

天草富岡半島付近の底質

満塩, 博美
九州大学理学部

<https://doi.org/10.15017/4738359>

出版情報：九州大学理学部研究報告. 地質学之部. 6 (3), pp.167-187, 1964-03-31. 九州大学理学部
バージョン：
権利関係：

天草富岡半島付近の底質

満 塩 博 美

(1963年9月2日受理)

Bottom Sediments near the Tomioka Peninsula
Amakusa, Kumamoto, Kyushu, Japan

By

Hiromi MITSUSHIO

(Abstract)

The purpose of this study is to clarify the sedimentary environments and the nature of recent sediments. This study is now in progress, and the results are preliminarily outlined on this occasion.

The sea around the Tomioka peninsula may be divided into 4 sea-areas on the basis of physiography and submarine topography.

1. "A" sea-area is the Tomoe cove called Tomoe-ura defined by the recurved spit.
2. "B" sea-area is the Tomioka bight which is characterized by shoaling beach and submarine drain related to the paleo-Shiki river.
3. "C" sea-area is the northern part of the Tomioka peninsula and bight. The eastern part of it is characterized by a relief and a small hollow. The western part of it is characterized by a monotonous slope.
4. "D" sea-area is the southwestern part of the peninsula, characterized by more gentle slope.

In 1960, 38 bottom sediment specimens were dredged and collected. Their stations are shown in Figure 2.

3 specimens of them are gravels, and treated with measuring of statistic method. 1 specimen of them is muddy sediment, and is treated with pipette method. The rest 34 specimens are sandy sediments, and are treated with sieving method.

Based on the results of mechanical grain analysis, 4 types are distinguished in the bottom sediments of this surveyed area.

These types are described briefly below:

Type I is represented by muddy sediment. This type distributes in "A" sea-area or Tomoe cove. It is well-sorted.

Type II is represented by medium sand. This type distributes mainly in the western part ("D" sea-area) and partly northeastern part ("B" sea-area) of Tomioka bight. It is well-sorted.

Type III is represented by coarse sand and shell sand. This type distributes mainly in the northern part ("C" sea-area) of Tomioka. This is coarser and worse in sorting than the sand of type II.

Type IV is represented by small pebble or granule. This type distributes mainly in the northern part ("C" sea-area) of Tomioka. This type is also found in a small area of the "D"

sea-area. This is the coarsest sediment in the surveyed area.

The larger pebbles than in type IV are dredged from Stations 17, 54 and 59. Many benthonic animals are found on these pebbles.

Rocky basement occurs in the western part of Tomioka (mainly "C" sea-area), but could not be dredged.

These sediments are not concerned with the depth. But they have a close relation with the sea-area or their depositional environments.

Benthonic animals, for instance brachyurans, sea weeds and shellfishes, have close relations with the sea-areas defined herein and the types of bottom sediments.

I. は じ め に

浅海堆積物や底棲生物群集などの研究は、内湾や外洋の大陸棚上の例は多くある。しかし、いわば両者の中間的なところの研究例は少ない。そこでこういうところの底質や底棲生物の研究は古地理学・古生態学・層序学の参考となるであろう。こういう目的から、有明海のような広大な内湾と、外海との中間に位置する千々石湾が研究対象として選ばれた。この湾は島原半島・野母半島・天草下島に囲まれており、南西方に大きく開いている。1962年までにこの湾底から約80個の底質試料が採集されており、現在処理の段階にあるが、この報告の背形としてこれまでに判明していることを簡単にここで述べる。

千々石湾北東部では、30~40mの広大な平坦面が湾の約二分の一をしめて発達しており、この上には泥質堆積物が分布している。島原半島と天草下島との早崎海峡では、潮流が強く、一部では岩盤が露出し、一部では礫質堆積物が分布している。また、きわめて顕著な海底谷もほぼ東西方向に発達している。早崎西方・下島北部では砂礫質堆積物が分布しており、貝殻破片も多量に混在している。礫と共にウミシダ・シロガヤ・シライトゴカイ・オキノテヅルモヅルなどが採集されている。富岡西方の千々石湾開口部では、60~90mのきわめて緩傾斜(約1:500)の平坦面があり、この上には砂泥質堆積物が分布している。

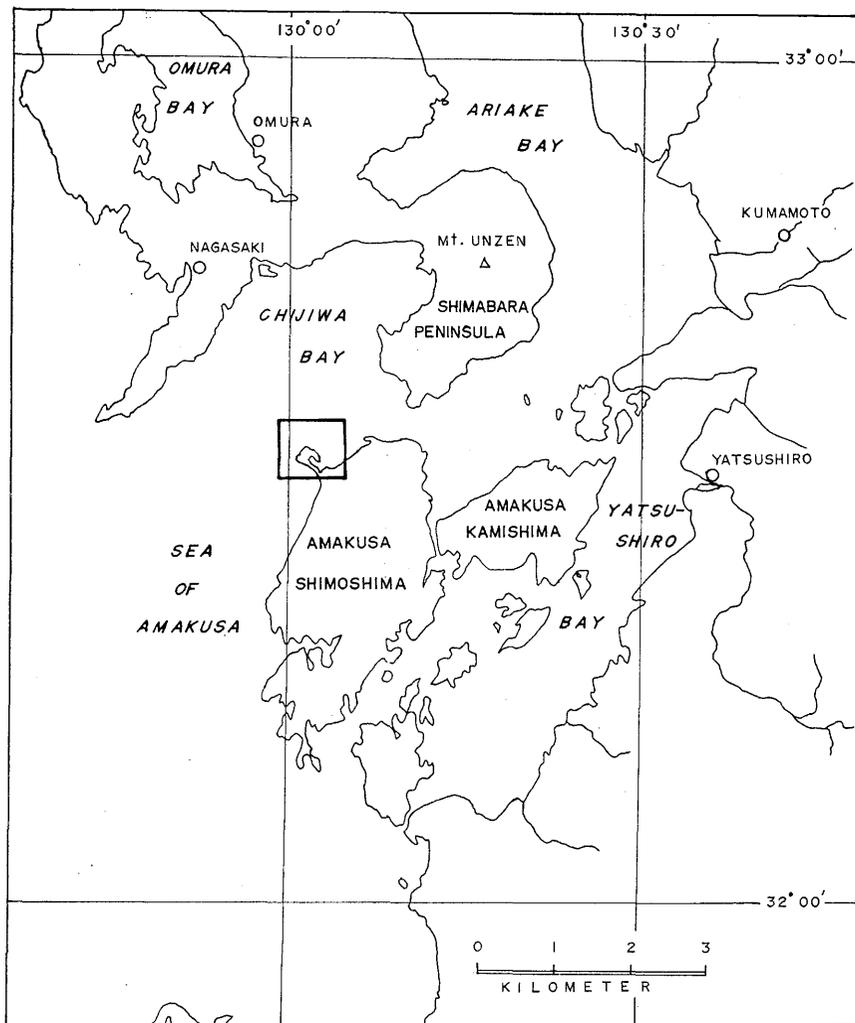
今回の研究報告では、千々石湾南西方の開口部付近に位置する富岡半島周辺の調査を行なった結果のうち底質の粒度組成についてのみ述べる。以前(満塩・首藤, 1961)には、底質の粒度組成(堆積型)を5型にわけていたが、その後、長崎大学鎌田泰彦助教授の御意見をいただき、これらの結果について検討を加えなおした。

調査範囲は、60m以浅で狭いけれども、海底地形・陸上地形・海況などに変化が多いために、海底堆積物は変化に富み、泥質から礫質まで各種の粒度の堆積物が分布している。そこで、海域をそれぞれの特徴によって分類し、これらと堆積物との関係について検討した。

この報告をなすにあたり、終始御指導・御鞭達を賜わっている松本達郎教授・首藤次男助教授に厚くお礼を申しあげる。底質の採集、その他に関して便宜をはかっていただいた、九州大学天草臨海実験所の当時助教授であった波部忠重博士をはじめ、所員の方々に謝意を表す。室内作業その他においてきわめて有効な御助言をいただいた勘米良亀齡助教授・小島郁生博士・岡田博有博士・速水格博士に重ねて感謝する。高橋良平助教授には未発表の富岡半島の地質について御教示いただき、長崎大学鎌田泰彦助教授・九州農政局古川博恭技官にはこの報告をまとめるうえでいろいろと有益な資料や御助言をいただき、また、筆者の海洋地質学研究について端緒を与えて下さった東京大学海洋研究所奈須紀幸教授および海上保安庁水路部星野通平博士に衷心より感謝する。

II. 調査海域概要

富岡半島は西部九州天草群島西端の天草下島北西端にある。その北方は千々石湾に面しており、北東方は早崎海峡を経て有明海（島原海湾）に連続する。西方は天草灘を経て東支那海・黄海に連続する（第1図）。



