

島根半島沖海底表層堆積物における重鉍物分布

横田, 美保
富士通東海システムエンジニアリング

岡田, 博有
九州大学理学部

有田, 正史
工業技術院地質調査所

池原, 研
工業技術院地質調査所

他

<https://doi.org/10.15017/4495587>

出版情報：九州大学理学部研究報告．地質学．16 (2), pp.59-86, 1990-01-30. 九州大学理学部
バージョン：
権利関係：

島根半島沖海底表層堆積物における重鉱物分布

横田美保*・岡田博有・有田正史**・池原 研**・盛谷智之**

Distribution of heavy minerals in the bottom sediments of the southern
Sea of Japan, off the Shimane Peninsula, Southwest Japan

Miho YOKOTA*, Hakuyu OKADA, Masafumi ARITA**

Ken IKEHARA** and Tomoyuki MORITANI**

Abstract

On the bottom sediments collected on the continental shelf, off the Shimane Peninsula, heavy mineral analysis was carried out, and distributional patterns of heavy minerals and their provenances were discussed in this paper.

The heavy mineral concentrates (2-3 ϕ and 3-4 ϕ size-fractions) in the continental shelf sediments are composed mainly of green hornblende, clinopyroxene, hypersthene, brown hornblende, oxyhornblende and olivine, and subordinately of zircon, tourmaline and rutile.

The similarity of these mineral assemblages among the studied samples were statistically examined by the cluster analysis method. Thus, four groups were recognized for 2-3 ϕ and 3-4 ϕ size-fractions, respectively.

On the basis of these results of the cluster analysis, four heavy mineral provinces (A, B, C and D) are proposed, each of which shows the following mineral suite and distribution area (Fig. 24):

A: clinopyroxene + olivine; off the eastern Shimane Peninsula

B: clinopyroxene + olivine; around the Oki Islands

C: brown hornblende + oxyhornblende + hypersthene + zircon; shallow sea east of the Shimane Peninsula

D: green hornblende + clinopyroxene + olivine + zircon; Oki Strait and bottom areas deeper than 150m

Heavy minerals from these mineral provinces are in general clearly traceable to their source rocks exposed on nearby land areas.

I. はじめに

日本海南西部は大陸棚が比較的良好に発達している (Fig. 1). そのうちでも島根半島沖では海底地形, 海況などの情報がよく揃っており, 碎屑性堆積物の挙動を

説明するのに適している. 従って, この周辺海域では, 海底地形と底質の一般的性状については佐藤・小野 (1964) の研究, 隠岐堆の底質に関する新野 (1942), NIINO (1948) の研究, 美保湾とその近海では丸山 (1970) による碎屑性堆積物の詳細な鉱物組成の検討, 同じく泥質堆積物に関する藤井・安田 (1970), 殷 (1987), 殷・岡田 (1987) などの粘土鉱物学的研究, 隠岐海脚堆積物の重鉱物分布 (CHOUGH *et al.*, 1981), 隠岐堆から若狭湾に至る海底堆積物の重鉱物組成の研究 (ISMAIL, 1988) など, 底質に関する鉱物学的研究は

* 富士通東海システムエンジニアリング
Fujitsu Tokai Systems Engineering Limited, Nagoya 460.

** 工業技術院地質調査所
Geological Survey of Japan, Tsukuba 305.
平成元年8月1日受理

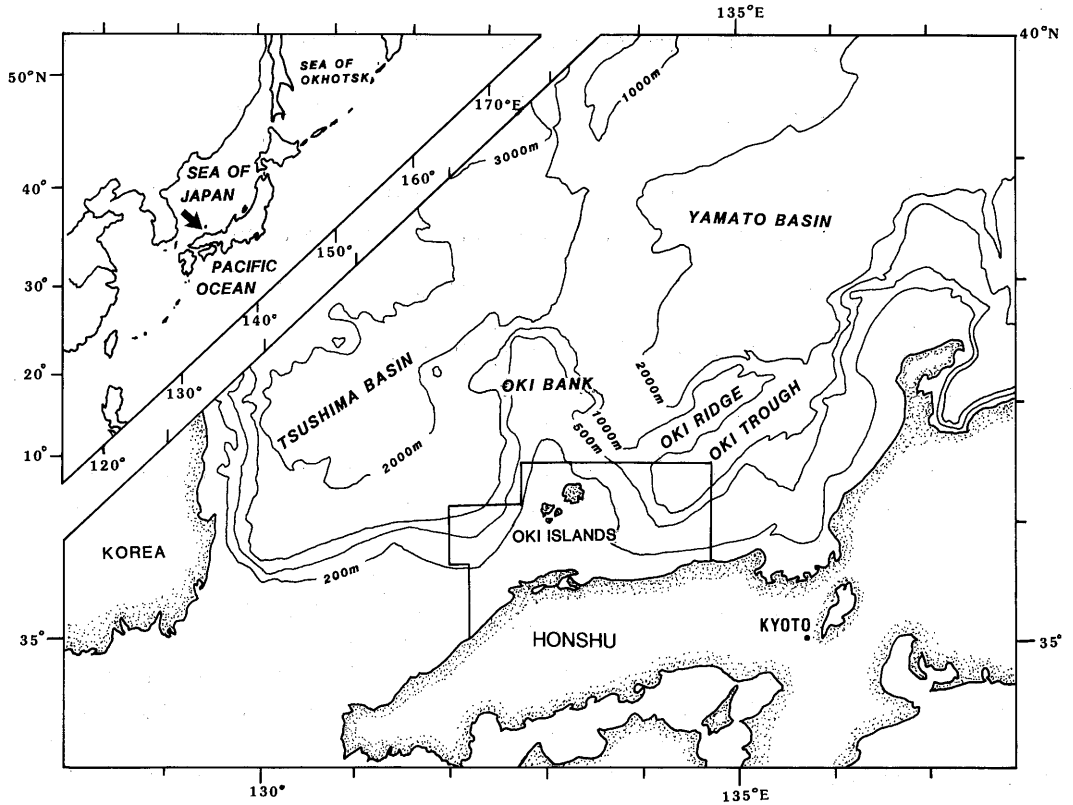


Fig. 1. Index map of the study area (with box).

少なくない。

しかし、本海域では鉱物粒子の分布、堆積についての組織的な研究は、広域をカバーした海底堆積物試料が得られなかったため、十分とはいえなかった。そこで、本研究では、島根半島沖の浅海域の広い範囲で採取した底質試料、約100個の重鉱物に注目して、その分布パターンを明らかにするとともに、鉱物の起源とその分布を規制する要因について考察した。

なお、本研究は、工業技術院地質調査所による「西南日本周辺大陸棚の海底地形に関する研究」の一環として昭和61年6月4日から7月23日にわたり実施されたGH86-2研究航海によって得られた試料に基づくものである。

II. 島根半島の海底地形・底質・海況と周辺陸域の地質概況

A. 海底地形

GH86-2研究航海の調査地域は、Fig. 1 に示された通

り島根半島沿岸から隠岐諸島に至る海域で、その北側には隠岐堆が張り出している。そして隠岐諸島の東側には北東-南西方向に伸びる隠岐海嶺があり、その南側には隠岐舟状海盆が、北側には大和海盆が広がっている。また隠岐諸島の西側には対馬海盆が存在する。本調査海域は、島根半島から隠岐諸島の海域を境として、東側の海域「鳥取沖」と西側の海域「日御碕沖」において、地形的及び地質学的性質が異なっているとされる(棚橋ほか, 1987)。

日御碕、鳥取沖の両海域とも水深200~300mまでの深い平坦面が広く発達しているが、それは山陰沖でより顕著である(岩淵, 1968; 岩淵・加藤, 1988)。エアガンを用いた音波探査結果によれば、日御碕沖海域の大陸棚では50~70mの水深まで急な斜面が続く。更にその外側は、水深400~500mまで傾斜は緩やかとなる。江津市北西の水深120~140mの所には、根滝グリと呼ばれる浅瀬があり、それは北東方向に伸びている。根滝グリと海岸の凹地は北東方向に伸び、それは日御

碕西方まで続く。日御碕の北方には北北西の方向に2、3列の高まりがあり、水深160mまで続いている(棚橋ほか, 1987)。

一方、鳥取沖では大陸棚は狭く、東部では幅10km以下で西部でも30km程度である。また、大陸棚面より一段深い所に深い平坦面が発達しており、隠岐舟状海盆側に緩く傾斜している。海底面は滑らかである(山本ほか, 1987)。

日御碕沖と鳥取沖の間にある隠岐諸島-島根半島を結ぶ海域は、水深がおよそ100m以下の海台で隠岐海脚と呼ばれる(CHOUGH *et al.*, 1981)。

この部分は宍道湖から北東方向の海域でなだらかな三角形の盛り上がりとなり、それは西側と北東側へ傾斜していく。また、隠岐島後の南東部の海域に、水深150~200mのなだらかな平坦面があるが、これは島後から南東方向への緩やかな傾斜になっている。宍道湖北方の水深100m付近の所では東北東の方向に高ま

りがある。隠岐諸島の周りは、水深150mまでは急な斜面が続き、特に隠岐島後の北方は水深200mまで急勾配である。

B. 海底表層堆積物

1. 含泥率分布

本調査域の表層堆積物は、隠岐諸島-島根半島を結ぶ海域と、それ以東の大陸棚と、沿岸域を除いて、泥質堆積物が広く分布している。池原ほか(1987a)によれば、Fig. 2の含泥率分布に示される通り、日御碕沖海域では沿岸域を除いて、ほとんど30%以上の含泥率を示し、島前の南西方向にある水深150m付近の一部では70%以上の含泥率を示す。島後の東方では、含泥率の低い部分が南東に張り出しているが、その張り出し部の西側と南側に90%以上の含泥率を示す所がある。

2. 中央粒径値分布

Fig. 3に中央粒径値に基づく底質図を示す。

日御碕沖海域ではMd ϕ 2~3以上の細粒堆積物が

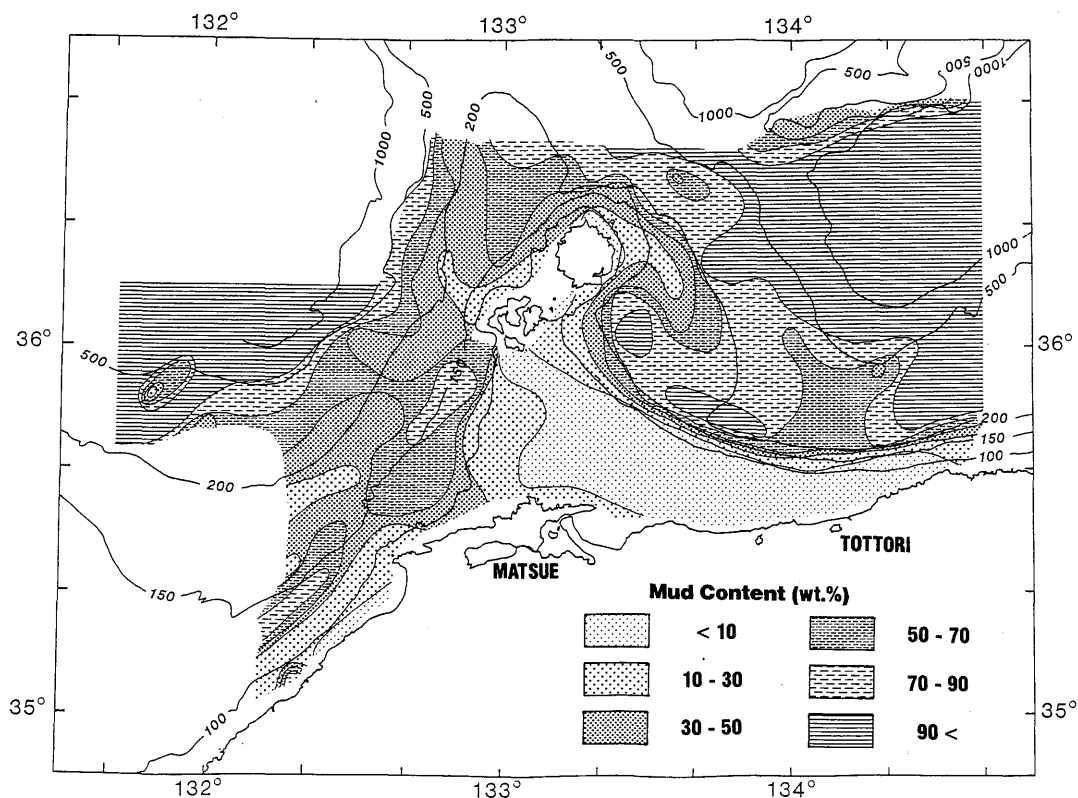


Fig. 2. Distribution of the mud content (wt.%) in the surface sediments (after IKEHARA *et al.*, 1987a).

