

薩摩半島南岸沖の底質と底層流について

日高正康*¹, 幅野明正*², 東 隆文*², 福田隆二*¹, 東川勢二*¹

Grain-Size Distribution of Bottom Sediments off Southern Satsuma Peninsula, Kagoshima, Japan

Masayasu Hidaka*¹, Akimasa Habano*², Takafumi Aduma*²,
Ryuji Fukuda*¹, and Seiji Higashikawa*¹

Keywords : bottom sediments, East China Sea, grain-size analysis, bottom current

Abstract

The bottom samples used for this study were collected from 27 stations off southern Satsuma Peninsula at a depth of 53-355 m in March 1993. All samples were taken using a Smith-McIntyre grab sampler. The main purpose of the study is to clarify the relationship between characteristics of the bottom sediments and environmental conditions.

The results of mechanical analysis of the bottom samples are summarized as follows:

1. The bottom sediments off southern Satsuma Peninsula are characterized by very fine grained sand except for two stations (Stn. 15, 16).
2. Judging from the sediment distribution of the sea area, the longshore bottom current flows westward along the coast, while the surface current flows eastward. The westward longshore current is forced to change its direction by the existence of Tachigami Cape towards southwest.
3. In the area (Stn. 15, 16) at the foot of steep sea cliff, the features of bottom sediments are characterized by high mud contents ($>62\%$; $Md \phi$: about 6ϕ) and negatively skewed (> -0.33). From these characteristics of sediments, it may be inferred that the water mass of the area is comparatively stagnant because the area is at the foot of steep cliff, and accumulation of fine grain sediments is superior to other areas.

海底表層堆積物の粒度組成は、一般に海底地形、水深、海流、流入する河川等の環境要因をよく反映したものである。今回、鹿児島県薩摩半島南岸沖の海域から得られた底質試料について粒度分析を行い、この海域の粒度組成を明らかにするとともに、それらの粒度分布から読み取れる底層流の平均的な強さや方向について考察を行った。

調査海域の海底地形及び海況

海底地形

調査海域は鹿児島県薩摩半島南岸沖の東西約40km、南北約15kmの範囲である (Fig. 1)。海図第6351号3-S (海上保安庁水路部)¹⁾から、次の海底地形が読み取れる。

- a. 穎娃町から枕崎市を経て坊津町へ至る海岸の沖合に発達する、水深50mから150m前後の比較的傾

*¹ 鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸 (Training Ship Kagoshima-Marui, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

*² 鹿児島大学水産学部附属練習船敬天丸 (Training Ship Keiten-Marui, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, 50-20 Shimoarata 4, Kagoshima, 890 Japan)