第1図 富岡半島の位置

四辺形で囲まれた所が今回の調査海域。

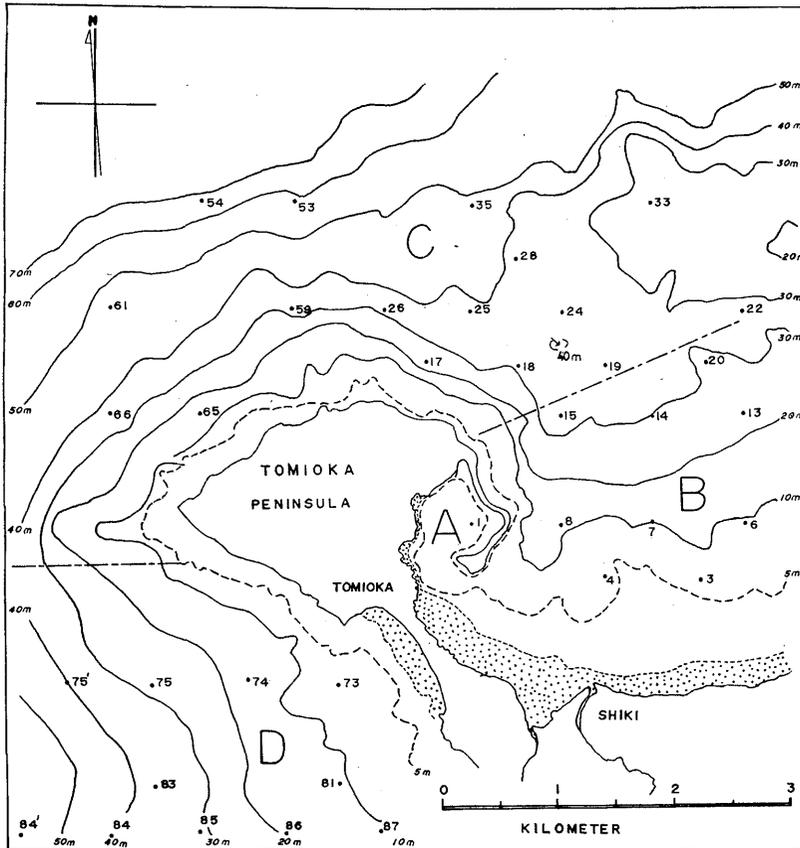
千々石湾の南西方開口部に位置する富岡半島はきわめて特異な形状をなしている。すなわち、半島部は連砂洲でできており、半島というよりむしろ陸繋島である。これによって下島北西端の富岡湾が囲まれている。しかしその形状からみて、bay というより bight というべきであるが、慣例に従って湾としておく。富岡半島北東方には砂嘴が発達して“く”の字状に曲がっており、鉤状砂嘴といわれるものである。これによって富岡湾から隔てられている巴浦^{ともえうら}は cove と呼ばれるべき小内湾である。

地形については；最高峰は富岡山（111 m）にすぎず、その他はいずれも 100m 以下の低い丘があるのみである。これらの丘は富岡半島南西部ではおおむね海岸線に平行しており、しかもそれら

の末端面では海蝕崖が発達している。砂浜は富岡から東方に約 4 km にわたって発達している。干潮時には、かなり広大な干潟が露出し、漣痕やイボキサゴなどの這跡・ゴカイなどの棲管が見られる。志岐川の西方の小川の川口には流痕が見られる(第 2 図)。

地質については；島部では、古第三紀坂瀬川層の黑色頁岩、これに貫入している石英閃緑岩・石英斑岩・玢岩・安山岩など、および洪積世の砂礫層、沖積層よりなっている(高橋良平, 1955, 未公表資料)。前記の岩脈類は白岩崎・四季咲岬などの岬を形成している。富岡北方の鵜瀬崎・尾越迫の岬は、黑色頁岩が石英閃緑岩・石英斑岩の貫入のためホルンフェルス化し硬固になり、侵蝕にとり残されて形成されたものである。陸繋部は砂洲であることは前述した。天草下島北西端の志岐では、坂瀬川層の黑色頁岩・新第三紀の砂質礫岩・洪積世の砂礫よりなっている。新第三紀層には海蝕崖が発達している。

富岡周辺の調査範囲は 60m 以浅の陸棚上のごく狭い範囲にかざられているが、前述のように海底地形はかなり複雑である。しかし、陸上地形をも考慮にいれてみると、海域ごとにかなりよくまとまっているように思われる。そこで、記述の便宜のため海域を以下のように分類してみる(第 2 図)。



第 2 図 海域区分および測点

アルファベットは各海域を示し、そのおおよその境界は一点鎖線で示してある。

数字は各測点番号であり、水深は m 単位。

海岸線付近の点を打ってある所は干潟。

A 海域

これは鉤状砂嘴によって富岡湾から隔されている巴浦^{ともえうら}と呼ばれる。開口部付近は約 6 m であるが、最深部は約 10m で盆状にくぼんでいる。これは cove と呼ばれるものである。このなかに流

入する小川は奥にあるが、ほとんど流量はない。潮差は約4mもあるが、干潮満潮時の海水の動きは静水のように静穏である。また強風時にはかなり波立つが、湾底にはほとんど影響せず、閉塞された小内湾を形成している。ここはかなり嫌気的な環境を示しており、波部(1956, 1960)によれば、強内湾性を示している。

B 海域

これは富岡 bight である。緩傾斜の海底地形を示しているが、その西方では鉤状砂嘴のすぐ東側に水深5mから約35m線付近まで海底谷が追跡できる。この部分はずかつて陸上に露出していたときに、旧志岐川、あるいは、その西方の小川が削っていた川谷であり、これがその後の約40mの相対的な海面上昇のため沈水して現在のようになったものと思われる。鎌田(1959)も千々石湾北西端の網場湾において40mの海面上昇を認めている。

富岡 bight は星野(1958)の指摘する「後背地に広大な平野を持たない小さな湾」に属するであろう。

C 海域

富岡半島および bight の北方・千々石湾南方の湾口部付近である。海底地形は複雑である。北東方に約20mの瀬があり、その南西方には40mの海釜がある。北西方に開いた谷が30mから45m付近まで追跡できる。この西方では等深線は海岸線にほぼ平行しており、傾斜は約1:30でこの付近でもっとも急傾斜である。

D 海域

これは富岡半島西方の外海であり、天草灘に続いている。10m付近まで地形はやや複雑なようであるが、それ以深は単調で、約1:50の緩傾斜で深くなっていく。第2図には表わされていないが、海図203号によれば、千々石湾が湾入を示す最深部は約80mであり、これから60mぐらまでは、きわめてゆるやかな平坦面(傾斜約1:600)が広く発達している。なお、100m以浅を大観すれば、五島列島まで続く広大な平坦面もあり、さらに200m線では、対馬・済州島・朝鮮半島を経て、黄海・東支那海のきわめて広大な中国大陸の大陸棚上に続いている(長崎海洋気象台資料*による)。

以上の各海域を ABCD と略記する。

III. 方 法

1. サンプルング

海底堆積物の資料採集には、海上保安庁水路部測量・発行の海図192号の1部〔富岡港、縮尺1:25,895〕を使用した。すなわち、海図上に東径 $130^{\circ}0'$ から $130^{\circ}4'$ までの間に30秒間隔に9本の縦線をひいた。北緯 $32^{\circ}30'$ から $33'$ までの間に30秒間隔に7本の横線をひいた。これらの各縦横線の各交点を結ぶ斜線をひき、中間の交点を求めた。以上の各交点を底質資料の採集点 Station とした(以下 St. と略記する)。

底質資料の採集には、九州大学天草臨海実験所の大島丸を使用した。この船は7.1トンで25馬力のエンジンを有し、速力は8.1ノットだせる。魚群探知機・ドレッジ捲上機・測深機・集魚灯用発電機などを装備しているが、船位決定のための器械は残念ながらほとんどない。そこで、サンプルングの船位決定にはいわゆる「山見法」によって位置を認定し、魚群探知機によって各 St. の水深を測定し、その時の潮汐を考慮して、海図上の深度とくらべて船位を確定した。

サンプルングには底棲生物の研究の必要上簡易ドレッジャーを用いた。St. 3のみはこれでは採集不可能であったので新野式ドレッジャーを用いた。資料は直径約70cm深さ約20cmの円形の樋におおむね一杯採集できた。このうち約500ccをポチエチレン袋に保存し、粒度分析用・重鉍物用・

* 資料を御提供いただいた長崎海洋気象台加藤威夫技官に厚く感謝する。

有孔虫用などの資料とした。さらに約 500cc を同様に保存し、貝殻の定量的研究用とした。残りは 2 mm 目の木枠の大型篩でふるい、上に残った生物はアルコール瓶に保存し、それぞれの研究用試料とし、貝殻は水洗後乾燥させて遺骸群の研究用試料とした。

かくして、38 地点からの資料が採集され処理された (第 2 図)。これだけの試料でこの付近の底質を代表させるには問題があるかもしれないが、時間その他の制約のためにこの程度の密度のサンプリングで概察を試みることにした。

2. 粒 度 分 析

粒度分析は、自然界に存在する碎屑物の粒径範囲に応じてそれぞれ適応される方法がいろいろある (佐藤・奈須, 1956 など)。筆者は次の方法を用いた。

St. 54・59 の礫質堆積物は各個の礫を魚体測定用の物指し (ふつうの竹製物指しに木枠を取付けたもの) で長辺(a)・中辺(b)・短辺(c)の三辺を計測した (第一表)。礫含有率 (貝殻破片も含