広く分布し、島前南西方向の水深150m付近では $Md\phi$ 4以上になっている。島後の東方では、 $Md\phi$ 3~4の極細粒砂が南東に張り出している。隠岐諸島-島根半島を結ぶ線以東の大陸棚には、主に $Md\phi$ 1~3の中粒砂から細粒砂が分布している(池原ほか, 1987a)。また宍道湖から北東方向の線上に、 $Md\phi$ 0~1の粗粒砂が分布しているのが特徴的である。

3. その他

本調査域における砂質堆積物の分布は、隠岐諸島-島根半島を結ぶ線以東の大陸棚上に限られるが、それは淘汰の良い砂質堆積物である。サイドスキャンソナーによる海底微地形探査によれば、隠岐海脚にはサンドウェーブやメガリップルが観察されるが、その形態やベッドフォームの組合わせから現在活発に動いているように見えない(池原ほか, 1987b)。

海底写真によれば、砂質底に形成される小規模ベッドフォームである砂漣は一地点(ST.136)しか認めら

れない。また海底面での写真の写り具合をもとに懸濁の程度を見ると、懸濁の分布域は泥質堆積物の分布域にはほぼ一致し、泥質物の堆積が現在も進行中であることを示している(池原・片山, 1987)。

表層堆積物には、日御碕沖海域では貝殻片が多く含まれるが、鳥取沖海域の堆積物には貝殻片が比較的少ない。また、島根半島沖の一部(ST.107)や隠岐諸島の周辺(ST.92, 121, 130, 140)では、砂粒子の多くが貝殻片からなっている(池原ほか, 1987a)。

C. 海況

日本海は対馬暖流が流れており、海況はそれに影響され易いと考えられる。長沼(1977)によれば、対馬暖流は流量 $3\sim 7 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{sec}$ 、流速1ノット前後で、黒潮に比べると流量約1/10、流速1/4の弱い流れである。対馬暖流の流動の季節変化はFig.4に示してある。夏季は対馬海峡を通過したのち本土沿いを北上する流れ(第1分枝流)と、隠岐諸島の北側を通って能登半島

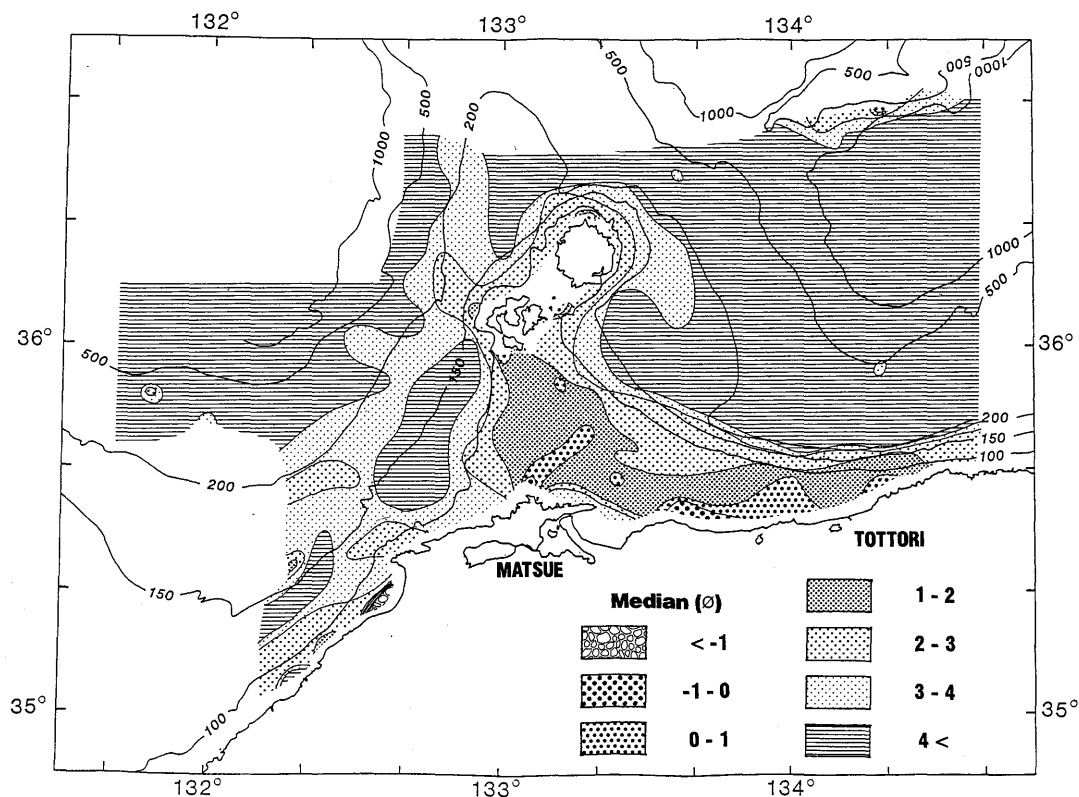


Fig. 3. Distribution of the median diameter (in ϕ -scale) of the surface sediments (after IKEHARA *et al.*, 1987a).

沖、佐渡島沖を通り入道崎沖へ向かう流れ（第2分枝流）と、朝鮮半島の東岸沿いに北上し、38.5°N付近で東に向きを変え、ウルルン（鬱陵）島の北側から大和堆付近を通り入道崎付近で東へ向かう流れ（第3分枝流）の3つの流れがある（Fig. 4）。各分枝流の中間海域には冷水域があり、これは底層から冷水が湧昇して形成されたもので、海底地形と関連している。秋季になると、第1分枝流は極度に弱まり第3分枝流は第2分枝流にまとめられた形になり、さらに冬季になると第2分枝流も弱まる。

日本海の海水は暖流系の表層水、中層水、寒流系の表層水、そして日本海の中層、深層部にあたる日本海個有水の各水塊から成っている。暖流系の表層水は数10m足らずの厚さだが、中層水はその直下から100~300mの深さまでを占める。また、暖流系の表層水は高温低塩分、中層水は高温高塩分という特性がある。暖流系の表層水と中層水の層状状態は夏季に認められるが、冬季に入ると冷却による均質化のため表層水は消滅する（長沼, 1977）。

D. 周辺陸域の地形・地質概況

1. 隠岐諸島

島根半島の沖合いにある隠岐諸島は、島前と島後か

らなる。島前は西ノ島、中ノ島、知夫里の3島が主体で全体として沈水カルデラを作っている。これらの島は主として鮮新世火山岩類から成り、新第三紀の堆積岩は西ノ島の中央部にあるだけである。また、火山岩はアルカリ岩を主としている。島後は、主に鮮新世~完新世のアルカリ岩から成る。島の中央には第三紀の堆積岩が、東方には隠岐片麻岩が露出している（大久保, 1984）。

2. 山陰本土

本調査海域には、西から江川（江津市付近）、日野川（美保湾付近）、天神川（倉吉市付近）、千代川（鳥取市付近）、円山川（兵庫県城崎町付近）の5河川が主に流入する。日野川河口付近には北条砂丘が、千代川河口付近には鳥取砂丘が存在する。日野川と千代川の間では大山火山の北部山裾が小さな川をはさみながら直接海岸線に迫っている。

次に陸域の地質について、鳥取県（1966）、上村ほか（1974）、島根県（1982）、今村ほか（1984）をもとに略述する。

本陸域の地質は主に白亜紀-古第三紀の花崗岩類と新第三紀の安山岩類からなる。江川流域では白亜紀の安山岩類・流紋岩類やジュラ紀の三郡変成岩（橋本、

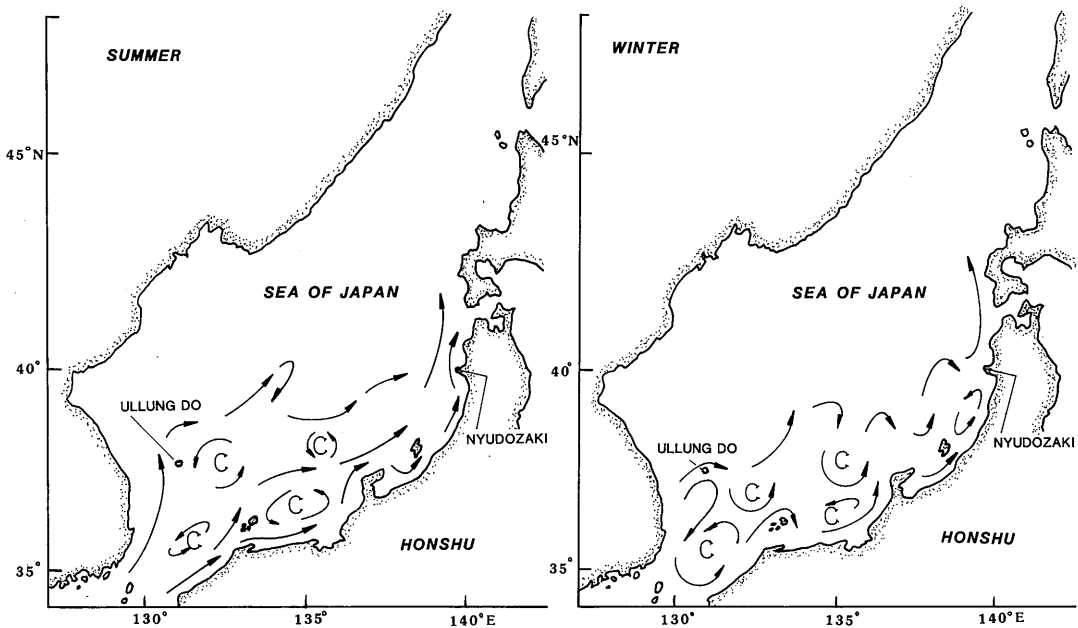


Fig. 4. Circulation patterns of the surface waters in the southern part of the Sea of Japan (simplified from NAGANUMA, 1977).

C: cold water.

1989) が分布し、三瓶山に向かう流域では白亜紀後期～古第三紀初期の花崗岩類と流紋岩類が分布している。日野川、天神川は大山火山の東西両側を流れ、大山火山性堆積物の分布流域および白亜紀後期～古第三紀初期花崗岩類の分布地域をも流域とする。さらに、日野川上流では古第三紀の流紋岩や三郡変成岩の分布地域を流域とする。

千代川、円山川は中新世安山岩類や白亜紀後期～古第三紀初期花崗岩類の分布地域を流れるほか、千代川上流域には「非変成古生層」と三郡変成岩が分布する。円山川上流では、白亜紀～古第三紀の流紋岩および超苦鉄質岩類が分布している。また、島根半島には安山岩、流紋岩・同凝灰岩、火砕岩、玢岩などの火山岩類や礫岩、砂岩、頁岩からなる中新世石見層群が発達している。

III. 試料と研究方法

A. 試料

本研究に用いた底質試料は、1986年に実施された工業技術院地質調査所による白嶺丸のGH86-2調査航海において採取されたものである。

本航海での底質採泥は286地点および、グラフ採泥器によって行われた。これらの地点のうち、本研究では比較的粗粒堆積物が卓越する水深200m以浅の100地点から試料を選んだ (Fig. 5)。堆積物試料の採取は船上で横田が表層0～5cmの部分から行った。本研究では主に200m以浅の試料を使った。そして、その表層堆積物の上部0～5cmを重鉱物分析に使用した。また、本調査域の海底表層堆積物の重鉱物組成との比較のために、陸域河川と砂丘と海岸で砂を採取した。それらの地点は、江川、日野川、天神川、千代川、円山川の各河口、砂丘では北条砂丘と鳥取砂丘、海岸では弓ヶ浜を選んだ。以上の採取地点は、Fig. 5に示した。

B. 研究方法

1. 粒度分別

各試料約100gをビーカーに取り出し、有機物を取り除き粒子を分散させる為に、15%の過酸化水素溶液を入れる。すると、酸素と熱を発生するが、30分毎にガラス棒で攪拌し、泡がおさまるまで放置しておく (MÜLLER, 1967)。次に、泥質部を取り除くために過酸化水素溶液でよく分散した試料を250メッシュの篩に移し、水を注ぎながら落ちてくる水がきれいになるまでブラシで軽くこする。終了後、メッシュに残った砂質部分をビーカーに洗い落とし乾燥機で乾燥させる。そして、乾燥させた砂質部分の試料を電動式篩振盪機で0.5φ

間隔の粒度に篩い分けた。なお、篩う時間は20分前後が適当である。

2. 重鉱物分離

各粒度毎に分けた試料のうち2～3φ, 3～4φの各粒度を取り出し、それぞれの試料から比重を2.85に調整したツレー氏重液を用いてOKADA (1960)の方法で重鉱物分析を行った。なお、試料の量が多いと分離しにくくなるので、その場合は四分法を用いて、使用する試料を8g程度に抑えた。