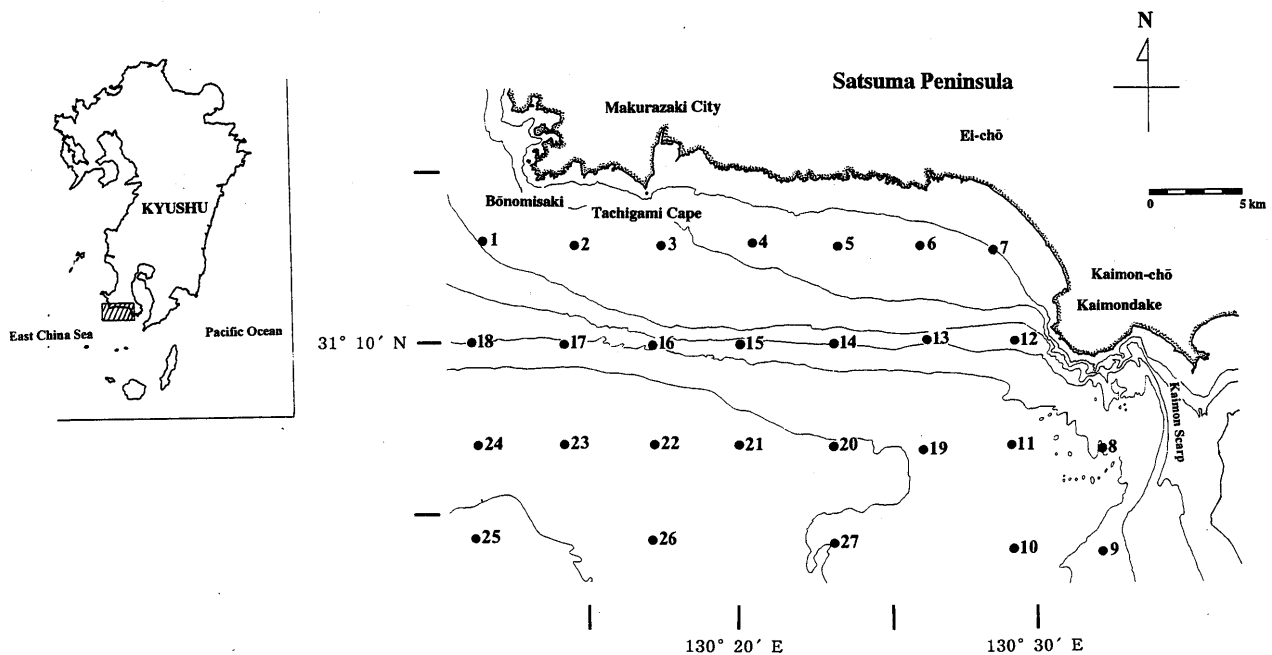


Fig. 1 Index map showing study areas (upper left corner) with sampling locations of bottom sediments.

斜の緩い平坦面。

- b. 開聞岳の西方、北緯 $31^{\circ}10'$ 線に沿って見られる、水深が150m前後から250m前後に至る急な斜面。
- c. 沖縄舟状海盆に続く、250m以深の海盆。
- d. 開聞岳の南方に認められる、ほぼ南北方向に続く開聞海底崖と、その西方へ広がる、無数の海丘が点在し起伏に富んだ地形。

d. の小規模な海山や海盆が多数散在して起伏に富んでいる海底地形は、開聞岳南岸沖から南西約20kmの広い範囲に認められ、その末端部は水深300mを超える。この地形は、山体が大崩壊し、それによって生じた岩屑流が海中に流入してできた流れ山地形と考えられている(日本火山学会編, 1984)²⁾。

沿岸付近の地形は、坊ノ岬から額娃町へかけて岩礁が、額娃町から開聞町にかけて粗粒砂からなる砂浜が発達している。また、薩摩半島南部には、調査海域に影響を及ぼすような大きな河川は存在しない。

海況

海上保安庁発行九州沿岸水路誌³⁾に掲載されている海上資料センター統計資料(九州・南西諸島近海海流統計図: 昭和28年~昭和62年の統計値)によると、観測海域の表層水(海面下5m)は、東への流れが年間を通じて卓越し、枕崎市から開聞町沖海域の夏季と冬季の最大流速は、夏季が冬季に比べ平均3割増の値を示し優勢であ

る。黒潮本流はトカラ海峡の西側で東シナ海から太平洋へと流れ込んでいるが、一部はさらに北上を続け、対馬暖流を形成する。調査海域の表層の流れは、薩摩半島西部に位置する男女海盆から甕島海峡を時計回りに回流したあと坊ノ岬沖から沿岸沿いに東へ流れるものと、草垣諸島周辺海域から沿岸域へ向かう流れがある。

研究方法

試料採取

底質試料は平成5年3月6日から19日にかけて、鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸(1297.08トン)で、スミス・マッキンタイヤ式採泥器(300cm×300cm×200cm)を用いて採取し、採泥地点は約3海里間隔の経緯線に沿った格子状の27点で、これらの地点の水深は53mから355mの範囲であった(Fig. 1)。なお、採泥地点の位置はGPSで、水深は音響測定装置で測定した。