第 1 表 礫 の 計 測 値

St. 54 No.	長 辺 a (cm)	中 辺 b (cm)	短 辺 c (cm)	b/a	c/b	岩 質
1	27.0	10.9	5.5	0.40	0.51	頁 岩
2	14.5	11.6	4.9	0.80	0.43	頁 岩
3	13.7	11.6	4.7	0.85	0.41	安 山 岩
4	11.5	6.8	3.7	0.59	0.54	玢 岩
5	10.0	5.5	4.2	0.55	0.76	頁 岩
St. 59	a	b	c	b/a	c/b	岩 質
1	15.2	7.8	4.4	0.51	0.56	石英閃緑岩
2	13.4	10.4	9.5	0.78	0.91	頁 岩
3	15.5	6.0	3.5	0.39	0.58	石英斑岩
4	10.8	9.6	5.2	0.89	0.54	頁 岩
5	9.6	8.0	4.3	0.83	0.50	頁 岩

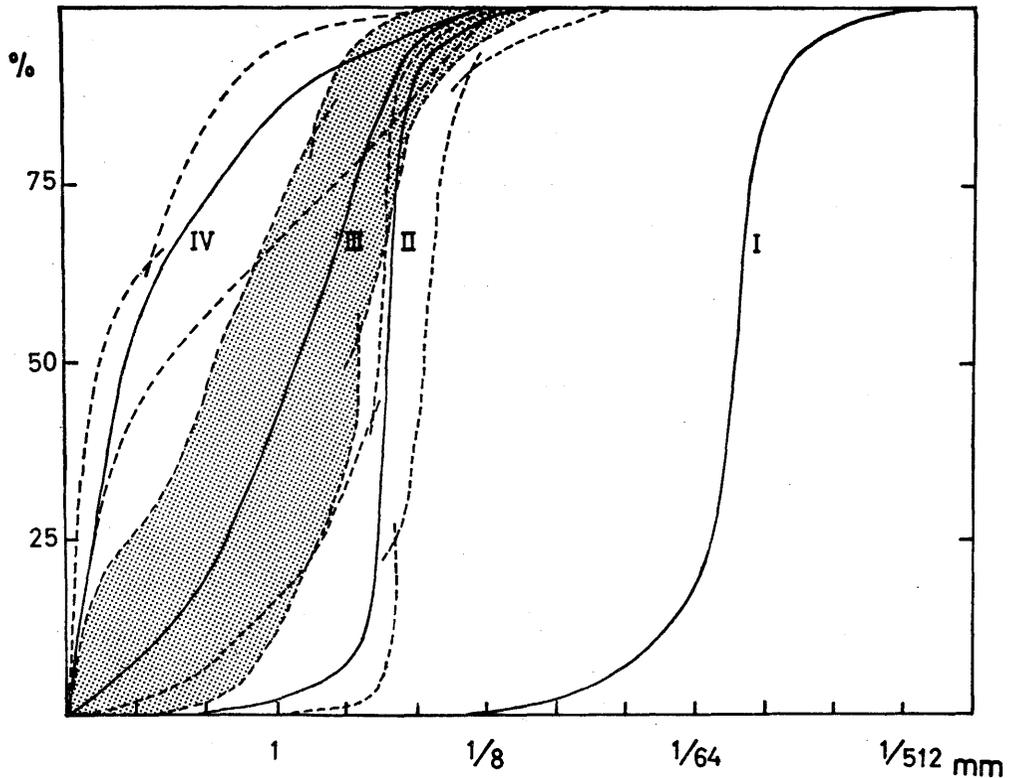
めて) 56%以下の地点 (St. 85・25・18・7) は小礫以下の大きさであったので砂質堆積物と同様に取扱った。砂質堆積物は真水で洗った後に風乾させた試料を splitter でわけて 200g をとり、これを WENTWORTH の粒径段階による標準篩を使用して篩別した。この篩別法には、首藤 (1962) も指摘しているように、問題点が多く、今後の検討を要するであろう。泥質堆積物は真水で水洗後、風乾させて、50g の試料を秤量し、これを 250 メッシュの篩により湿式法で篩別し上に残るものを再び標準篩で篩別した。篩を通過した泥質はピペット法によって粒度分析し、これらを合計して全体の重量%を算出した。

以上の方法で粒度分析した結果から、それぞれの粒度の全体量に対する重量%を計算しこれらの結果から積算曲線をひいた (第 3 図)。これらの曲線から、TRASK の方式に従って、中央粒径値 Md・淘汰係数 So・歪度 Sk・尖度 *K を算出した (第 2 表)。これらの各統計値の組合せおよび積算曲線の型から、富岡周辺の底質は 4 つの堆積型に区分できる。これらを細粒の方から I 型・II 型・III 型・IV 型とした (第 3・5 図)。

* 三位秀夫 (1954) は、K を「粒度のそろっている程度」としている。

第 2 表 底質の粒度組成

測 点 St. No.	水 深 Depth (m)	中央粒径値 Md (mm)	分級係数 So	歪 度 Sk	尖 度 K	含泥量 Mud (%)	堆積型 Type	海 域 Sea-area
1	8.0	0.009	1.23	1.18	0.15	97.3	I	A
3	4.3	0.42	1.45	1.03	0.18	0.6	II	B
4	5.7	0.68	1.73	1.14	0.16	0.2	III	B
6	9.6	0.28	1.25	0.98	0.12	0.3	II	B
7	10.0	7.2	2.14	0.23	0.76	0.1	IV	B
8	12.5	0.48	2.01	1.15	0.21	0.4	III	B
13	23.0	0.37	1.76	1.17	0.11	0.7	III	B
14	30.0	0.39	1.22	0.99	0.12	1.4	II	B
15	32.7	0.80	2.92	0.97	0.17	0.2	III	B
17	22.3	礫				0	C	C
18	30.5	2.8	3.57	0.39	0.41	0.4	IV	C
19	35.0	0.35	1.15	0.98	0.18	0.8	II	C
20	30.0	0.37	1.07	1.03	0.03	0.4	II	B
22	32.0	0.24	1.27	1.19	0.10	1.2	II	C
24	38.0	0.48	1.53	1.48	0.22	0.3	III	C
25	38.5	4.5	1.34	1.08	0.21	0.5	IV	C
26	32.0	0.53	2.48	3.4	0.19	0.4	III	C
28	39.6	0.87	1.93	1.06	0.21	0.1	III	C
29	31.0	0.48	1.56	1.66	0.15	0.1	III	C
33	25.0	0.77	2.32	1.60	0.21	0.1	III	C
35	49.7	1.9	1.61	0.59	0.11	0.3	III	C
53	50.8	1.3	1.80	1.18	0.16	0	III	C
54	65.0	礫				0	IV	C
59	32.3	礫				0	IV	C
61	48.0	0.97	1.44	1.31	0.23	0.2	III	C
65	15.0	0.47	1.50	1.65	0.15	0.1	III	C
66	36.0	1.0	1.94	1.23	0.18	0.1	III	C
73	7.2	0.33	1.07	0.94	0.17	0.5	II	D
74	15.5	0.37	1.15	0.98	0.22	0.3	II	D
75	26.2	0.35	1.12	0.96	0.22	0.2	II	D
75'	40.0	0.35	1.10	0.98	0.21	0.5	II	D
81	11.2	0.38	1.11	0.93	0.22	0.3	II	D
83	38.1	0.87	1.82	0.97	0.22	0.2	III	D
84'	49.0	0.38	1.20	0.88	0.20	2.6	II	D
84	39.8	0.35	1.06	0.94	0.14	0.5	II	D
85	33.0	4.5	1.47	0.86	0.29	0	IV	D
86	20.0	0.37	1.20	0.99	0.20	0.3	II	D
87	11.8	0.32	1.04	1.01	0.16	0.1	II	D



第3図 粒度分析積算曲線

ローマ数字は各堆積型。実線は各型の平均的な実在する堆積物であり、その両側の破線は各型の範囲を実在する堆積物の積算曲線をつなぎ合わせたもの。ただし、I型は1個のみで、その範囲はわからない。

IV. 海底堆積物

1. 底質分布 (第5・6図)

a. 岩盤

海図192号によれば、岩盤はCの富岡西方四季岬沖付近一帯に広く露出している。魚群探知機の反射波記録紙に濃く反応がでたり、複雑な反射波がでることなどから岩盤の分布が推定された。Dの白岩崎南方にも小部分の岩盤の分布がみられる。その他には、点々と分布するにすぎない。

これらの岩盤は、陸上地質および地形から類推して第三紀層の頁岩および石英斑岩と思われる。しかし、新野式ドレッヂャーでも、これらの岩盤を採集することは、潮流が強くしかも地形の複雑さのために、不可能であった。

b. 礫質堆積物

海図によれば、礫はBに広く分布しており、また、Cの西部および富岡半島北岸付近などにも分布している。簡易ドレッヂャーで採集できた礫の地点は、St. 7・17・18・25・54・59・85である。これらの中で、St. 54・59はそれぞれの試料から最大径の礫を5個ずつ選びだして、三辺の長さを実測した結果について考察した。St. 17は試料がほとんど採集できなかった。残りの地点は篩別法で粒度分析して砂質堆積物のところで考察する。