ここで得られた重鉱物を水でよく洗い乾燥させた後、バルサムで粒子のままスライドガラス上に封じ込め、偏光顕微鏡下で同定を行った。同定に際しては、不透明鉱物や変質した鉱物、黒雲母を除いた透明鉱物を200粒数え、個数パーセントを出した。また、透明鉱物や不透明鉱物、黒雲母、変質した鉱物や判定のつかないものを計200粒数え、重鉱物全体における不透明鉱物、黒雲母の個数パーセントを出した。幾つかの試料は、X線回折による同定チェックを行った。なお、透明鉱物から黒雲母を除いたのは、黒雲母の比重が2.7～3.3であるため、重液分離の時に一部が中間に浮遊するので完全に回収できないからである。しかし、黒雲母はその形状から水の流れに影響されやすいと思われるので、分離できる比重2.85以上の黒雲母について数えることにした。

IV. 重鉱物分析結果

A. 重鉱物種とその特徴

本調査域の表層堆積物の重鉱物組成は、鉄鉱物、黒雲母、普通角閃石 (緑色角閃石、褐色角閃石、酸化角閃石)、単斜輝石、紫蘇輝石、カンラン石、ジルコンとその他の鉱物からなることが明らかになった。鉄鉱物については、X線回折の結果、磁鉄鉱がほとんどであった。その他の鉱物は、電気石、ルチル、ざくろ石、透明角閃石、緑簾石などであるが産出量は少ない。試料毎の重鉱物組成は Tables 1～4 に示す通りである。これらの鉱物種のほか、隠岐海脚上で採取されたピストンコア試料から、CHOUGH *et al.* (1981)は紅柱石、ゾイサイトなどを報告しているが、本研究では確認できなかった。以下に、主な鉱物の特徴を簡単に記す。

1. 普通角閃石

偏光顕微鏡下では、緑色角閃石、褐色角閃石、酸化角閃石が判別できた。緑色角閃石は淡緑色～深緑色、淡緑褐色～緑褐色、黄緑色～薄緑色の多色性を示す。消光角は12～34°。ほとんどの結晶粒子は柱状～短柱状である。褐色角閃石は緑褐色 (X軸) から褐色 (Y軸)

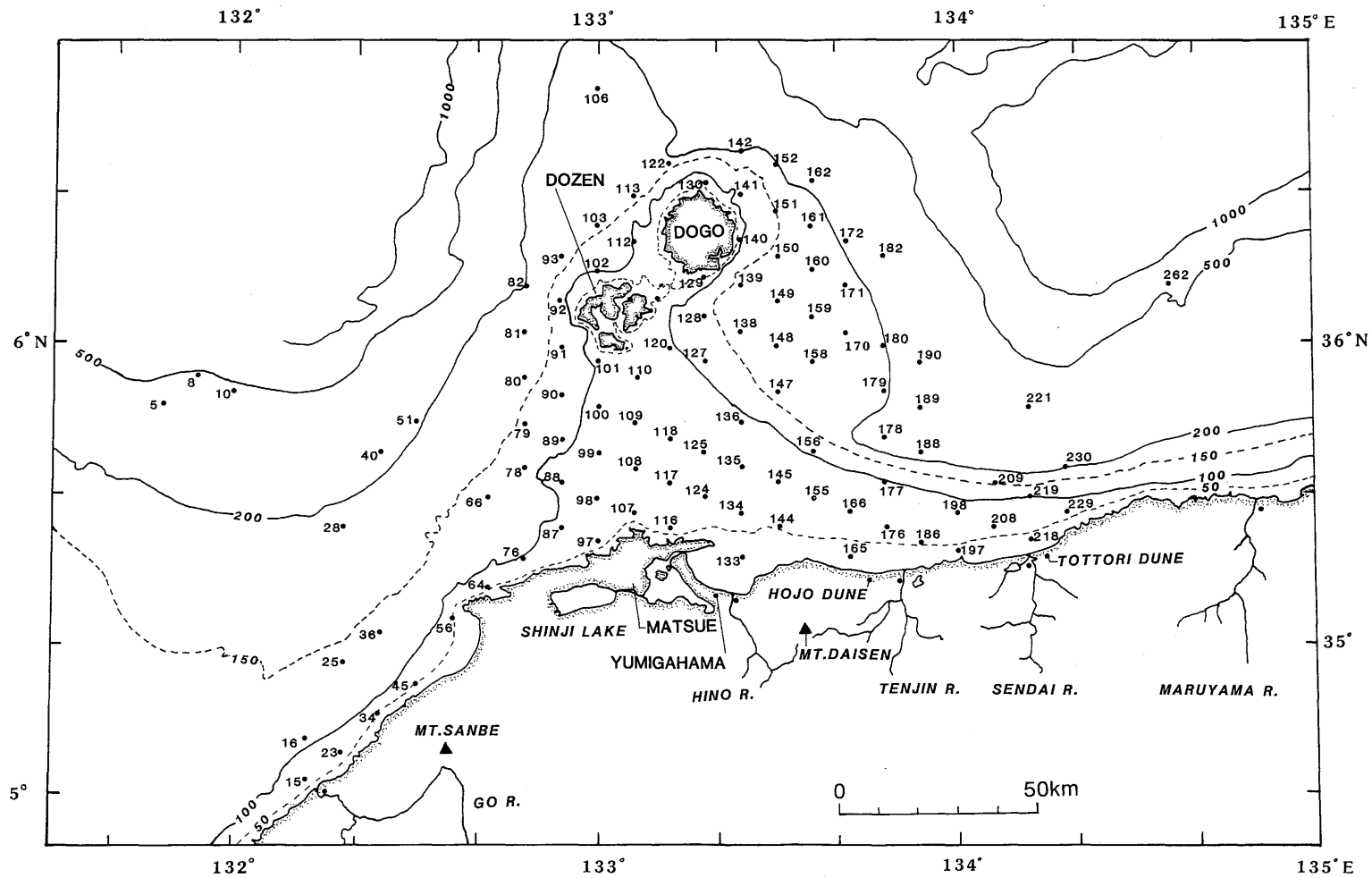


Fig. 5. Map showing the sampling stations.

島根半島沖海底表層堆積物における重金属分布

Table 1. Heavy mineral composition of bottom sediments (2-3 ϕ) off the San-in coast.

Sample Mineral Species	8	10	15	28	34	36	40	45	51	56	64	76	78	79	80	81	82	87	88	89	90	91	92	93	97
Green hornblende	26.5	53.1	63.9	65.3	59.9	57.1	69.5	62.8	56.3	80.2	66.7	75.7	56.6	36.7	58.8	35.9	42.4	77.6	81.2	83.1	69.5	76.3	65.6	57.8	24.3
Brown hornblende	0.4		4.5	1.3	5.8	2.9	3.8	3.5	1.4	4.1	0.7	1.0	1.6		8.3	6.6	2.0	2.5	2.5	1.5	1.1	1.3	4.0	6.3	3.9
Oxyhornblende	0.9	2.0	1.9		1.4	5.1	1.4	3.5	0.5	0.6	1.4		0.5	3.8	1.0			2.0	2.0	1.5	2.1	3.8	1.3	1.0	1.9
Clinopyroxene	14.8	8.2	7.1	4.9	6.3	4.6	3.8	9.0	6.5	3.5	12.5	5.8	9.0	25.3	8.8	18.2	7.9	4.0	4.5	5.0	7.4	5.0	8.4	8.3	40.8
Hypersthene	52.7	8.2	11.0	20.0	17.4	5.7	8.0	12.6	19.5	2.9	3.5	1.0	18.0		14.2	28.3	35.0	4.5	3.0	1.5	2.1	10.0	8.8	8.9	6.3
Zircon				0.4			0.9						1.1		0.5					0.5					0.5
Olivine	2.2	2.1	0.6	1.3	1.9	2.3	4.2	5.5	2.3	3.5	4.2	1.9	3.7	8.9	2.5	4.0	2.0	2.5	2.0	1.0	4.2	2.5	4.4	6.3	11.2
Others	2.5	26.4	11.0	6.8	7.3	22.3	8.4	3.1	14.0	5.2	11.0	14.6	9.5	25.3	5.9	7.0	10.7	6.9	4.8	5.9	13.6	1.1	7.5	10.9	11.6
Biotite		7.3	12.1	1.3		8.6	2.7		10.0	5.4		24.6	0.6	18.6	4.0			—		5.3	6.7	0.6	1.2	2.6	1.5
Non-opaque heavy minerals(%)	10.3	11.9	12.1	8.6	1.9	3.6	11.0	10.1	5.6	2.7	10.5	7.8	44.2	1.3	10.1	10.7	8.2	—	3.2	1.3		8.3	25.0	11.5	4.4
Heavy mineral weight percent	1.4	0.3	1.5	4.9	4.7	0.3	1.5	2.5	0.6	1.1	1.0	0.4	0.8	0.5	0.8	1.2	1.5	2.8	2.1	0.6	1.3	2.7	0.9	1.1	0.1
Sample Mineral Species	98	99	100	101	103	106	107	108	109	110	112	113	116	117	118	120	122	124	125	127	128	129	130	133	134
Green hornblende	74.3	34.7	54.5	41.6	51.2	13.3	15.0	63.0	40.6	33.3	34.0	41.3	60.2	37.1	40.1	26.8	52.9	32.6	46.6	38.5	24.4	1.5	2.7	37.3	26.5
Brown hornblende	4.0	1.0	8.6	4.2	2.4	11.7	5.0	5.3	4.5		8.5	6.1	2.2	16.1	6.8	8.9	6.9	6.2	6.8	7.2	2.8	1.5	1.1	12.0	5.7
Oxyhornblende	1.0	0.5	6.7	3.2	0.6	3.3		2.4	3.6	3.8		1.5	2.2	12.2	13.0	10.8	2.3	9.6	12.3	8.2	0.5			17.7	16.6
Clinopyroxene	7.4	35.2	11.0	23.0	13.3	50.0	33.3	6.3	21.0	24.4	30.0	16.8	21.5	4.9	3.9	35.0	13.2	18.0	2.7	23.1	45.5	16.8	49.5	0.5	2.8
Hypersthene	3.5	14.3	13.9	17.9	6.0	1.7	25.0	13.5	15.6	30.8	6.4	21.9	3.8	25.9	32.4	8.3	14.9	25.3	25.3	14.4	8.9	0.8	2.1	13.9	41.2
Zircon				0.5	0.6		1.7		0.4	3.8											0.5				
Olivine	5.0	8.7	3.3	5.8	6.6	3.3	3.3	5.8	11.2	3.8	12.8	2.0	1.6	2.0	1.0	5.7	13.2	5.6	0.7	1.9	6.1	71.0	26.6	1.9	
Others	4.8	5.6	2.0	3.8	19.3	16.7	16.7	3.7	3.1	0.1	8.3	10.4	8.5	1.8	2.8	4.5	—	2.7	5.6	6.7	11.3	8.4	18.0	16.7	7.2
Biotite			0.6		34.6	39.3				0.6	0.7	3.0	3.9	1.7				0.7		1.9	0.6	6.4			22.7
Non-opaque heavy minerals(%)	6.3	14.7	16.6	32.3	6.5	8.7	72.9	8.1	21.6	44.9	1.3	13.3	8.6	6.9	6.5	4.6	14.8	5.8	2.9	9.4	4.3	3.9	14.8	9.7	10.8
Heavy mineral weight percent	0.5	1.3	1.3	1.4	0.3	1.2	6.1	0.6	1.1	5.2	2.9	0.8	0.4	2.8	2.0	0.7	0.5	7.0	2.6	2.9	0.5	4.9	3.3	1.0	15.3

Table 1. (continued)

Sample Mineral Species	135	136	138	139	140	142	144	145	147	149	150	151	152	155	156	158	159	160	161	162	165	166	170	171	176
Green hornblende	33.5	41.4	39.5	17.8	1.3	51.9	29.3	43.0	41.1	64.2	52.9	43.0	25.6	38.8	57.2	61.5	62.8	53.0	60.7	63.8	42.2	37.1	66.1	48.7	27.3
Brown hornblende	9.7	12.3	5.3			4.3	10.7	8.0	5.6	1.9	5.9	4.5	1.7	5.0	6.5	5.8	3.8	4.0	2.4	2.5	8.5	10.3	4.7	5.1	13.7
Oxyhornblende	14.6	13.8			1.3	2.7	16.6	10.3	3.3	3.8	4.2	2.5		9.0	8.4	1.9	3.2	1.0	3.6	2.5	10.9	10.3	2.6	5.1	11.5
Clinopyroxene	2.9	2.5	18.4	28.9	32.5	13.0	5.9	8.5	17.8	1.9	15.1	29.5	21.4	3.5	4.2	11.5	5.8	13.5	13.1	5.0		3.8	4.7	7.7	0.9
Hypersthene	35.9	24.6				10.2	34.6	26.0	2.2		1.7	1.0	6.8	33.8	12.6		5.1	4.5			31.8	32.9	1.7		41.4
Zircon				2.2		0.5							1.7		0.5			1.5						1.7	
Olivine	0.5	2.0	2.6	8.9	21.3	2.7	2.0	1.4	6.7	1.9	3.4	2.0	18.8	1.0	1.4	3.8	4.5	3.0	1.8	2.5	0.9	1.9	2.1	12.8	0.9
Others	2.9	3.4	34.2	42.2	43.6	14.7	0.9	2.8	23.3	26.3	16.8	17.5	24.5	8.9	9.2	15.5	14.8	19.5	18.4	23.7	5.7	3.7	16.4	20.6	4.3
Biotite			7.3	10.3	1.9	2.7			4.9	5.1	29.5	7.6	3.7		0.6	46.6	51.3	54.1	48.0	3.3			43.0	65.3	
Non-opaque heavy minerals(%)	12.3	18.2	1.2	2.6	5.0	6.8	5.7	2.4	0.7		4.8	5.9	4.3	16.6	4.8	0.7	2.0	1.2	1.9	1.3	3.2	9.3	7.2	4.7	15.6
Heavy mineral weight percent	9.2	2.9	0.6	0.04	3.1	0.5	29.1	2.4	1.5	3.1	1.0	0.1	1.4	4.6	0.9	0.5	1.3	0.5	0.1	0.7	19.7	6.3	0.3	0.4	14.1