解析のために用いた試料は、得られた海底表層堆積物の表面部分をさじを用いて薄く剥くようにして集めたものを、プラスチック瓶に入れて密封し、冷蔵庫内に保管した。

処理

粒度分析は、鹿児島大学水産学部に設置されている沈降式自動粒度分析装置(丸東製作所)と光透過式粒度測

Table 1 Location and depth of the sampling stations with data of particle-size distributions of bottom sediments

Stn. No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Depth (m)	149	121	110	99	93	75	57	257	222
Lat. (31-XXN)	13.0	12.9	12.9	13.0	12.9	13.0	12.7	6.9	3.9
Long. (130-XXE)	11.2	14.3	17.3	20.3	23.2	26.0	28.5	32.2	32.2
$Md \phi$	3.78	1.28	2.08	2.10	1.09	2.53	0.64	3.51	2.91
σi	1.69	0.83	1.85	0.88	1.13	1.80	1.02	1.73	1.91
SKi	0.30	0.22	0.29	0.05	0.39	0.11	0.57	0.36	0.52
Mud (%)	47.3	4.1	17.5	4.6	4.4	18.6	3.0	41.2	29.4

Stn. No.	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Depth (m)	280	278	185	191	200	209	245	260	261
Lat. (31-XXN)	4.0	7.0	10.1	10.1	10.0	10.0	9.9	10.1	9.9
Long. (130-XXE)	29.1	29.1	29.2	26.3	23.0	20.0	17.1	14.1	10.9
$Md \phi$	3.96	2.86	3.73	3.53	3.72	6.14	6.11	2.23	1.50
σi	1.51	2.23	1.47	1.97	1.86	2.17	2.60	1.81	1.39
SKi	0.30	0.16	0.37	0.23	0.27	-0.33	-0.49	0.43	0.38
Mud (%)	50.0	27.2	42.9	41.8	45.5	77.0	62.0	19.3	9.2

Stn. No.	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Depth (m)	294	303	318	330	240	340	355	337	289
Lat. (31-XXN)	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	4.2	4.2	4.1
Long. (130-XXE)	26.0	23.0	19.9	17.0	14.1	11.1	11.0	17.0	23.0
$Md \phi$	3.84	3.79	3.68	3.50	3.92	3.56	3.45	3.57	3.00
σi	1.52	1.78	1.72	1.47	1.62	1.43	1.43	1.51	1.43
SKi	0.45	0.15	0.28	0.30	0.27	0.32	0.38	0.24	0.26
Mud (%)	46.5	46.6	44.3	37.0	49.4	38.7	37.1	38.3	22.2

定器 (セイシン企業) を用いて行った。

砂質部から粗シルト部 (粒径 5ϕ 以下) は前者の装置を, 粗シルト部以下の泥質部は後者の装置を使用して解析を行い, 得られた2つのデータを合成して各採泥地点の粒度組成を求めた。

得られた解析値は, Folk & Ward (1957)⁴⁾ の式により中央粒径値 ($Md \phi$), 分級度 (σi) 及び歪度 (SKi) の値を算出した。各観測点の水深及び位置とともに, それらの値を Table 1に示す。

結 果

今回, 開聞岳南岸沖に分布する火山崩落堆積物の複雑な地形の影響を受けていると考えられる海域の5地点は, (Stn. 8, 9, 10, 11, 27) は, 得られた分析値のみを示すにとどめる。

中央粒径値 ($Md \phi$) の等値線図を Fig. 2に, 含泥率 (%) の等値線図を Fig. 3に, また分級度 (σi) 及び歪度 (SKi) の等値線図を Fig. 4, Fig. 5にそれぞれ示す。

全地点の中央粒径値は 0.64ϕ (Stn. 7) ~ 6.14ϕ (Stn. 15) の範囲にプロットされ, Wentworth の粒径尺度で区分される粗粒砂からシルトまでの広範囲に及んでいる。