St. 17 の礫は、頁岩・安山岩の小礫である。これらの礫には次のような生物の死骸が付着している。

苔虫類の

Petralia japonica (BUSK), [ニホンコケムシ]

Reteporellina denticulata (BUSK), [ミサキアミガイ]

Iodictyum axillare (ORTMANN), [ベニアミガイ],

無柄蔓脚類 (フジツボ類) の

Balanus trigonus DARWIN, [サンカクフジツボ]

B. tininnabulum rosa PILSBRY, [アカフジツボ]

有孔虫類の

Homotrema rubrum (LAMARCK), [アカスナゴ]

Miniacina miniacea (PALLAS), [モミジスナゴ]

多毛類 (ゴカイ類) の

Spirobranchus giganteus (PALLAS), [イバラカンザシ]

Protula tubularia (MONTAGU), [ナガレカンザシ]

などが付着している。これらの遺骸は礫の全面に密集している。それゆえ、これらの礫は、海底で少なくとも何度か転動しているであろう。これら付着生物のほかに、礫にまじって、棘皮類の

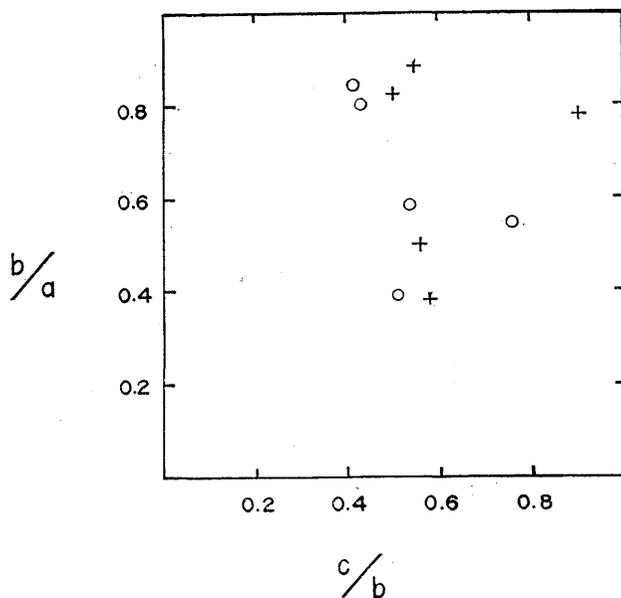
Schizaster lacunosis (LINNAEUS), [ブンブクチャガマ]

の遺骸が採集された。これは、波部 (1952), 内海 (1956) によれば内湾棲種である。この遺骸は棘が全部とれており、中身も全部なくなっているが、薄い外形は保存されてこわれていない。口側面 (下面) には、*Balanus* sp. の 2,3mm の未成殻の群集が付着している。

これらのことから、St. 17 付近の海底では時には礫が動かされる程度の海水の動きがあるが、ウニの殻が破壊されるほどではないであろう。

St. 54・59 からは、少量の礫が採集された。これらの礫のうちから最大径の礫を 5 個ずつ選んで三辺を実測した結果は第一表のようになった (第一表)。これを ZINGG の方式で分類すれば第 4 図のようになる (第 4 図)。どちらも blade 型と disk 型が 2 個ずつで、St. 54 に roller 型が 1 個、St. 59 に spheroid 型が 1 個ある。St. 59 のほうが St. 54 よりも円味をおびた礫がやや多いようであるが、5 個くらいでは判然とした結果は出ないようである。どの礫も半円ないし円礫である。

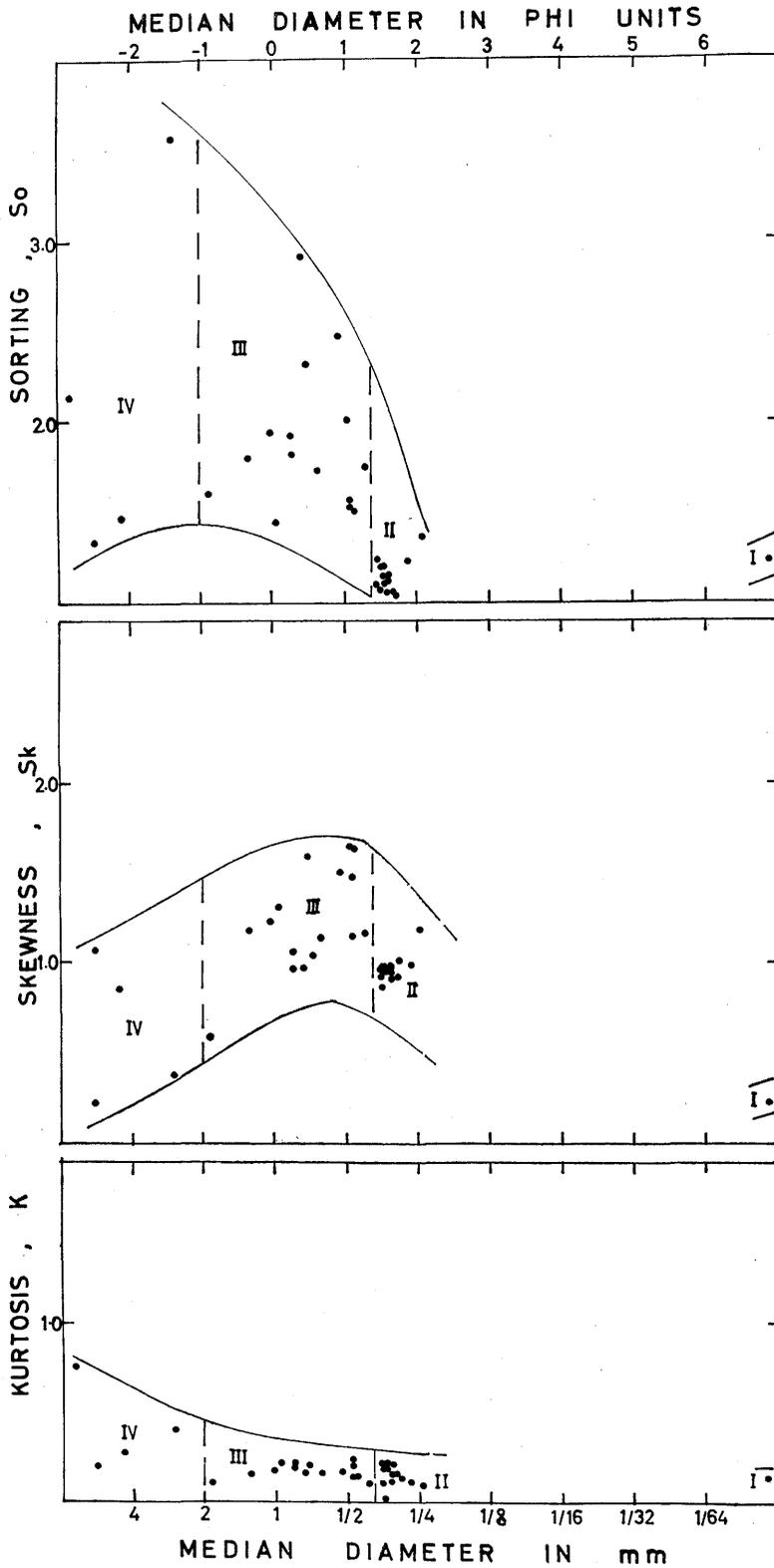
これらの礫には、苔虫類・フジツボ類・多毛類・貝類などの遺骸が付着しているが、これらは磨耗して種類を鑑定にたえない。



第 4 図 礫の計測図

○印は st. 54 の礫

+印は st. 59 の礫



第 5 図 堆 積 型 (右より, I・II・III・IV 型)

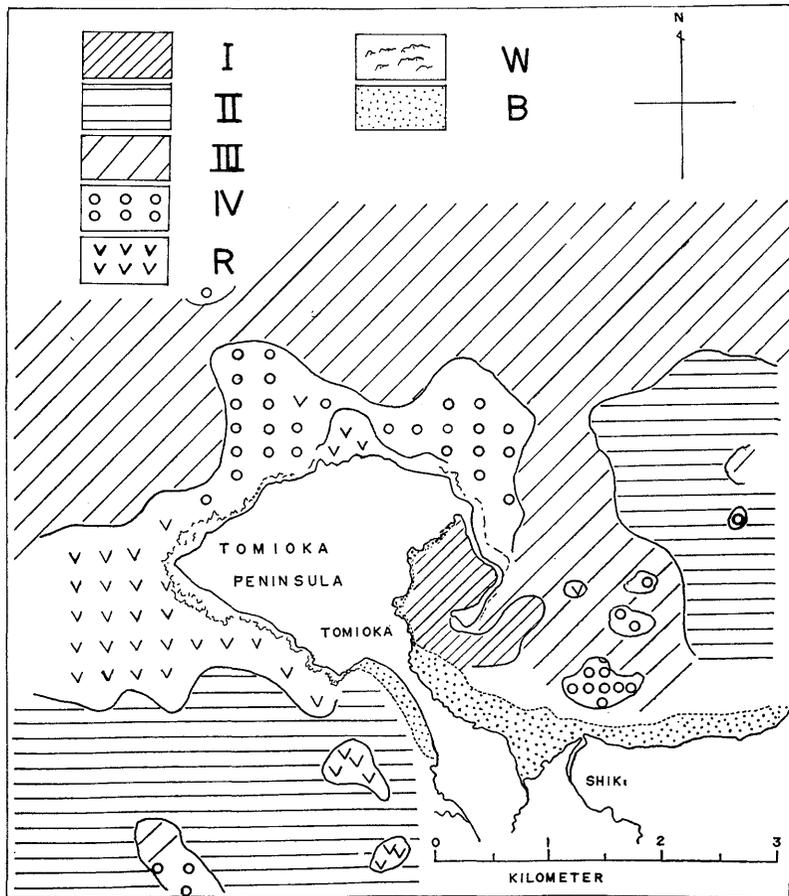
これらの礫は 35m 以浅と 65m 付近 (St. 54) に分布する。前者はおそらく陸岸より落ちこんだものであろう。後者は旧汀線付近の礫かあるいは、旧河床の残留礫かどうかは、一地点のみであるからはっきりしない。早崎海峡 (水路部, 1958) では水深 3m 以浅の第一平坦面 (0~10m) から第二平坦面にかけて分布している。これに相当するものは、おそらく富岡周辺の 35m 以浅の礫であろう。

c. 砂質および泥質堆積物

砂質および泥質堆積物は、III 章で述べたように 4 つの型に分類した。以下それぞれについて述べる。

I 型 (泥質堆積物)