Sample Mineral Species	177	179	180	182	186	189	190	197	198	208	209	218	219	221	229	230	262
Green hornblende	40.2	51.7	52.1	53.2	34.0	61.6	34.8	28.2	34.2	44.4	73.4	26.6	48.2	71.8	43.2	65.0	34.4
Brown hornblende	7.2	5.0	6.2	8.5	6.8	8.0	16.9	4.7	11.1	5.1	3.9	3.7	6.1	4.5	7.0	10.0	3.4
Oxyhornblende	13.4	5.0	3.4	4.3	10.9	5.4	4.5	10.3	9.5	8.7	10.1	0.9	11.2	1.4	8.0	10.0	0.9
Clinopyroxene	3.3	18.3	8.2	8.5	1.8	4.5	22.5	0.5	2.5	2.0	1.4	5.6	3.0	2.7	4.2		26.5
Hypersthene	31.1	5.0	3.4	4.3	45.0	5.4	6.7	53.5	34.2	30.6	6.8	59.3	26.9	9.1	31.0	10.0	15.4
Zircon	0.5																
Olivine	0.5	3.3	4.8		0.9	2.7	5.6	0.9	1.2	0.5		0.5		3.6	0.5		2.6
Others	3.8	11.7	21.9	21.2	0.6	12.4	9.0	3.4	7.3	8.7	4.4	3.4	4.6	6.9	6.1	5.0	16.8
Biotite		59.9	36.0	7.8	2.4	40.4	61.3				8.3	—		36.8		15.4	2.1
Non-opaque heavy minerals(%)	6.0	4.5	3.2	9.6	11.6	18.5	7.4	16.3	9.5	9.3	6.0	—	8.6	7.2	6.2	1.9	5.4
Heavy mineral weight percent	1.6	0.3	0.3	0.2	0.8	0.5	1.0	4.1	7.2	8.9	0.4	17.6	3.2	3.0	6.1	1.5	3.4

Table 2. Heavy mineral composition of bottom sediments (3-4 ϕ) off the San-in coast.

Sample Mineral Species	5	8	10	15	23	25	28	34	36	40	45	51	56	64	66	76	78	79	80	81	82	87	88	89	90
Green hornblende	49.8	54.1	54.1	52.8	61.0	60.5	65.5	45.4	50.9	55.8	41.9	57.1	57.4	52.9	48.7	63.6	60.6	33.5	50.0	47.0	48.3	69.4	73.0	71.6	58.6
Brown hornblende	2.5	2.2	4.2	2.3	1.3	4.0	1.8	3.4	4.0	2.4	8.1	2.1	3.1	2.7	3.1	3.8	4.2	2.6	5.5	4.0	1.5	2.9	2.4	1.0	2.0
Oxyhornblende	1.5	1.6	1.3	6.9	2.5	4.0	0.9	2.1	9.4	1.4	3.8	4.8	2.5	1.1	7.7	3.0	4.7	3.7	6.5	1.0	1.0	2.4	1.4	1.5	2.5
Clinopyroxene	20.4	5.5	6.7	3.7	1.9	10.3	6.2	3.0	7.6	8.7	11.4	4.2	9.1	18.7	12.3	6.4	8.0	26.7	8.5	14.9	10.3	6.3	6.2	10.3	6.6
Hypersthene	3.5	11.5	6.3	2.3	0.6	0.5	10.6	18.3	1.3	1.4	21.9	1.6	1.0	2.7	1.5	0.4	1.9	1.1	2.0	8.4	17.7	1.0	1.4	1.5	
Zircon	0.5		0.8	0.5			1.3	5.0		1.0			1.5		0.5	4.2	2.3		0.5	1.5	6.4	2.4	1.4	1.5	
Olivine	4.5	9.3	5.8	1.8	1.3	4.9	3.1	3.0	5.4	10.6	5.7	3.7	5.1	9.1	13.3	3.8	1.4	8.9	8.0	8.4	2.0	2.9	5.7	3.9	7.1
Others	17.3	15.8	20.8	29.7	31.4	15.8	10.6	19.8	21.4	18.7	7.2	26.5	20.3	12.8	12.9	14.8	16.9	23.5	19.0	14.8	12.8	12.7	8.5	8.7	23.2
Biotite	0.5		0.6	1.2	14.1	0.7		0.7	0.6	0.6	0.7		11.0	0.6				0.6	0.7		—				1.9
Non-opaque heavy minerals(%)	3.5	3.8	3.8	11.4	1.3		12.4	69.3	7.0	5.1	33.1	1.9	0.6	13.6	2.0	8.4	15.6	1.9	9.3	7.2	37.9	—	10.3	9.4	
Heavy mineral weight percent	9.4	3.4	1.2	4.2	5.9	5.3	5.9	16.3	1.3	3.0	6.0	2.6	5.1	3.4	2.7	1.7	1.5	4.3	1.8	7.3	9.0	2.5	3.4	3.4	4.5

Sample Mineral Species	91	92	93	97	98	99	100	101	102	103	106	107	108	109	110	112	113	116	117	118	120	122	124	125	127
Green hornblende	63.3	41.1	59.7	7.9	76.9	64.4	79.7	51.9	12.4	49.5	55.4	12.6	62.4	62.3	32.8	27.9	57.1	24.5	39.7	50.0	31.8	48.2	30.3	42.8	33.6
Brown hornblende	3.1	2.1	3.1	3.4	3.4	1.4	1.9	7.6	2.0	2.3	2.6		4.0	4.2	3.4	3.1	3.1	4.7	7.1	4.9	2.3	7.1	7.0	2.3	7.3
Oxyhornblende	3.9	0.4	1.5		1.4	3.4	1.9	1.9	1.0	0.9	4.2	1.4	1.0	3.3	2.9	1.0	2.1	10.4	9.8	4.9	1.4	2.2	6.0	20.0	1.8
Clinopyroxene	8.3	19.1	11.7	62.6	4.3	11.1	5.8	12.4	40.8	19.1	10.9	49.8	8.9	13.5	22.5	43.2	14.1	27.4	9.4	6.3	39.2	13.0	8.5	2.3	36.4
Hypersthene	3.1	6.8	6.1	2.5	4.8	6.3	5.3	9.5	2.5	3.2	1.6	15.0	5.0	7.0	14.7	6.1	5.2	11.3	21.0	18.4	11.1	9.8	33.8	18.6	9.1
Zircon		6.8	1.5		1.0	1.0		3.3	0.5	0.9	0.5	1.0		0.9	8.3		1.1	0.5	2.2	1.0	0.9	1.3	4.0	0.5	0.5
Olivine	7.9	13.1	3.1	11.3	3.4	10.6	3.9	8.1	17.9	5.5	11.4	10.1	15.9	6.5	7.8	12.7	3.7	0.9	3.6	8.7	7.4	10.3	7.5		4.5
Others	10.4	10.6	13.3	12.3	4.8	1.8	1.5	5.3	22.9	18.6	13.4	10.1	2.8	2.3	7.6	6.0	13.6	20.3	7.2	5.8	5.9	8.1	2.9	13.5	6.8
Biotite			0.5				0.7					2.6	0.6									0.6			1.4
Non-opaque heavy minerals(%)	8.4	32.7	21.1	9.1	11.6	19.6	14.6	29.7	7.2	11.0	1.3	24.7	23.4	17.1	63.0	1.9	13.8	20.8	22.6	25.2	15.1	19.0	63.7	20.3	12.6
Heavy mineral weight percent	4.4	6.6	3.4	1.5	4.3	2.7	5.4	2.5	14.4	1.2	3.4	27.0	4.2	1.6	6.6	11.6	3.2	3.6	2.4	1.0	4.3	6.7	31.3	1.8	0.4

Table 2. (continued)

Sample Mineral Species	128	129	130	133	134	135	136	138	139	140	141	142	144	145	147	148	149	150	151	152	155	156	158	159	160
Green hornblende	29.1	2.9	6.4	31.9	27.1	21.6	58.1	29.8	22.0	3.0	16.9	49.3	16.2	36.1	49.7	25.2	52.0	68.6	47.7	38.7	39.9	56.9	60.0	64.0	53.1
Brown hornblende	3.0	0.5	1.5	10.5	2.4	8.7	5.9	2.1	1.0	3.0	1.1	5.2	2.5	8.7	3.7	4.4	3.0	1.0	3.5	5.7	6.1	7.4	2.5	2.5	2.4
Oxyhornblende	1.5	0.5	2.0	18.8	12.6	11.5	3.2	4.2	0.5	1.8	1.1	5.2	10.8	3.8	1.9	3.1	1.5	1.6	1.5	2.6	8.3	1.9	3.0	3.5	2.4
Clinopyroxene	33.5	28.5	38.1	4.8	4.3	1.0	4.1	28.8	39.5	26.4	45.1	10.0	1.5	4.3	14.3	27.0	19.3	8.8	18.1	19.6	4.8	7.4	11.0	6.5	9.1
Hypersthene	2.5	1.0	4.5	16.2	39.1	42.3	15.3	2.6	1.0	1.2	2.7	6.6	59.3	34.1	3.1	2.5	0.5	1.0	2.5	2.6	26.3	11.1		1.5	2.4
Zircon			2.5	0.4	3.4	2.9	7.2	0.5				3.3	2.5	2.4	0.6	1.3	0.5	0.5		0.9	1.8				1.0
Olivine	3.9	57.5	20.8	1.3	1.0	1.9	4.1	5.8	12.7	25.2	16.3	3.8	2.0	3.8	10.6	15.1	5.0	5.2	5.0	7.4	1.8	5.6	7.0	7.5	5.7
Others	26.5	9.1	24.2	16.1	10.1	10.1	2.1	26.2	23.3	39.4	16.8	16.6	5.2	6.8	16.1	21.4	18.2	13.3	21.7	22.5	11.0	9.7	16.5	14.5	23.9
Biotite	0.6							1.3				0.6				4.9	1.3	0.7					1.1	1.4	0.6
Non-opaque heavy minerals(%)	4.1	0.6	16.4	7.2	58.3	29.7	40.2	2.7	8.5	10.7	5.7	17.2	40.4	21.2	3.3	4.2	3.8	3.3	14.2	5.7	32.5	7.3	3.4	1.4	9.5
Heavy mineral weight percent	2.6	12.6	5.1	5.0	27.0	25.6	17.8	4.1	2.0	8.1	9.8	5.5	10.7	22.3	6.4	1.6	1.9	4.4	2.5	5.4	34.5	11.0	1.5	2.9	2.0

Sample Mineral Species	161	162	165	166	170	171	172	176	177	178	179	180	182	186	188	189	190	197	198	208	209	218	219	221	229	230	262
Green hornblende	64.3	60.4	23.9	41.5	63.5	55.3	41.8	21.9	49.8	54.6	58.5	48.0	38.7	22.0	56.3	60.6	55.1	25.6	32.4	32.5	61.0	17.9	44.0	54.4	30.2	48.2	51.1
Brown hornblende	3.9	2.0	10.4	9.2	2.9	2.2	2.1	10.5	9.8	4.6	1.9	2.4	3.9	2.5	3.0	6.1	5.9	10.1	5.6	5.2	2.6	5.0	6.8	2.7	9.5	4.5	3.4
Oxyhornblende	1.9	5.9	11.7	7.4	4.1	4.0	2.1	10.0	11.6	2.6	3.3	6.7	2.9	12.3	5.5	5.6	3.2	7.7	9.4	6.2	9.5	6.0	7.7	5.3	9.9	10.6	2.6
Clinopyroxene	8.2	6.4	2.3	4.8	10.2	12.4	19.6	5.2	4.0	10.2	9.9	13.4	27.0	5.9	5.0	8.7	10.2	1.9	2.8	1.5	2.2	2.0	3.4	7.5	2.7	10.1	11.1
Hypersthene	2.4	1.5	36.0	28.4	0.4	0.4	1.1	45.7	18.7	6.1	2.4	0.5	0.5	38.6	4.5	1.3	3.2	47.3	32.9	50.5	12.1	56.7	27.5	4.9	39.6	6.6	6.9
Zircon	1.0		5.0		0.4			0.5				0.5		0.4	0.5		0.5	0.5	1.4			5.0	1.4		0.5	1.5	1.3
Olivine	6.8	5.5	0.9	3.9	6.6	2.7	5.3	3.3	4.9	6.6	3.3	6.2	4.9	2.5	4.5	4.3	4.3		0.9		1.3	0.5	1.0	4.9	1.8	6.5	6.9
Others	11.5	18.3	9.8	4.8	11.9	23.0	28.0	2.9	1.2	15.3	20.2	22.8	22.1	15.8	25.7	13.4	17.6	6.9	14.6	4.1	11.3	6.9	8.2	20.3	5.8	12.0	16.7
Biotite	0.7	0.6				1.9	2.5			1.2	2.4	3.9	1.9		1.8		2.5							4.3		1.2	12.3
Non-opaque heavy minerals(%)	10.0	1.9	42.0	18.6	14.4	12.4	4.4	24.3	9.4	7.6	6.6	10.5	8.9	33.3	7.2	12.7	4.4	31.4	38.3	8.4	15.7		21.1	12.8	15.6	6.7	0.6
Heavy mineral weight percent	2.2	4.0	7.9	16.5	1.1	1.7	2.6	19.7	16.8	0.6	0.9	1.2	0.4	1.7	0.5	1.5	2.7	9.0	16.9	37.0	7.5	73.5	22.4	2.9	33.3	4.0	2.0

Table 3. Heavy mineral composition of shore sediments (2-3 ϕ) along the San-in coast.