最も頻度の高いのは極細粒砂 ($3 \leq Md \phi < 4$) である。含泥率の等値線は全体的に中央粒径値のそれと良く対応している。

中央粒径値が粗粒砂から中粒砂 ($0 \leq Md \phi < 2$) を示す地点は, 沿岸部 (Stn. 2, 5, 7) と坊ノ岬沖の水深250m (Stn. 18) 付近に分布している。

含泥率の等値線からも同様な傾向が読み取れ, 粗粒で含泥率10%未満の海域が沿岸浅海域から枕崎市立神沖で沖合に向かって南西方向へ舌状に延びている。

一方, 中央粒径値が粗粒から細粒シルト ($4 \leq Md \phi < 8$) の分布は, 調査海域のほぼ中央部, 200m等深線付近の2地点 (Stn. 15, 16) に限られ, 周囲の値に比べて極端に高い値を示している。含泥率も62.0%~77.0%であり, 非常に高い値を示している。

上記の2海域を除く地点の中央粒径値は, 細粒砂から極細粒砂 ($2 \leq Md \phi < 4$) である。また含泥率は4.6%~49.4%の値を示すが, 極細粒砂 ($3 \leq Md \phi < 4$) の値を示す地点の含泥率は37.0%~49.4%の狭い範囲の値を示し, 中央粒径値との相関が良好である。

全地点の分級度 (σi) は0.88 (Stn. 4) ~ 2.60 (Stn. 16) の範囲の値を示し, 全般的に悪い。とくに200m等深線付近の2地点 (Stn. 15, 16) では2.17, 2.60の非常に悪

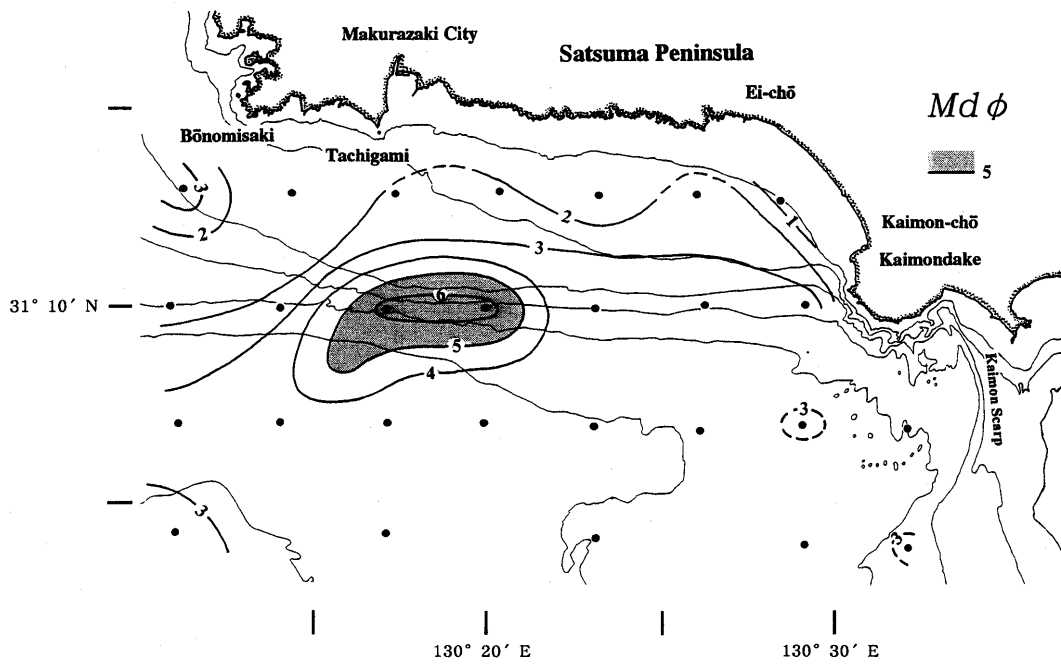


Fig. 2 Distribution of median diameters of bottom sediments ($Md \phi$) (in ϕ scale).