海図によれば、^{ともえ}巴 cove の海域 A の盆状にくぼんだ深部一帯に泥質堆積物が分布する。これはさらに砂嘴の南方の開口部に続き、B 海域の富岡 bight の西端部にも狭く分布している。試料を採集したのは、A の中央部の St. 1 のみであるから、これでもって全体を論ずるのは危険であるが、分析結果についてみれば、含泥量は 97.3% におよぶ。Md は 0.009 で中粒シルトであり、So は 1.23 で、淘汰がよい。採集したときは黒灰色であるが乾燥すると固結し、灰白色になる。泥管や多毛類の棲管がみられる。泥管の種類については H.B. MOORE (1938) の記述があるが、St. 1 のものに相当するものはないと思われる。棲管については、東京湾の湾奥は多毛類の棲管と思われるものが水深 10m 以浅の泥質堆積物中に広く分布している (星野, 1958)。この海域 A にも同種のもの



第 6 図 底質分布図

ローマ数字は各堆積型。B は砂浜または干潟、W は露岩または洗岩。

が多いと思われるが詳細はわからない。

湾口になるにつれて含砂量が増加し、この I 型と次に述べる II 型の中間型になるであろうと思われる砂泥質堆積物があることが、湾口部でエクマン型採泥器によって採集した補助的な試料によって判明した。これは B 海域の II 型あるいは III 型に漸移するものであろう。

I 型の泥質堆積物は、星野 (1952, 1958) の指摘する「湾内の泥」であり、この堆積機構としては、「湾内環流によるもの」と考えられる。また、泥線深度は一般に内湾では浅くなるといわれているが (星野, 1952, 1955, 佐藤, 1961), 巴 cove では 5m 内外にある。網場湾では 10m 付近に泥線が認められる。

I 型の堆積物は、網場湾 (鎌田, 1959, 鎌田ら, 1963) の IIIb 型 fine muds に対応するであろう。INMAN 方式なので奈須 (1956, 1957), 加賀美 (1961) の研究成果とは直接には比較し難いが、後者の酒田沖の底質では "Slope" の泥と似ている (KAGAMI, 1961)。

II 型

II 型の積算曲線は St. 75' で代表される (第 4 図)。これは unimodal な分布を示し、淘汰良好である。II 型は、D のほとんどと全域および B に分布する。D の堆積物は Md 0.38~0.32mm, So 1.20~1.04, B の堆積物は Md 0.39~0.24 mm, So 1.27~1.07 で全体としては Md 0.39~0.23 mm の中粒砂で、So 1.37~1.04 で淘汰良好である。Sk は 0.88~1.01 でわずか 3 地点のほかはすべて Sk < 1 で細粒部に歪んでいる。含泥量は 2.6% 以下で砂質である。D のものと B のものは粒度組成では同じ型に属しているが、構成物はかなり異なっている。すなわち、B の底質は D にくらべて貝殻破片が多く、これらはいずれも小形である。石灰藻やサンゴ藻が多いことも特徴的である。また、B のものでは全般的に優黒質で黒っぽく、しかも特異な臭気がある。なお、St. 20 には、単体サンゴの *Cylindrophyllia minima* YABE and EGUCHI* の遺骸がある。鎌田 (1957) も、同種の単体サンゴは有明海湾口部の島原海湾底質の I 型**にのみ分布していると述べている。

D 海域の底質は、St. 83・85 を除いたほかはすべて II 型であり、貝殻破片は全般的に少なく、B の底質のような特徴はない。

一般に、堆積物のうちで、最も淘汰のよいものは砂質であり、これは堆積環境の相違に関係しないといわれている (NASU, 1956, 1957; 佐藤, 1961; 鎌田ら, 1963)。当調査海域においても上記のことは肯定できるであろう。

統統計値のうえから他の地域の研究例とくらべてみると、この II 型は鎌田 (1959, 1962) の IIb 型に相当するようであるが、彼の定義した IIb 型では含泥量 5% 以下である。しかし、筆者の II 型は含泥量 2.6% 以下で IIb 型より少ない。前述したように、INMAN 方式で取扱われているので直接には比較しがたいが、粒度組成のうえからは、小堰川デルタ (NASU, 1957) では 9m 以浅の堆積物に似ていると思われる。酒田沖 (KAGAMI, 1961) の底質では、"near shore" のものに相当するものと思われる。佐藤 (1961) の Sand-type diagram method によれば III₂ 型に相当するであろう。

III 型 (粗粒砂・貝殻砂)

この III 型の代表は St. 28 である (第 4 図)。これは主として、B・C に分布し、一部 D にも分布する。Md は 1.88~0.37mm で主として粗粒砂である。So は 2.92~1.44 で、他の型にくらべて淘汰はよくない。Sk はほとんど全部 1 より大で、中央値より粗粒部に歪んでいる。いずれの地

* 鑑定していただいた勘米良助教授に感謝する。

** 1962年の西日本支部例会第40回の講演で、鎌田助教授は新分類を提案されている。これによれば、この I 型は新分類では II 型になるであろうと思われる。

点にも貝殻破片が多く、shell sand と呼ばれるものである。特に C の西半部の底質 St. 53・61・66 は貝殻破片がほとんど全体を占めており、フジツボの破片も多い。C の東方の地点になると破屑物がやや増量するが、いずれもせいぜい 10% 以下にすぎない。含泥量はいずれも 0.7% 以下である。

この III 型は、鎌田ら (1963) の例では IIa 型に相当するが、千々石湾北西部ではその分布域はわずかに一地点のみである。網場湾 (鎌田, 1959) では湾外沿岸部に分布し、V 型とされている。この V 型は筆者の III 型と同様にほとんど泥質物を混じておらず、貝殻破片を多量に含み、含貝殻砂質堆積物とされている。

奈須・加賀美は、貝殻は希酸で溶解させてしまっているので、比較することができないようである。なお、筆者は貝殻も堆積物として取扱っているが、これについても問題はあ

IV 型 (小礫)

IV 型の代表は St. 25 である (第 4 図)。この型は C および B に分布し、一部 D にも分布する。Md は 7.2~2.8mm で小礫である。So は 3.57~1.34 で、St. 18 以外のものはかなり淘汰は良好である。St. 18 は当調査地域では最も淘汰が悪い。これは 16 メッシュより粗いところで礫と貝殻破片とで全体の 60% 以上も占めているからであろう。St. 25 では礫や貝殻破片も多いが、サンゴ藻が特に多い。淘汰は悪くない。D ではほとんど全域にわたって前述の II 型が分布しているが、St. 85 に一部分この IV 型が分布している。これは以前の人工魚礁の設置した跡である。ここでは、数個の大礫にまじって、たこつぼの破片などの人工物が採集されたが、大半を占めているのは、小礫・貝殻破片である。このように人工が加わっているところもあるので、自然の堆積環境を知るには、いろいろな条件をじゅうぶんに取捨して考察しなければならないことがわかった。

この IV 型は含泥量は 0.5% 以下であり、あるいは、まったく泥質物がないところもある。

IV 型は鎌田 (1962, 1963) の新分類による V 型に相当する。

2. 堆 積 環 境

底質の試料数が少ないために、一般に表現されているように Md・So・Sk などの等値曲線を求めることは当調査地域では困難であり、良好な結果は得られない。

つぎに、堆積型と水深との関係について検討すると第 7 図のようになる (第 7 図)。

I 型についてはただ 1 個のみであるから何とも言えない。II・III・IV 型についてみる。

Md については ; II 型は水深にかかわらず一定の粒径範囲に集中している。III 型も、水深にかかわらず、II 型のように一定の粒径範囲に集中していない。IV 型は II とほぼ同様で、水深とは関係ないようである。