Sample Mineral Species	Tottori Dune	Hojo Dune	Yumigahama	Maruyama R.	Sendai R.	Tenjin R.	Hino R.	Go R.
Green hornblende	27.4	29.5	54.9	22.3	24.6	39.7	41.8	65.9
Brown hornblende	10.9	16.1	7.8	7.8	7.7	10.1	9.6	9.0
Oxyhornblende	3.5	9.8	3.5	0.5	2.1	6.0	10.1	3.3
Clinopyroxene	4.5	2.1	2.8	23.3	11.3	1.0	2.4	5.2
Hypersthene	47.3	36.8	18.3	28.2	33.9	35.2	21.2	1.0
Zircon							1.0	
Olivine	2.5	0.5		3.4	4.1	0.5	3.4	2.4
Others	3.9	5.2	12.7	14.5	20.4	7.5	10.5	13.2
Biotite		0.7	0.6				0.7	
Non-opaque heavy minerals(%)	14.5	5.8	43.5	9.6	20.1	10.5	38.9	6.8
Heavy mineral weight percent	7.3	15.9	26.7	13.6	6.3	15.3	7.0	6.4

の多色性を示し、結晶粒子は柱状で角が欠けていることが多い。酸化角閃石は0~5°の小さい消光角をもち黄色(X軸)から赤褐色(Z軸)の多色性を示す。粒子は短柱状で、平たく延びた形を示す。

2. 単斜輝石

結晶粒子の色は薄い緑褐色で、粒状、45°以上の消光角を持つ、結晶伸長方向の両端が鋸歯状を示すことが多い。

3. 紫蘇輝石

粒子の色は透明感を伴い、ほとんどは黄色から緑色の多色性を示すが、いくつかの紫蘇輝石は桃色から緑色の多色性を示す。ガラス質や、泡などの含有物をもつものが多い。桃色から赤褐色を示す粒子は黒い含有物を含んでいる。

4. カンラン石

カンラン石は粒状から短柱状で、無色から薄い灰緑褐色を示す。

B. 重鉱物分布

1. 重鉱物の産出頻度

ここでは透明重鉱物の産出頻度について述べる。200

粒以上数えた透明鉱物各種の個数パーセントの値に基づいて、百分率最小値-最大値、平均、標準偏差、分散を求めた(Table 5)。さらに平均値を円グラフに表した(Fig. 6)。

円グラフを見てもわかるように、緑色角閃石、褐色角閃石、酸化角閃石の3種の角閃石が、2~3 ϕ の粒度では透明鉱物中の56.9%、3~4 ϕ の粒度では53.9%と約半分を占める。特に緑色角閃石の占める割合は大きい。単斜輝石は、2~3 ϕ の粒度が11.9%、3~4 ϕ の粒度が12.7%で、紫蘇輝石はそれぞれ16.0%、11.7%である。ジルコンは2~3 ϕ の粒度が0.2%、3~4 ϕ の粒度で1.2%と、占める割合が少ない。カンラン石は2~3 ϕ の粒度が4.5%、3~4 ϕ の粒度が6.3%であった。これらの中で3~4 ϕ の粒度よりは、2~3 ϕ の粒度にやや多く産出するのは緑色角閃石、褐色角閃石、酸化角閃石の3種の角閃石と、紫蘇輝石である。逆に、3~4 ϕ の粒度の方に多く存在するのは単斜輝石とジルコンとカンラン石である。

緑色角閃石、単斜輝石、紫蘇輝石などのような高い頻度を示す鉱物は標準偏差や分散の値が大きいので、

Table 4. Heavy mineral composition of shore sediments (3-4 ϕ) along the San-in coast.

Sample Mineral Species	Tottori Dune	Hojo Dune	Yumigahama	Maruyama R.	Tenjin R.	Hino R.	Go R.
	Green hornblende	24.9	40.6	66.4	16.4	41.5	52.5
Brown hornblende	6.1	12.7	4.7	2.9	13.8	8.3	5.3
Oxyhornblende	10.5	7.1	2.8	0.5	10.1	4.2	2.9
Clinopyroxene	1.7		2.8	16.8	0.5	1.8	5.3
Hypersthene	52.4	23.6	3.3	36.5	30.4	12.0	2.4
Zircon	0.4	1.9	3.8	1.0		1.8	1.0
Olivine	1.3		0.5	4.8		2.3	6.3
Others	2.7	14.1	15.7	21.1	3.7	17.1	13.8
Biotite						1.3	
Non-opaque heavy minerals(%)	36.9	31.0	46.8	22.5	10.8	21.7	26.8
Heavy mineral weight percent	50.0	9.7	15.8	32.1	15.1	8.2	23.4

Table 5. Percent range, mean, standard deviation and variance of heavy mineral components.

Component	Range (%)		Mean (%)		Standard Deviation (%)		Variance	
	F	VF	F	VF	F	VF	F	VF
GREEN HORNBLEND	1.3~83.1	2.9~79.7	46.6	45.2	18.4	17.2	337.7	295.0
BROWN HORNBLEND	0.0~16.9	0.0~13.8	5.6	4.2	3.7	2.7	13.8	7.4
OXYHORNBLEND	0.0~17.7	0.0~20.0	4.7	4.5	4.6	3.8	20.9	14.8
CLINOPYROXENE	0.0~50.0	0.0~62.6	11.9	12.7	11.4	11.9	129.3	142.2
HYPERSTHENE	0.0~59.3	0.0~59.3	16.0	11.7	14.4	14.6	208.8	211.7
ZIRCON	0.0~3.8	0.0~8.3	0.2	1.2	0.6	1.7	0.3	2.8
OLIVINE	0.0~71.0	0.0~57.5	4.5	6.3	8.0	6.7	63.5	44.3

F=fine sand(2~3 ϕ) VF=very fine sand(3~4 ϕ)

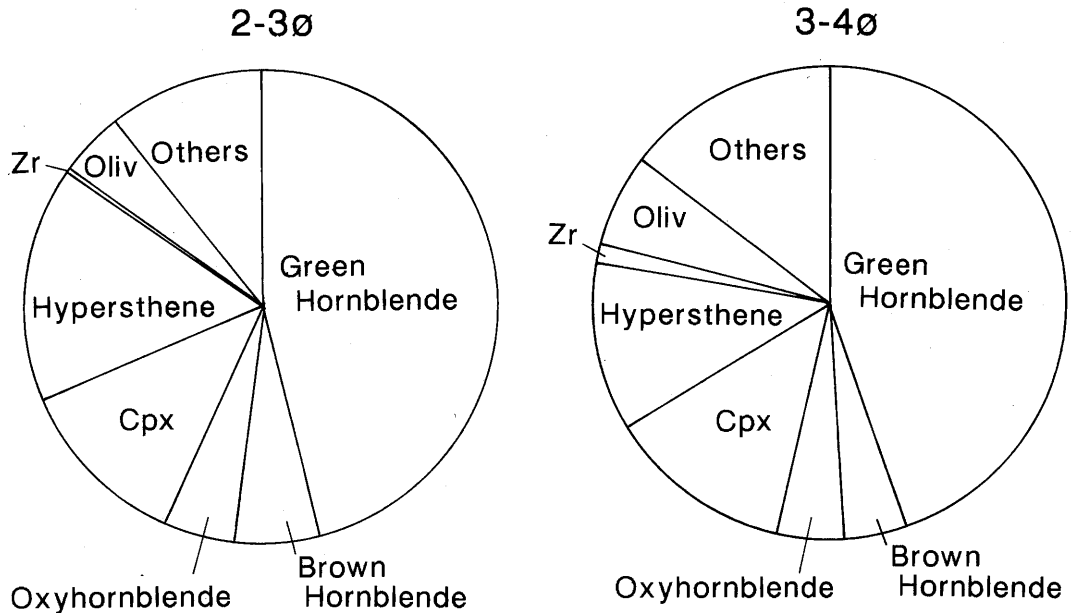


Fig. 6. Averaged compositions of non-opaque heavy minerals (%).

Zr: zircon, Oliv: olivine, Cpx: clinopyroxene

平均値のまわりに値が集中するのではなく広い範囲に値が分布することがわかる。

2. 重鉱物分布

2～3φ, 3～4φのそれぞれの粒度の砂の中に含まれる重鉱物の重量パーセントと、各鉱物の個数パーセントの結果を円の大きさで表し、各地点にプロットした。Fig. 7に2～3φの粒度, Fig. 8に3～4φの粒度の重鉱物分布を示す。両者とも、中海から北東方向の線以東の陸上河川の流入をもつ大陸棚に多く分布し、それ以西では少ない。2～3φと3～4φの粒度の分布を比べると明らかに3～4φの粒度の方が、重鉱物の占める割合が大きい。従って、本研究では主として3～4φの粒度の重鉱物組成分布を検討する。以下は、主な鉱物の分布状況である。

a. 緑色角閃石

緑色角閃石は、本調査地域の全域にわたり広く分布する (Fig. 9)。

隠岐海脚上では、西側から東側に行くに従って鉱物の割合が減少していく傾向がある。隠岐島後の東方から南東部では、水深150mより深いところは割合多く分布しているのに対し、島後付近の150m以浅では含有量が少ない。また、島根半島の松江北方の沿岸でも

含有量が少ない。一方、河川においても西側の江川から東側の円山川に行くに従って含有量が少なくなっている。

b. 褐色角閃石

褐色角閃石の分布は Fig. 10 に示す。

この鉱物は隠岐-島根半島以東の水深150m以浅の大陸棚に多く分布している。この大陸棚は日野、天神、千代、円山川の各河口域を含んでいる。

一方、島後の南東方向にある水深150～200mの緩やかな大陸棚では、褐色角閃石の割合は少ない。

c. 酸化角閃石

酸化角閃石も褐色角閃石とほぼ同様な分布傾向を示す。すなわち、隠岐-島根半島以東の大陸棚に多く産する (Fig. 11)。また、隠岐諸島の周辺では、酸化角閃石の割合は低いにしても均一に分布する。

一方、東部の円山川においてはその含有量が少なく、島後の南東方向の水深100～200mの海域、及び隠岐-島根半島以西の分布量も少ない。

d. 単斜輝石

単斜輝石の分布の特徴は、隠岐諸島周辺に集中していることと、島根半島北方の沿岸部にも産出することである (Fig. 12)。日野川、天神川、千代川の河口の大

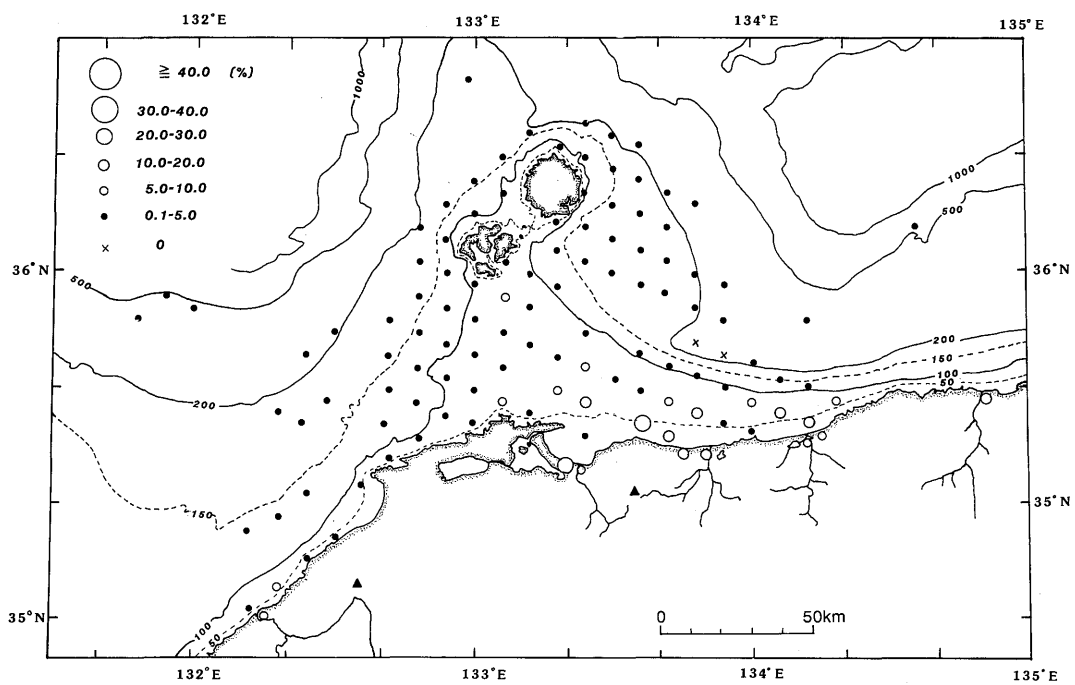


Fig. 7. Distribution of heavy minerals of the 2-3 ϕ fraction.