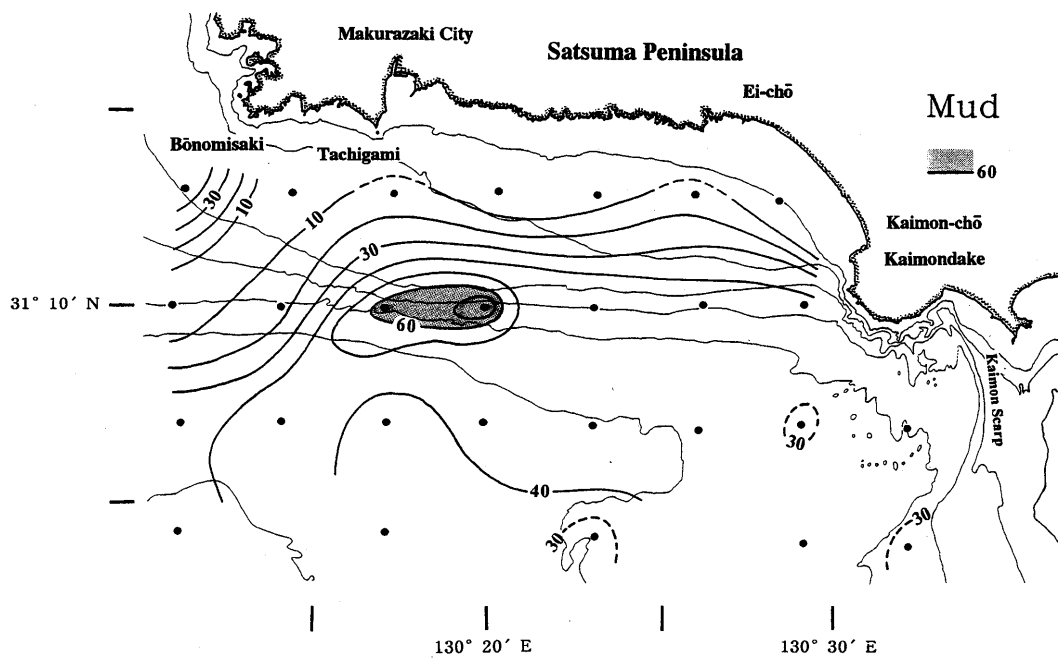


Fig. 3 Distribution of mud contents (%).

い分級度を示す。普通に分級度 (0.71~1.00) を示す地点は沿岸浅海域の2地点 (Stn. 2, 4) にすぎない。

歪度 (SKi) は、調査海域の東部と西部で著しい正の歪度 ($>+0.30$) を、中央部のほとんどの地点では正の歪度を示す。中央部の200m等深線付近の2地点 (Stn.