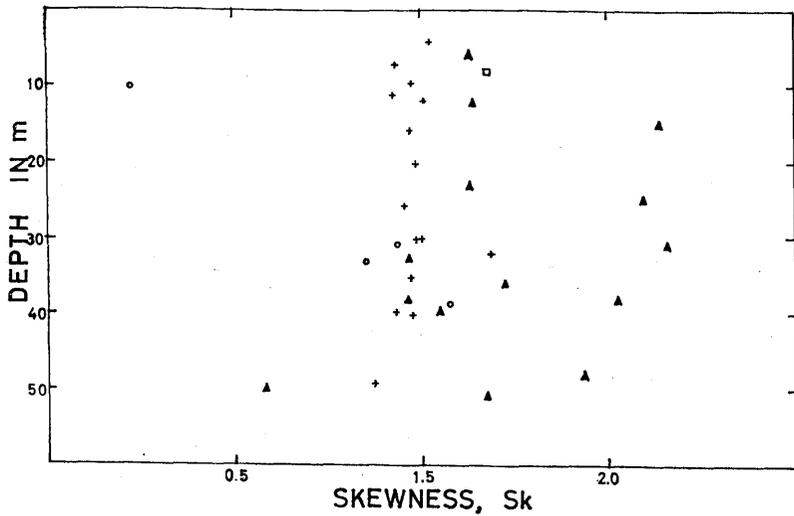
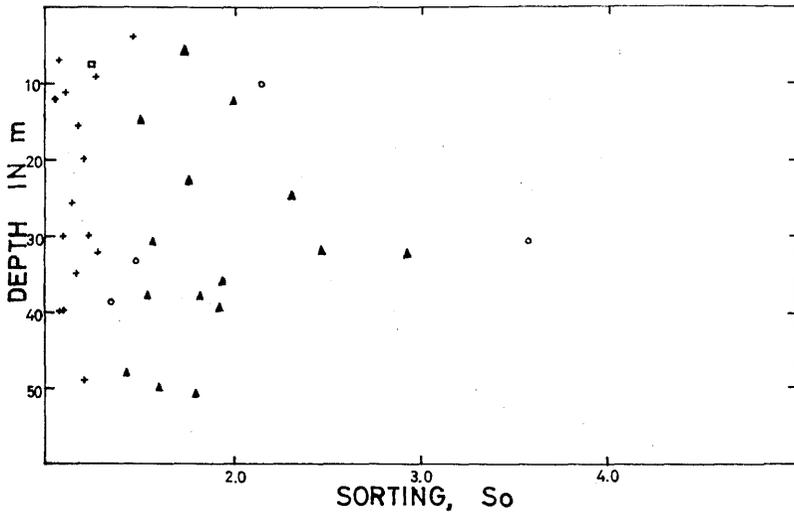
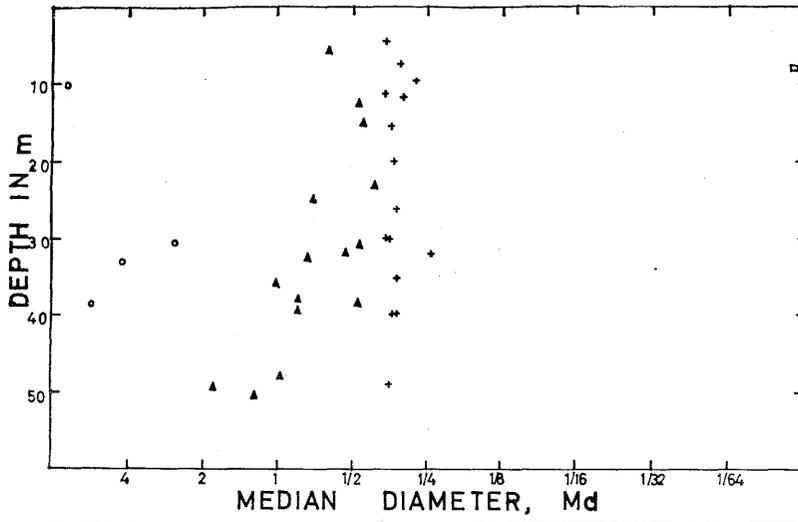
So については ; II 型は深度に関係なく So 値はほぼ一定範囲にはいり、淘汰がよい。III 型は水深との関係においては一定していない。IV 型も III 型とほぼ同様である。

Sk については ; II 型は水深に関係なく Sk 値は一定している。III 型は水深と Sk とは一定の関係はない。IV 型も III 型とほぼ同様である。

以上によって少なくともつぎのことが言える。すなわち、II 型は明らかに水深に影響なく分布している。III 型は水深との関係は一定ではない。IV 型も III 型とほぼ同様な傾向である。したがって、当調査地域の底質を堆積させる要因として重要なものは水深ではないのであろう。

海底地形およびそれに支配される海況も堆積物に大きな影響を与えるであろう。しかし、海況やこれに影響を及ぼす気象についての資料がないので、堆積環境・要因を知るうえから大きな欠陥となるが、現状ではいかんともしがたい。海況は陸海空の総合された複雑な営力であり、星野 (1958) はこれを泥線の深度によって定量的な表現を試みている。しかし、調査地域では、範囲が狭く、また、浅いので A 海域以外には泥線がない。

そこで、つぎに II 章で便宜的に分類した海域と堆積型との関係について検討してみる。



第7図 堆積と水深の関係
 □ は I 型 + は II 型 ▲ は III 型 ○ は IV 型

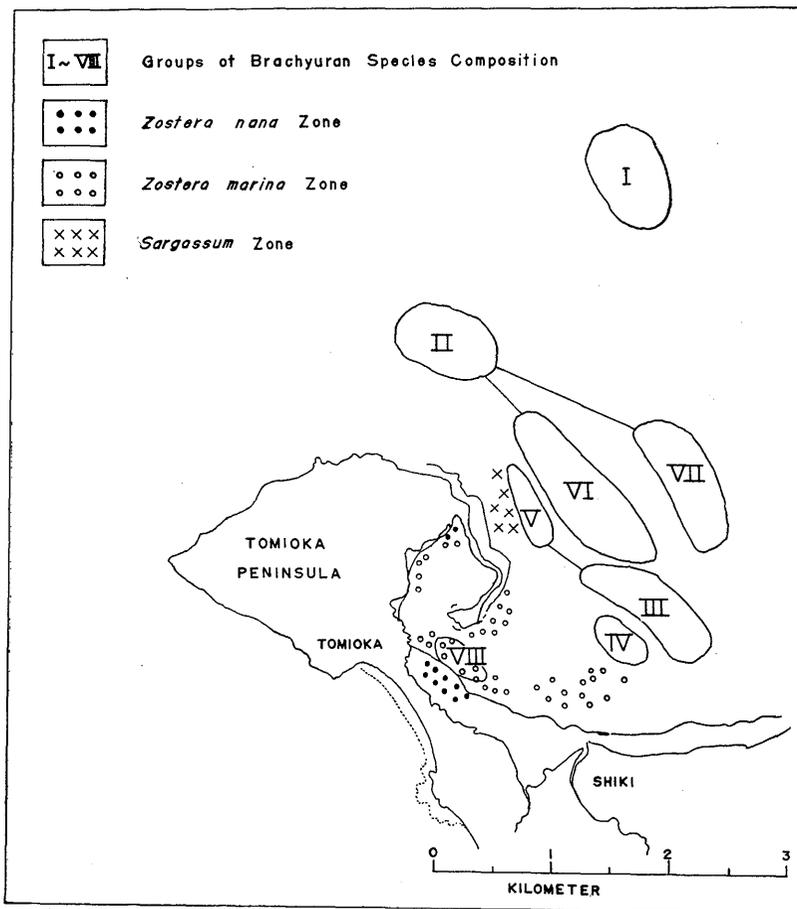
A 海域は I 型, C 海域は III 型, D 海域は一部を除いて II 型にそれぞれ対応している。B 海域には II・III・IV 型が分布する。この原因としては、富岡 bight は湾としての要素が少なく、しかも、志岐川によって、IV 型の礫が供給されて、このように堆積型が混在しているのであろう。このように海域だけでなく、近接陸域の状況をあわせ考慮すべきことも大事な点である。

3. 生物群集との関係

生物は底質の組成を変えたり、あるいは、示相の重要な役割を果しているのので、現在の海底における生物の生態や分布を知ることは、古生態学にとって大切な問題であろう。ここでは特に、底棲生物群集と堆積型および堆積環境との関係を、当地域の調査結果にもとづいて検討してみる。

a. カニの群集

甲殻十脚類のカニ類については当域では小野勇一(1961)、三宅貞祥(1961)の研究がある。特に、小野はカニの種構成による群集を I 群から VIII 群までの 8 群に分類し、これらの生態学的研究を行なっている。以下に、小野の分類と筆者の分類による堆積型との関係を検討する (第 8 図)。



第 8 図 生物群集の分布図〔小野(1961)および菊池(1961)より改作〕

ローマ数字はカニの各群集。その他は海藻。

I 群は *Heteroplax nitida* DE HAAN, [キバガニ] によって特徴づけられる。これは C 海域北東部で III 型の底質に対応する。この種は、小野によれば、湾外のみに見出され、公海の種である。