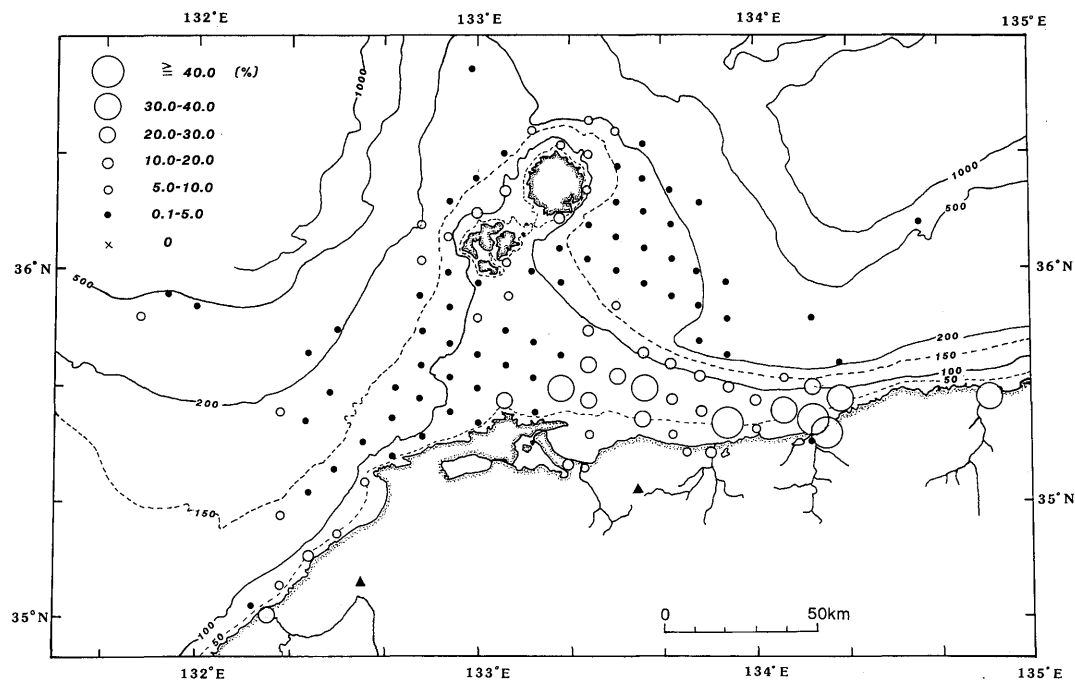


Fig. 8. Distribution of heavy minerals of the 3-4 ϕ fraction.

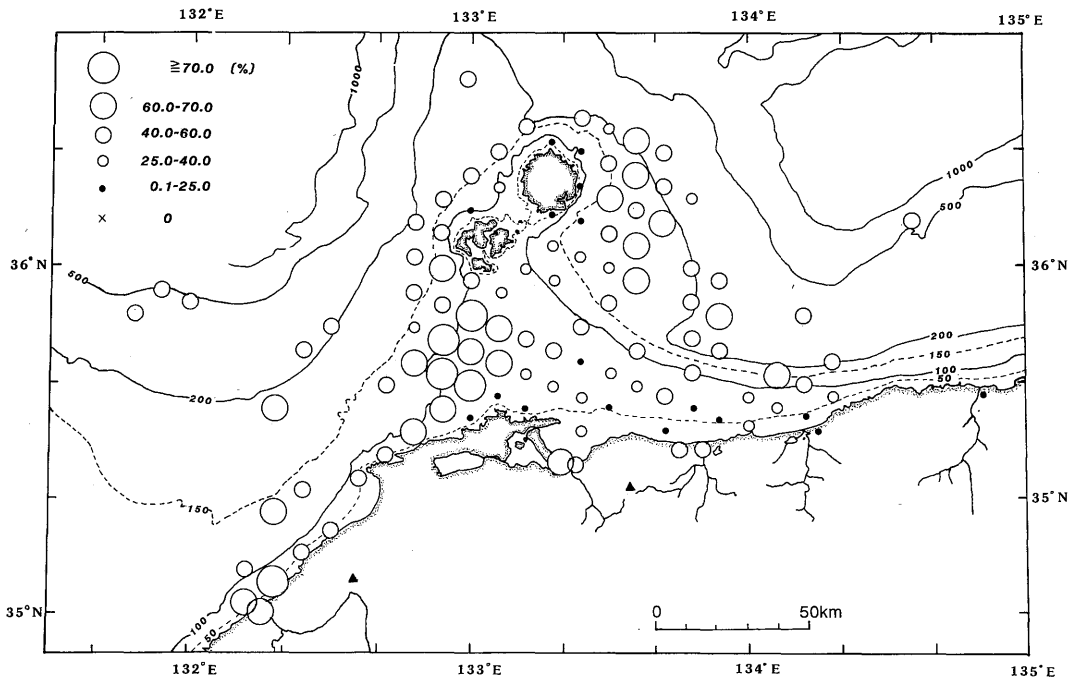


Fig. 9. Distribution of green hornblende (3-4 φ).

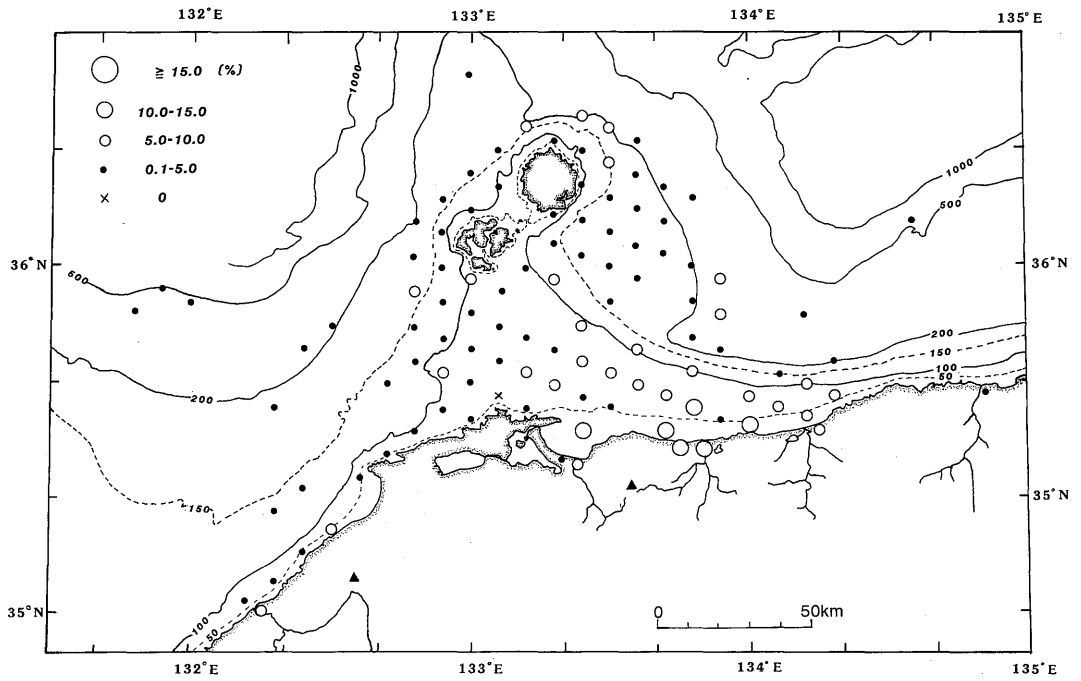


Fig. 10. Distribution of brown hornblende (3-4 φ).

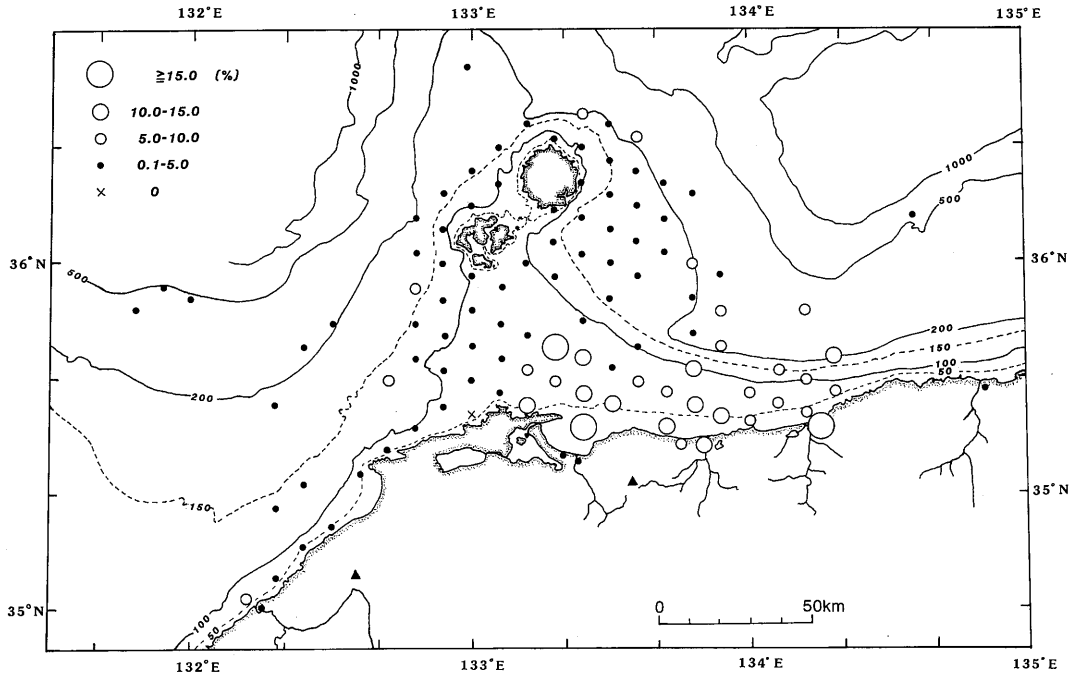


Fig. 11. Distribution of oxyhornblende (3-4 φ).

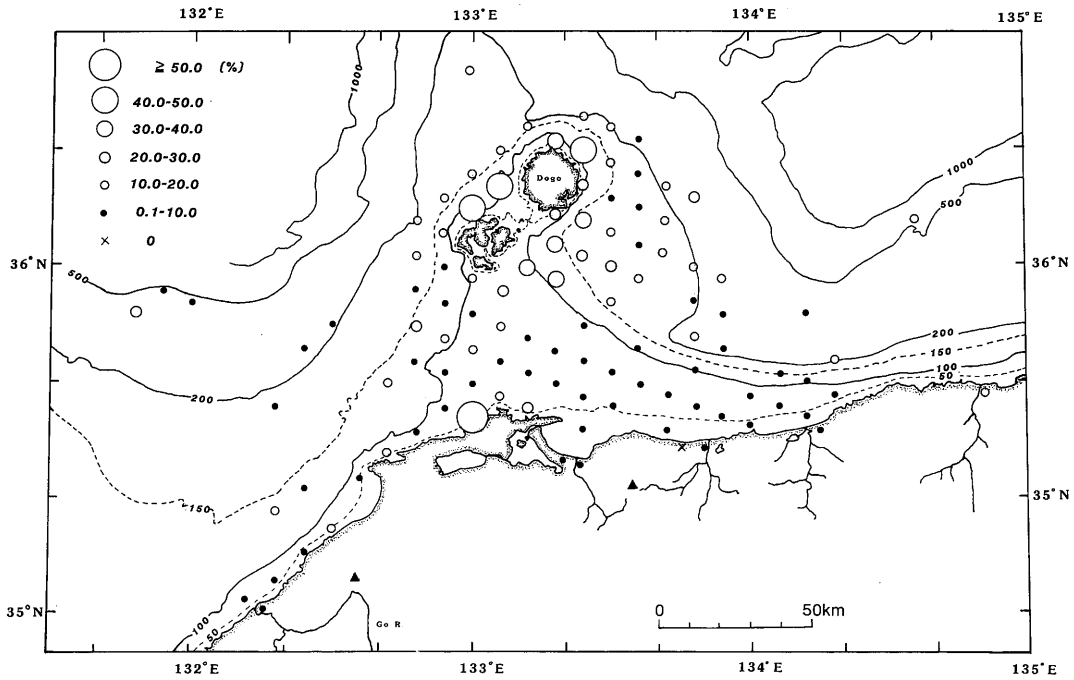


Fig. 12. Distribution of clinopyroxene (3-4 φ).

