐有水試報, (10), 1-8.
 - 35) 波部忠重 1977: 日本産軟体動物分類学. 二枚貝綱/掘足綱, 図鑑の北隆館, 東京.
 - 36) 山下康夫・小野原隆幸 1980: 有明海産タイラギに関する研究-III. 地理的分布, 形態, 性比, 多毛類による被害について. 佐有水試報, (7), 95-109.
 - 37) 佐賀県有明水産試験場 1984: タイラギ漁場の形

- 成条件・特に付着基質に関する研究（昭和56～58年度総括）、昭和58年度指定調査研究総合助成事業報告書。
- 38) 古賀秀昭・中武敬一 1991：有明海産タイラギに関する研究－V、タイラギの天然採苗に関する試み(2)、本誌、11-19。
- 39) 多々良 薫 1981：基礎生産と漁獲量との関係、漁業による基礎生産の利用、南西水研研報、(13)、111-133。
- 40) 山本護太郎・伊藤猛夫 1977：動物の生産とエネルギー転流、水界動物生態学II、共立出版、東京。
- 41) 城 久 1986：大阪湾における富栄養化の構造と富栄養化が漁業生産に及ぼす影響について、大阪水試研報、(7)、1-174。
- 42) 井上 明 1963：笠岡湾の生産力に関する研究、内海区水研研報、(20)、1-153。
- 43) 佐賀県有明水産試験場 1986：パイロボットの運用技術、農林水産省大型別枠研究マリーンランディング計画昭和60年度委託事業報告書。



付図 有明海北西海域の海底地形

0 1000 2000 3000 4000 5000^m