うとしている。

II 群は *Nursia elegans japonica* SAKAI, [ロッカクコブシ] が卓越しており, その他には, *Calmania prima* LAURIE, [コールマンガニ], *Charybdis variegata* (FABRICIUS), [カワイシガニ] などが多い。この群集は C 海域で III 型の底質に対応するが, 種類数と個体数はきわめて多い。

III 群は *Actumnus squamosus* (DE HAAN), [イボテガニ] が卓越しており, そのほかに, *Pilumnus minutus* DE HAAN, [ヒメケブカガニ], *Pugettia incisa* (DE HAAN), [ヤハズモガニ] が多い。この群集は B 海域で III 型の底質に対応する。

IV 群は種類数も個体数も少ないが, そのうちで最も多いのは, *Pilumnus minutus* DE HAAN である。その他には, この群だけに採集されていて多数を占めているものは, *Philyra platycheira* DE HAAN, [ヒラテコブシ], *Pugettia quadridens* (DE HAAN), [ヨツバモガニ] である。この群集は B 海域で主として III 型の底質に対応する。

V 群は *Pilumnus minutus* DE HAAN が卓越している。その他はほとんどいない。この群集は B 海域の IV 型に対応する。

VI 群も *Pilumnus minutus* DE HAAN が多く, その他には, *Calmania prima* LAURIE, *Actumnus squamosus* (DE HAAN) なども多い。この群集は B 海域で III 型の底質に対応する。

VII 群は *Calmania prima* LAURIE が多く, その他に, *Actumnus squamosus* (DE HAAN), *Leucosia haematosticta* ADAMS and WHITE, [アカホシコブシ] などがいる。この群集は B 海域の II 型の底質に対応する。

VIII 群は *Hemigrapsus longitarsis* (MIERS), [スネナガイソガニ] に特徴づけられる。その他には, *Thalamita sima* H. MILNE EDWARDS, [フタバベニツケガニ] が多い。前者は, 小野によれば, 低潮間帯に棲息している。この群集は A と B 海域の中間で I 型, または, I 型と II 型の中間型の底質に対応するであろう。

これらカニの群集の生棲場所に関して, 小野は水深・貝殻量・底質から検討し, 以下のように述べている。水深については; 水深と群集との間に直接の関係を見出すのは困難である。貝殻量については; 貝殻量の重量百分率は II 群 (約 70%) と III 群 (約 80%) が最も多く, VIII 群は最も少ない (約 14%) が, 他の 5 群の間には大差がない (約 30~50%)。底質の組成については; 各試料の粒度分析結果の重量積算曲線* は, 同一群集に属するものは互いに似ているが, 別の群のものではかなり異なっている。I・II・III 群の粗粒砂と多量の貝殻は強い潮流のためであり, それゆえ, 潮流は細粒堆積物を運び去ることによってカニの種群集に影響するだろうと述べている。この場合の潮流とは市米 (1955) のいう掃流であろう。

以上のように, 底質の堆積型とカニの群集はよく対応している。この理由としては, 堆積型をきめる要因とカニの群集型をきめる要因が, 富岡湾付近では共通的であると考えられる。すなわち, この場合はカニの群集型をきめる要因の重要なものは底質であり**, 底質の粒度組成すなわち堆積型をきめる要因は, 潮流や近接海岸の地文的状況などである。この点において, 潮流は両者の関係を密接ならしめる直接・間接の要因となるであろう。ただし, カニが堆積物をいくら変えるということはあるが, この場合には大勢に影響ないと考えられる。

b. 海藻類

海藻は化石になる機会はカニより少ないし, 堆積物とは直接の関係はないかもしれない。しかし, 海藻, 特にアジモは底棲動物に大きな影響を与えるので, ここにとり上げて堆積物との関係を検討

* どのような種類の篩を使用したか, はっきりしないし, また, 積算曲線も筆者の使用した方法とはちがっている。

** これについての一般論は菊池 (1962, P.35) が参考となる。

してみる (第8図)。

瀬川宗吉・吉田忠生 (1961) は富岡半島近海より, ホンダワラ属 *Sargassum* spp. を17種類報告している。これらはいずれも低潮線付近から漸深帯に分布している。菊池 (1961) は B 海域の西端・鉤状砂嘴の北東方沿岸において, *Sargassum* spp. Zone を認めている。彼によれば, これは湾外の岩礁, あるいは, 礫質堆積物の所に生育している。したがって, この Zone は筆者の IV 型の底質に対応する。

A・B 海域では, *Zostera nana*, [コアジモ] および, *Zostera marina*, [アジモ] の二つの Zone を認めている。菊池によれば, これらは静穏な湾底にそれぞれ別個に生育しており, 前者は潮間帯に, 後者は水深 2~4m のところに繁茂している。これらの生育している所は砂質, あるいは, 泥質である。したがって, *Zostera* 帯は I 型か II 型, あるいは, これらの中間型の底質に対応するであろう。

c. 軟体動物, 特に貝類

貝類の遺骸については波部博士の研究にまち, 生態分布についてのみ波部・菊池 (1960) の成果と堆積型との関係を検討してみる。以下に各海域ごとに述べる。

A 海域

湾奥では,

- Mya* (*Arenomya*) *japonica* JAY, [オオノガイ]
Cyclina orientalis SOWERBY, [オキシジミ]
Laternula limicola REEVE, [ソトオリガイ]
Arcopagia (*Merisca*) *diaphana* (DESHAYES), [イチョウシラトリ]
Cerithideopsisilla djadjariensis MARTIN, [カワアイ]
C. cingulata (GMELIN), [ヘタナリ]
Pliaricularia bellula (ADAMS), [カニノテムシロ]
Crassostrea gigas (THUNBERG), [マガキ]

などが採集されている。これらは主として強内湾性潮間帯種 (波部, 1956) である。

高潮帯では,

- Littorariastrigata* (LISCHKE), [ヒメウズラタマキビ]
L. brevicula (PHILIPPI), [タマキビ]
Adula atrata (LISCHKE), [クログチ]
Caecella chinensis DESHAYES, [クチバ]

礫質*の所では,

- Ceratostoma rorifluum* (ADAMS et REEVE), [ハネナシヨウラク]
Clypeomorus humilis (DUNKER), [カヤノミカニモリ]
Batillaria multiformis (LISCHKE), [ウミニナ]
Reticunassa hiradoensis (PILSBRY), [ウネムシロ]
Striarca (*Galactella*) *symmetrica* (REEVE), [ミミエガイ]

泥質物 (I 型) の所では,

- Theora* (*Endopleura*) *lubrica* GOULD, [シスクガイ]**
Paphia (*Parataptes*) *undulata* (BORN), [イヨスダレ]
Musculus (*Musculista*) *japonicus* (DUNKER), [ヤマホトトギス]

* 巴湾の潮間帯やや以深には礫が分布しているが, 人工の加わった可能性が高い。

** 波部 (1961) によると *Theora lata* (HINDS)

Veremolpa micra (PILSBRY), [ヒメカノコアサリ]

Proclava pfefferi (DUNKER), [ヒメカニモリ]

などが棲息している。これらは主として強内湾性種 (波部, 1956) である。

B 海域

干潟の砂質の所には,

Umbonium (Suchium) costatum (LAMARCK), [イボキサゴ]

Solen strictus GOULD, [マテガイ]

Babylonia japonica (REEVE), [バイ]

Siphonalia cassidariaeformis (REEVE), [ミクリガイ]

Niotha livescens (PHILIPPI), [ムシロガイ]

Hinia festiva (POWYS), [アラムシロ]

Mactra sulcataria REEVE, [バカガイ]

などが多く棲息している。

砂泥質の所では,

Mactra veneriformis REEVE, [シオフキ]

Pillucina pisidium (DUNKER), [ウメノハナガイ]

礫のまじってくる所では,

Batillaria multiformis (LISCHKE), [ウミニナ]

Amygdala japonica (DESHAYES), [アサリ]

などが多く棲息している。

前述したコアジモ帯では,

Haloa rotunda (A. ADAMS), [ブドウガイ]

Anomalodiscus squamosus (LINNÉ), [シオヤガイ]

Fragum (Fragum) bannoii OTUKA, [ヒシガイ]

Fusinus ferrugineus KURODA, [コナガニシ]

アジモ帯では,

Iwakawatrochus urbanus (GOULD), [イワカワチグサ]

Cantharidus japonica (PHILIPPI), [チグサガイ]

低潮帯では,

Umbonium (Suchium) costatum (KIENER), [キサゴ]

Proclava kochi (PHILIPPI), [カニモリ]

Neverita (Glossaulax) didyma (RÖDING), [ツメタガイ]

Perviacacia evoluta (DESHAYES), [イワカワトクサ]

Pharaonella perieri (BERTIN), [ベニガイ]

Solen grandis DUNKER, [オオマテ]

Soletellina boeddinghausi (LISCHKE), [フジナミ]

などが棲息している。前述したものはいずれも干潟に棲息している種である。

砂質堆積物の所には,

Arcopagia (Quadrans) spinosa (HANLEY), [トゲウネガイ]

Olivella fulgurata (ADAMS et REEVE), [ムシボタル]

Proclava kochi (PHILIPPI), [カニモリ]