陸棚では分布は少なく、先ほどの褐色角閃石や酸化角閃石とは分布パターンが異なっている。

e. 紫蘇輝石

紫蘇輝石は、島根半島東端沖から東の水深100mまでの大陸棚に集中している。隠岐諸島の周辺においては全体に少ない分布を示し、特に島後の南東方には紫蘇輝石が存在しない地点もある。また、日野川が注ぐ美保湾において、紫蘇輝石の含有量が小さくなっている (Fig. 13)。

f. ジルコン

ジルコンは全体に含有量が少なく、また粒度によって濃集度が異なる。すなわち、3~4 ϕ の粒度に集中し、2~3 ϕ の粒度の砂にはほとんど含まれない (Figs. 14, 15)。

2~3 ϕ の頻度 (Fig. 14) では、隠岐諸島の周辺と島根半島中部沖で僅かにジルコンの産出があるほかは、一般にはほとんど認められない。それに対し、3~4 ϕ の粒度 (Fig. 15) では、隠岐島後の東側と南東方向の海域においてジルコンは存在しないことが多く、その状態は天神川河口まで続く。一方、隠岐島前の西側と南側ではジルコンは多く、千代川河口沖や美保湾を除いた日野川河口沖にも比較的多く含まれる。

g. カンラン石

隠岐諸島の周辺と島根半島沖以西の海域で含有量が高い (Fig. 16)。

h. 不透明鉱物

不透明鉱物は、隠岐諸島-島根半島以東の水深100m以浅の大陸棚上に多く含まれている (Fig. 17)。江川口北東部にも多産する場所が見られる。一般に水深100m以深では急に含有量が減少する。

i. 黒雲母

黒雲母も粒度による濃集度の違いが顕著である。2~3 ϕ の粒度の方が3~4 ϕ の粒度よりも一般に雲母の量比がはるかに多いが、両者の分布は同じようなパターンを示している (Figs. 18, 19)。すなわち、島後の南東方向に多く分布し、それ以外では分布量が極端に少ない。特に、100m以浅の大陸棚では、黒雲母の含有率は極めて低い。

C. クラスタ分析

重鉱物の分布の特性を統計学的見地から検討するため、2~3 ϕ の粒度群と3~4 ϕ の粒度群についてクラスタ分析を行った。

クラスタ分析に際しては、各試料間における重鉱物組成の類似度として、ピアソンの積率相関係数に基

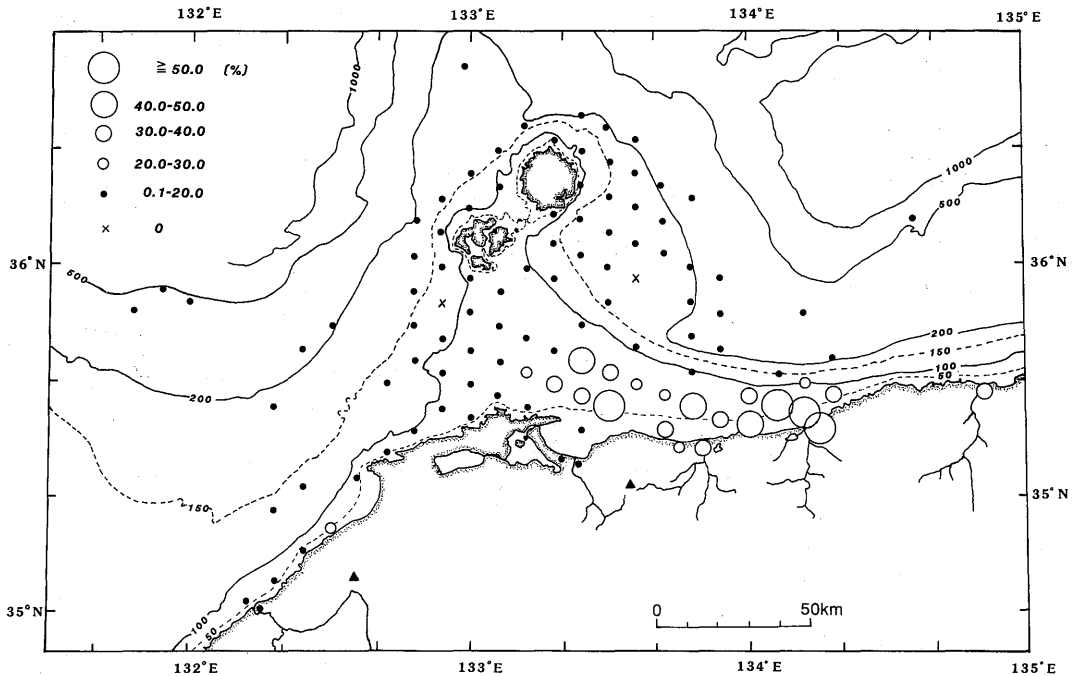


Fig. 13. Distribution of hypersthene (3-4 ϕ).

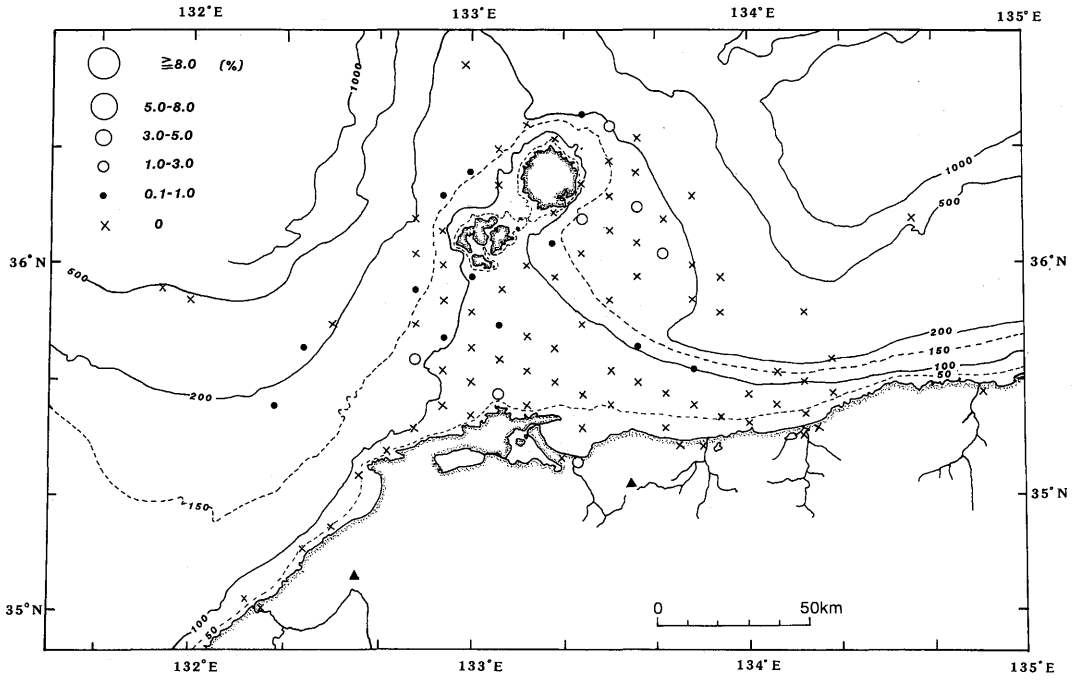


Fig. 14. Distribution of zircon (2-3 ϕ).

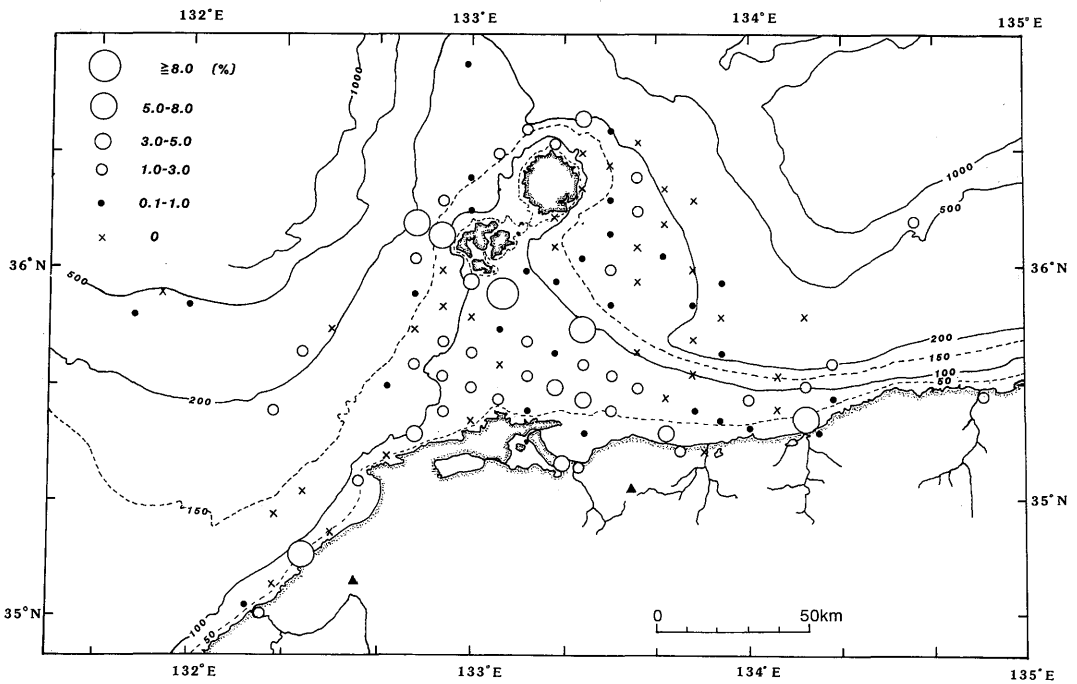
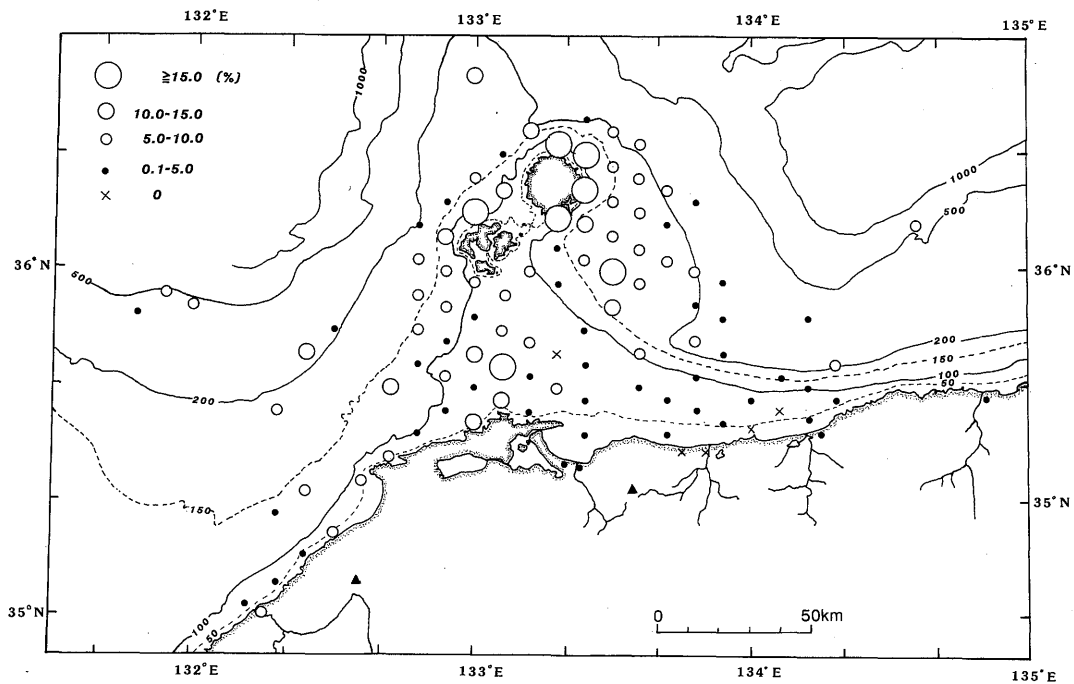
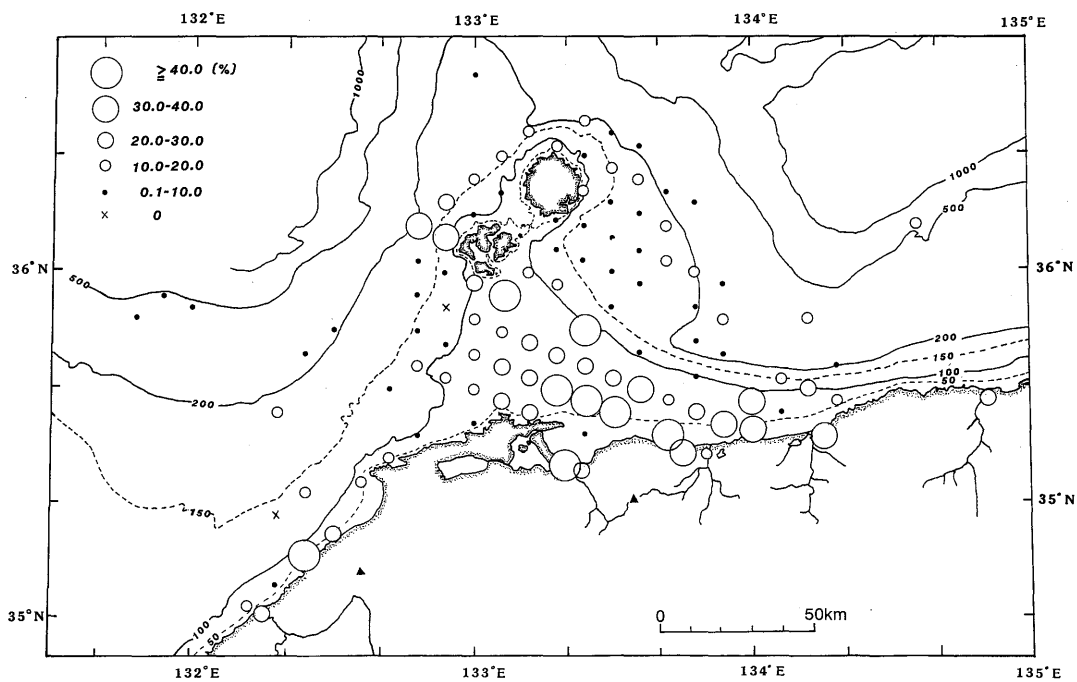