15, 16) のみは著しい負の歪度 (>-0.30) を示し周辺と異なる。

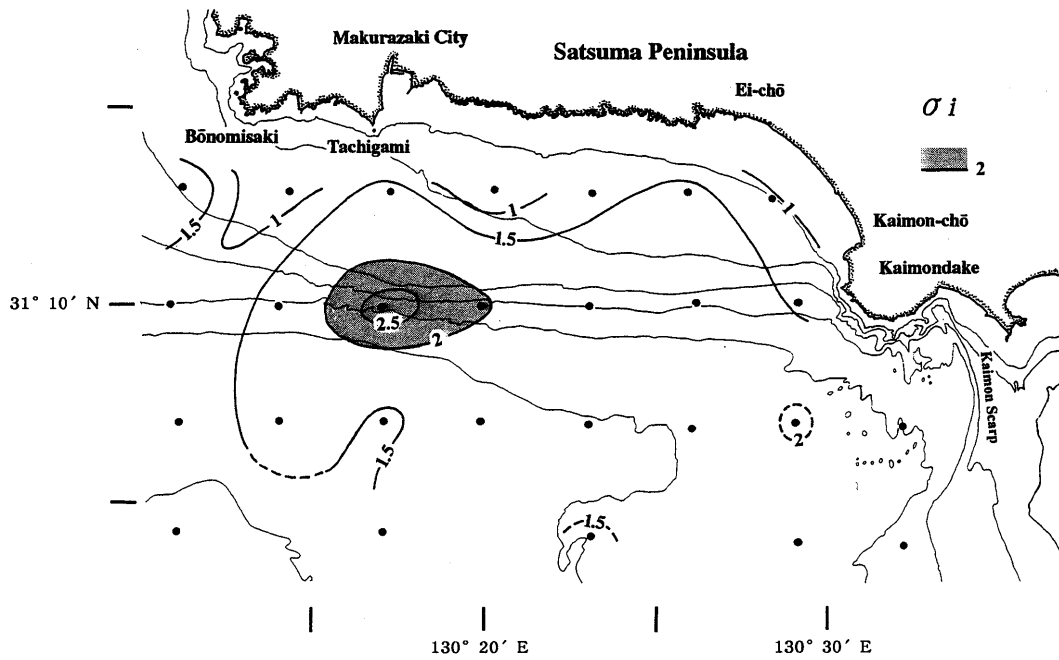


Fig. 4 Distribution of sorting coefficients (σ_i) (in ϕ).

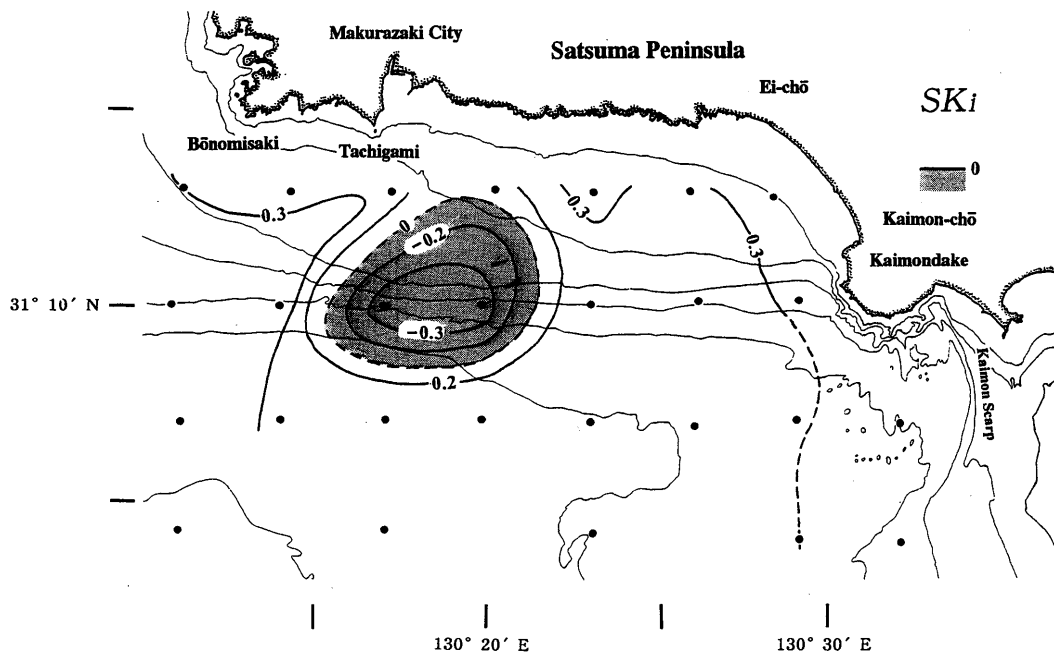


Fig. 5 Distribution of skewness (SK_i) (in ϕ).