砂泥質の所では,

- Ringicula (Ringiculina) doliaris* GOULD, [マメウラシマ]
Liloa porcellana (GOULD), [カイコガイダマシ]
Proclava pfefferi (DUNKER), [ヒメカニモリ]
Polystria indica (RÖDING), [マダラクダマキ]
Laevicardium undatopictum (PILSBRY), [マダラチゴトリ]
Vexillum collinsoni (A. ADAMS), [コリンソンミノムシ]
Reticunassa japonica (A. ADAMS), [キヌボラ]
Labiostrombus japonicus (REEVE), [シドロ]
L. succinotus (LINNÉ), [フドロ]
Myadora fluctuosa GOULD, [ミツカドカタビラ]
Pillucina (Sydlorina) yamakawai (YOKOYAMA), [アラウメノハナ]
Veremolpa minuta (YOKOYAMA), [アデヤカヒメカノコアサリ]
V. micra (PILSBRY), [ヒメカノコアサリ]
Pandora (Kennerlia) otukai HABE, [ネリガイ]
Dentalium (Graptacme) buccinulum GOULD, [ヒメナガツノガイ]

などが棲息している。

C 海 域

岩礁には潮位によって貝類は層状に分布している。高潮位の方から述べる。

中潮帯では、

- Nodilittorina granularis* (GRAY), [アラレタマキビ]
N. picta (PHILIPPI), [タイフンタマキビ]
Peasiella roepstorffiana (NEVILL), [コビトウラウズ]
Drupa (Morulina) fusca (KÜSTER), [レイシダマシモドキ]
D. (M.) musiva (KIENER), [レイシダマシ]
Purpura (Mancinella) clavigera (KÜSTER), [イボニシ]
Saxostrea echinata (QUOY et GAIMARD), [ケガキ]

低潮帯には、

- Septifer (Septifer) bilocularia* (LINNÉ), [クジャクガイ]
Hormomya mutabilis (GOULD), [ヒバリガイモドキ]
Septifer (Mytilisepta) virgatus (WIEGMANN), [ムラサキインコ]
Lasaea undulata (GOULD), [チリハギ]

低潮帯付近に転がっている礫には、

- Ischnochiton comptus* (GOULD), [ウスヒザラガイ]
Notoacmea schrenckii (LISCHKE), [アオガイ]
N. concinna (LISCHKE), [コウダカアオガイ]
Patelloida (Asteracmea) pygmaea (DUNKER), [ヒメコザラ]
P. (Collisellina) saccharina lanx (REEVE), [ウノアシ]
Siphonaria (Sacculosiphonaria) japonica (DONOVAN), [カラマツガイ]
Monodonta labio LINNÉ, [イシダタミ]
Tegula (Chlorostoma) lischkei (TAPPARONE-CANEFRI), [クボガイ]
T. (Omphalius) carpenteri (DUNKER), [ヒメクボガイ]
Cardita leana DUNKER, [トマヤガイ]

Brochina glabella (A. ADAMS), [ミジンツツガイ]

Munditiella ammonoceras (A. ADAMS), [ワダチシタダミ]

などが棲息している。

D 海域

この海域の潮間帯付近は砂質で所々に礫がまじっているが、ここでは貝類は棲んでない。潮間帯下の型の砂質堆積物の所では、

Circe (Circe) stutzeri (DONOVAN), [シラオガイ]

のような厚殻の種が採集されている。水深 40m ぐらいの所では、

Oblimopa forskalii (A. ADAMS), [シラスナガイ]

Glycymeris (Tucetilla) pilsbryi (YOKOYAMA), [ピロードタマキ]

Hawaiarca uwaensis (YOKOYAMA), [オトギノワシノハ]

Ctenamussium cmadoritinctum (KURODA), [クマドリツキヒ]

Meiocardia moltkiana sanguinomaculata DUNKER, [カノココウボネ]

Varicorbula bifrons (A. ADAMS), [コダキガイ]

Cuspidaria (Cardiomya) gouldiana septentrionalis KURODA, [ヒメシャクシ]

Dentalium (Antalis) weinkauffi DUNKER, [ツノガイ]

などの比較的深海棲の種が分布している。さらに、注目すべきことは、

Epimения verrucosa (NIERSTRASZ), [カセミミズ]

E. ohshimai BABA, [オオシマカセミミズ]

の 2 種の腹溝類が 20~30m の所で採集されている。このような例は他に類がないと波部らは述べている。

以上のように、貝類の生態分布と海域および底質とは密接な関係がある。

V. 結 語

富岡付近の海底から採集した 38 個の試料の粒度分析結果について報告した。これを要約すればつぎのようになる。

1. 調査地域は、近接する海岸の地文的状況ならびに海底地形との関係などで 4 つの海域に分けられ、A・B・C・D 海域とした。
2. 調査地域海底には、岩盤および礫質・砂質・泥質堆積物が分布している。堆積物は粒度分布の特徴から 4 つの型に分かれる。細粒のものから、I・II・III・IV 型とした。
3. I 型は A に、II 型は B と C に、III 型は主として C に、IV 型は主として C および D にそれぞれ分布する。
4. I 型の泥質以外の各型の堆積物はすべて含泥量 3% 以下の砂質・礫質であり、淘汰は一般に良好なものが多い。
5. 各堆積型は水深には関係せず、海域・近接海岸地形・海底地形・海況などに密接な関係がある。
6. 生物分布と海域および堆積型とは密接な対応がある。

引 用 文 献

- 波部忠重 (1956): 内湾の貝類遺骸の研究. 京大理学部生理生態研究業績, (77), 1~31.
- . 菊池泰二 (1960): 天草臨海実験所近海の生物相, **1**, 軟体動物, 天草臨海実験所業績, (130), 1~70.
- 星野通平 (1952): 日本近海大陸棚上の泥質堆積物について. 地質雑, **58**, (677), 41~53.
- . (1955): 泥線について. 堆積学研究, (10), 3~6.
- . (1958): 日本近海大陸棚上の堆積物について. 地団研専報, (7), 1~41.
- 市栄 誉 (1955): 浅海における流動と堆積との関係. 堆積学研究, (10), 1~3.
- KAGAMI, Hideo (1961): Submarine sediments off Sakata, Yamagata, Japan. *Japan. Jour. Geol. Geogr.*, **32**, (3-4), 397~420.
- 海上保安庁水路部 (1959): 島原海湾の海底地形・底質分布および潮流. 水路部調査報告.
- 鎌田泰彦 (1957): 有明海の底質(概報). 堆積学研究, (16), 5~8.
- . (1959): 長崎市郊外網場湾の海底地質. 長崎大学芸, 自然科学研報, (10), 1~14.
- . (1962): 長崎付近の現世海成堆積物と貝殻遺骸群集. 化石, (3), 39~42.
- . 堀口承明 (1963): 千々石湾茂木沖の堆積物と貝類遺骸群集. 長崎大学芸, 自然科学研報, (14), 33~47.
- KIKUCHI, Taiji (1961): An ecological study on animal community of *Zostera* belt, in Tomioka bay, Amakusa, Kyushu. *Rec. Oceanogr. Works Japan*, Special No. (5), 211~223.
- 菊池泰二 (1962): 内湾生物群集の研究 (特別講演要旨). 化石, (3), 33~38.
- KRUMBEIN, W. C. and PETTJOHN, F. J. (1938): *Manual of sedimentary petrography*. 1~549. Appleton-Century-Crofts, Inc., New York.
- . and SLOSS, L. L. (1951): *Stratigraphy and sedimentation*. 1~497. Freeman & Co., San Francisco.
- 松本達郎・野田光雄・宮久三千年 (1962): 日本地方地質誌, 九州地方, 145~148, 朝倉書店.
- 三位秀夫 (1954): 松川浦付近の底質の粒度組成. 堆積学研究, (6), 3~5.
- 満塩博美・首藤次男 (1961): 天草富岡周辺の陸棚上の底質(要旨). 地質雑, **67**, (790), 410.
- 三宅貞祥 (1961): 天草臨海実験所近海の生物相, **2**, 甲殻十脚類. 天草臨海実験所業績, (139), 1~30.
- MOOR, H. B. in TRASK [Editor] (1939): Faecal pellets in relation to marine deposits. *Recent marine sediments*. Soc. Econ. Paleont. Mineral., George Banta Publishing Co., Wisconsin.
- NASU, Noriyuki (1956): Particle size distribution in the vicinity of Sagami river mouth. *Jour. Fac. Sci., Univ. Tokyo*, sec. 2, **10**, 65~108.
- ONO, Yûichi (1961): An ecological study of the Brachyuran community on Tomioka bay, Amakusa, Kyushu. *Rec. Oceanogr. Works Japan*, Special No. (5), 199~210.
- 佐藤任弘・奈須紀幸 (1956): 泥質の粒度分析(特にピペット法について). 堆積学研究, (13), 6~9.
- . (1961): 浅海堆積物の粒度型について. 地質雑, **67**, (785), 58~65.
- 瀬川宗吉・吉田忠生 (1961): 天草臨海実験所近海の生物相, **3**, 海藻類. 天草臨海実験所業績, (140), 1~24.
- 首藤次男 (1962): 北九州若松市西部の最新統. 地質雑, **63**, (800), 269~281.
- TWENHOFEL, W. H. and TYLER S. A. (1941): *Method of study of sediments*. 1~183, McGraw-Hill, New York.