考 察

海底地形, 水深, 海底表層堆積物の中央粒径値 (Md ϕ), 含泥率 (%), 分級度 (σ_i) 及び歪度 (SK_i) の等値曲線から, 本海域の調査地点は, 1) 水深50mから

150m前後の傾斜の緩い平坦面(a)に位置する4地点及び水深250m付近(b)の1地点; 2) 調査海域の大部分を占める50m以深の緩い平坦面(a)から海盆平坦面(c)へ至る海域の15地点; 3) 水深150m前後から250m前後に至る急な斜面(b)に位置する2地点; 4) 東部の開聞岳に由来す

る火山崩落堆積物の分布域(d)に位置する5地点の4つのグループに区分することができる。以下順に追って考察する。

1) 水深50mから150m前後の平坦面(a)及び水深250m付近(b)の5地点

薩摩半島南岸に近い5地点 (Stn. 2, 4, 5, 7, 18) の底質は、中央粒径値が $0.64\phi \sim 2.10\phi$ の粗粒砂から細粒砂の範囲にプロットされ、含泥率が10%未満を示すことで特徴づけられる。また分級度は $0.83 \sim 1.39$ の普通からやや悪い値を、歪度は $0.05 \sim 0.57$ の正の値を示す。

これらの地点の粒度組成は、本調査海域の中では最も粗粒で含泥率が低く、淘汰も良い。これらのことは、この海域の恒常的で比較的強い底層流の影響を良く反映していると考えられる。Stn. 18は水深が250mであるにもかかわらず、周辺の地点に比べて粗粒で含泥率も低く、淘汰もやや良い。中央粒径値 ($Md\phi$)、含泥率 (%), 分級度 (σ_i) 及び歪度 (SK_i) の等値曲線のいずれからも、浅海域の粗粒物質が底層流によって Stn. 18の周辺海域へ運搬されていることが読み取れる。開聞岳の沖合いから薩摩半島の南岸沖を西へ流れる沿岸流が、枕崎市南西部の突出部 (立神) によって流路を南西方向に曲げられ、この海域へ舌状に粗粒堆積物が供給されていると判断した。

2) 調査海域の大部分を占める50m以深の緩い平坦面(a)から海盆平坦面(c)へ至る海域の15地点

もっとも広い範囲を占める (Stn. 1, 3, 6, 12, 13, 14, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26) の底質は、中央粒径値が $2.08\phi \sim 3.92\phi$ の細粒砂から極細粒砂の範囲にプロットされ、含泥率が $17.5\% \sim 49.4\%$ を示すことで特徴づけられる。また分級度は $1.43 \sim 1.97$ の悪い値を、歪度は $0.11 \sim 0.45$ の正の値を示す。含泥率は、比較的海岸に近い Stn. 3, Stn. 6と上記の舌状に粗粒堆積物が供給されていると考えられる Stn. 18近くの Stn. 19の3地点を除けば、 37.0% 以上のやや高い値を示す。

この海域の底質は、1) の海域に比べてやや細粒な淘汰の悪い堆積物から構成されていることから、水深の幅が300m近くあるにもかかわらず、全体に底層流の弱い堆積環境に堆積したものと考えた。

3) 水深150m前後から250m前後に至る急な斜面(b)に位置する2地点

調査海域のほぼ中央部、200m等深線付近の2地点 (Stn. 15, 16) の粒度組成は、他の地点と極めて異なり、細かい泥から構成されている (中央粒径値: 6.11ϕ , 6.14ϕ ; 含泥率; 62.0% , 77.0%)。分級度が2.0以上で非常に悪く、歪度が -0.33 , -0.49 と著しい負の値を示

すことから、この海域は泥が濃集していることが分かる。その原因として、この海域の海底地形はとくに急峻な斜面を呈しており、その斜面の陰にあたる足元に泥がトラップされやすいこと、薩摩半島南岸沖を西へ流れる沿岸流がこの海域の西側で南西へ方向を変え、その比較的強い流れによって運搬される懸濁物である泥が底層流の弱いこの海域へもたらされたことなどが考えられるが、正確なことはこの海域の詳細な採泥調査を待たなければならない。

4) 東部の開聞岳に由来する火山崩落堆積物の分布域(d)に位置する5地点

海底地形の項で述べたように、開聞岳南岸沖に、開聞岳の山体が噴火によって大崩壊し、それによって生じた岩屑流が海中に流入してできたと考えられる流れ山地形が広がっている (日本火山学会編, 1984)²⁾。海底地形が複雑であるため、局地的に異なる粒度組成の海底表層堆積物がパッチ状に分布していると考えられる。とくに含泥率の分布に傾向が認められない。

以上のように、調査海域の粒度分析の結果から、調査海域のほぼ全域が外洋の比較的強い底層流の存在を反映して極細粒砂から粗粒砂の範囲の中央粒径値を持つこと、薩摩半島南岸の沿岸付近の底質は、外洋特有の強い沿岸流の影響を受けていることなどが明らかになった。

薩摩半島南岸沖の海面付近の流れは、東流が年間を通じ卓越しているのに対し、底層流の流れは逆に西流が卓越すると考えられる。その主流は海岸線に沿って西へ流れ、枕崎立神の岬沖付近から南西方向へ向きを変えて深海域へ流れ込んでいると考えられる。また1990年11月に Stn. 14に近接する地点に設置した潮流計により得られたデータに基づく解析結果では、北東から南西の方向へ卓越する約0.2ノットの潮汐による流れの存在が観測された (市川ほか, 1992)⁵⁾ ことも、この流れの存在を裏付けている。また、鹿児島湾内の底層流は反時計回りの流れが卓越し、一般に大隅半島側から流入し、薩摩半島側から流出する傾向を示すという報告 (大木・早坂, 1983; Ōki, 1989)^{6) 7)} から、湾口部からの流出する流れが、この海域の少なくとも海岸線に近い海域を西流する底層流に影響していることが考えられる。

ま と め

今回、薩摩半島南岸沖の海域から採取した27点の表層堆積物の粒度分析結果より、以下の事が明らかになった。

- 1) 本海域を代表する粒度組成は極細粒砂である。
- 2) 薩摩半島南岸に沿った水深50m付近の底層流は、こ

の海域の表層の東方への流れとは逆に西への流れが卓越している。

- 3) 調査海域のほぼ中央, 水深200 m前後の2地点 (Stn. 15, 16) の位置する海底付近は, 急峻な海底崖の足元にあたるために周辺海域に比べて停滞しており, 細粒懸濁物が濃集する場所である。

謝 辞

本研究を行うに当り, 研究の過程で種々のご指導, ご鞭撻をいただいた鹿児島大学理学部地球環境科学科大木公彦助教授に深い感謝の意を表します。

また試料の採取に協力して下さった鹿児島大学水産学部附属練習船かごしま丸乗組員及び水産学部乗船学生の皆様に御礼申し上げます。

文 献

- 1) 海上保安庁水路部 (1990): 沿岸の海の基本図 (海図 第6351号3-S).
- 2) 日本火山学会編 (1984): 空中写真による日本の火山地形. 東京大学出版会, pp. 192.
- 3) 海上保安庁水路部 (1990): “九州沿岸水路誌”, 16-19.
- 4) R. L. Folk and W. C. Ward (1957): Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. *J. Sed. Petrol.*, **27**, 3-26.
- 5) 市川 洋・藤本顕治・東川勢二・内山正樹・日高正康・高岡勝義 (1992): 陸棚縁辺部海底直上の流れ. 鹿児島大学紀要, **41**, 27-44.
- 6) 大木公彦・早坂祥三 (1983): 鹿児島湾の底質と地形. 沿岸海洋研究ノート, **21** (1) 1-10.
- 7) K. Ōki (1989): Ecological analysis of benthonic foraminifera in Kagoshima Bay, South Kyushu, Japan. *South Pacific Study, Kagoshima Univ. Res. Center S. Pac.*, **10** (1): 1-191.