Fig. 15. Distribution of zircon (3-4 ϕ).

Fig. 16. Distribution of olivine (3 - 4 ϕ).Fig. 17. Distribution of opaque minerals (3 - 4 ϕ).

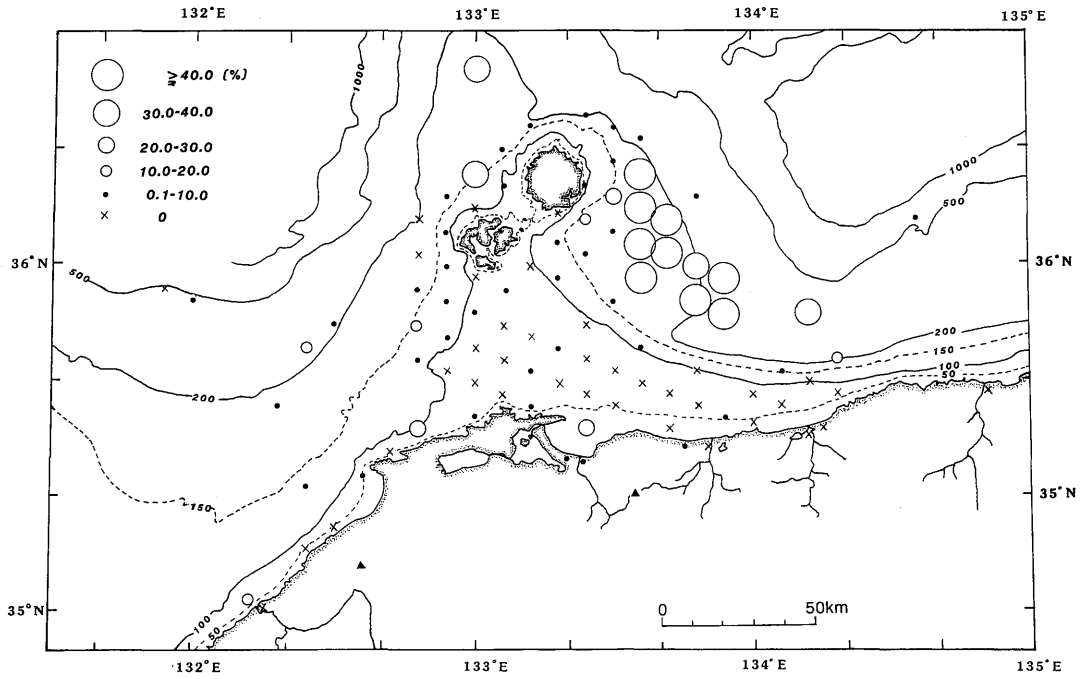


Fig. 18. Distribution of biotite (2 - 3 ϕ).

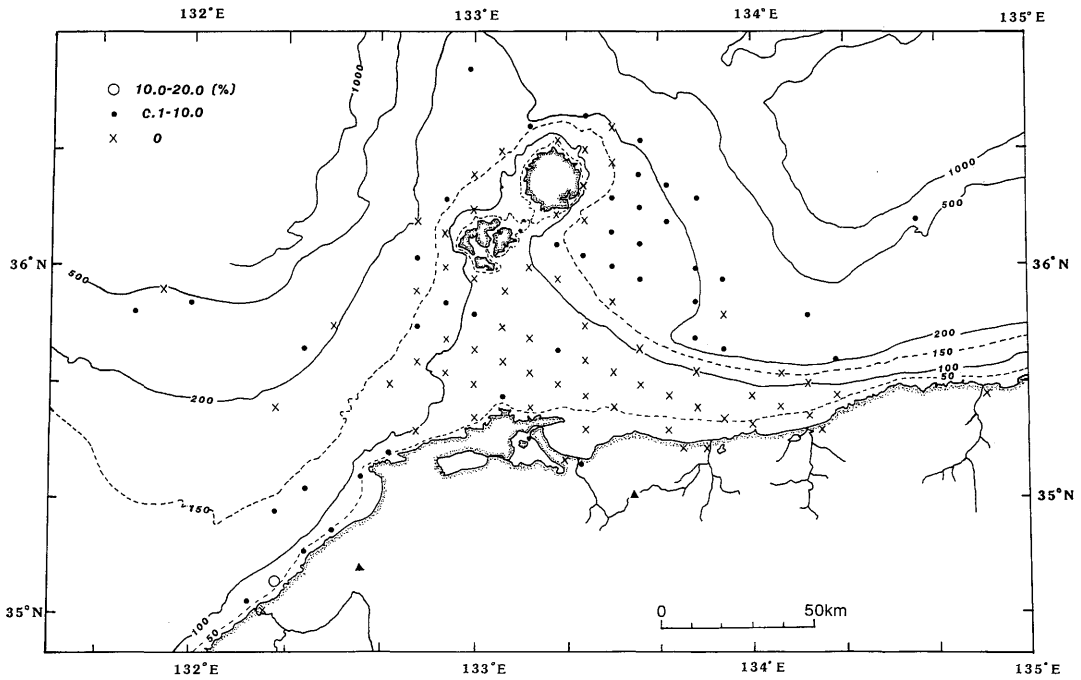


Fig. 19. Distribution of biotite (3 - 4 ϕ).

づく Q モードを群平均法で行い、デンドログラムを作成した (Figs. 20, 21). 群形成の頻度分布における中断に基づき、デンドログラムを 2~3 ϕ , 3~4 ϕ の各粒度群についてそれぞれ 4 つの試料グループ:

2~3 ϕ 粒度群 = a, b, c, d

3~4 ϕ 粒度群 = a', b', c', d'

に分けた。

以上の試料グループを特徴づける鉱物組成は次のような鉱物組合わせで示すことができる:

グループ a, a' = 褐色角閃石 + 酸化角閃石 + 紫蘇輝石

グループ b, b' = 緑色角閃石 + 単斜輝石 + カンラン石

グループ c, c' = 単斜輝石 + カンラン石 (単斜輝石 > カンラン石)

グループ d, d' = カンラン石 + 単斜輝石 (単斜輝石 < カンラン石)

鉱物組合わせの上から、グループ c, c' とグループ d, d' は 1 つにまとめることができる。

Fig. 22 に 2~3 ϕ 粒度群の、Fig. 23 には 3~4 ϕ 粒度群に対する試料グループの分布を示す。2~3 ϕ 粒度群におけるグループ a は、日野川、天神川、千代川、円山川の各河川沖と島根半島の中海の海域で、3~4 ϕ 粒度群におけるグループ a' は、日野川、天神川、千代川の河川沖を特徴づける。グループ b は、島前と島根半島を結ぶ線以西と隠岐諸島の 13km 前後の沖合と島後の南東方向を含む海域に分布する。グループ b' もグループ b と調和的な分布を示す。グループ c, c' とグループ d, d' は共に隠岐諸島の周辺と島根半島の沿岸の一部を含む海域に分布する。

V. 考 察

A. 砂の粒度と重鉱物含有量との関係

Fig. 3 の中央粒径値に基づく底質分布と、Figs. 7, 8 の重鉱物の含有量の分布パターンはよく似ている。すなわち、堆積物の粒度が粗い所では重鉱物の含有量が多くなっている。これは重鉱物の比重と粒径との関係による RITTENHOUSE (1943) の hydraulic equivalence を反映している。すなわち、比重の大きい鉱物ほど平均粒度は小さく、重鉱物は粗粒相により多く含まれることになる。本事例でも、2~3 ϕ より平均粒度の小さい 3~4 ϕ の粒度の方に重鉱物の集中度は一般に高い。例えば、ジルコン、単斜輝石、カンラン石などは 2~3 ϕ より 3~4 ϕ の粒度に多くなっている。

以上のことから、重鉱物組成の検討には 2~3 ϕ 粒度の堆積物よりも 3~4 ϕ 粒度のものの方がより効果的である。

B. 重鉱物区と重鉱物供給源

クラスター分析の結果から、調査海域底質の重鉱物組成は、2~3 ϕ 粒度群では a, b, c, d, 3~4 ϕ 粒度群では a', b', c', d' の各 4 グループに大別することができた。そのうち、c, d と c', d' は本質的にはそれぞれ 1 つずつにまとめられる。また、a と a', bb', c = c' と d = d' は互いに対応する類似性を持つので、本海域の重鉱物組成は大きく 3 つの組合せ (heavy mineral suites) に分けることができる。それらのうち、(a, a') グループと (b, b') グループはそれぞれ 1 つのまとまった海域を占有するが、c = c', d = d' グループは 2 つの海域を特徴づける。すなわち、そのうちの 1 つは島根半島沿岸であり、他は隠岐諸島周辺である。

かくて、本調査海域は重鉱物特徴種の組合せの違いから、A, B, C, D の 4 鉱物区 (mineral provinces) に分けることができる (Fig. 24)。

各鉱物区とその鉱物組合せは次の通りである。

鉱物区 A = 単斜輝石 + カンラン石

鉱物区 B = 単斜輝石 + カンラン石

鉱物区 C = 褐色角閃石 + 酸化角閃石 + 紫蘇輝石 + ジルコン

鉱物区 D = 緑色角閃石 + 単斜輝石 + カンラン石 + ジルコン

鉱物区 A は島根半島沿岸の狭小な海域; 鉱物区 B は隠岐諸島周辺海域; 鉱物区 C は島根半島中部沖以東の沿岸海域; 鉱物区 D は水深 100m 以深の海域と、島根半島沖から隠岐諸島の間隠岐海脚を占めている。

1. 鉱物区 A

鉱物区 A は島根半島東半分の北側沿岸沖の狭い海域で、鉱物組成は単斜輝石とカンラン石の組合せで特徴づけられる。島根半島東半分の分水嶺北側は主に中新世粗粒玄武岩・玄武岩類 (島根県, 1982), 中新世カンラン石普通輝石安山岩 (鹿野・吉田, 1985) が特徴的に分布しており、本海域の重鉱物組合せはこれらの塩基性~中性火山岩類からの供給を示唆している。

2. 鉱物区 B

本鉱物区は隠岐諸島周辺の沿岸域である。本鉱物区も、鉱物区 A と同じく単斜輝石とカンラン石の組合せで特徴づけられる。隠岐島前の地質は更新世の粗面玄武岩、黒雲母普通輝石粗面岩、カンラン石黒雲母粗面岩で、島後は主に鮮新世~完新世のアルカリ岩、玄武岩で構成されている (大久保, 1984)。従って、鉱物区

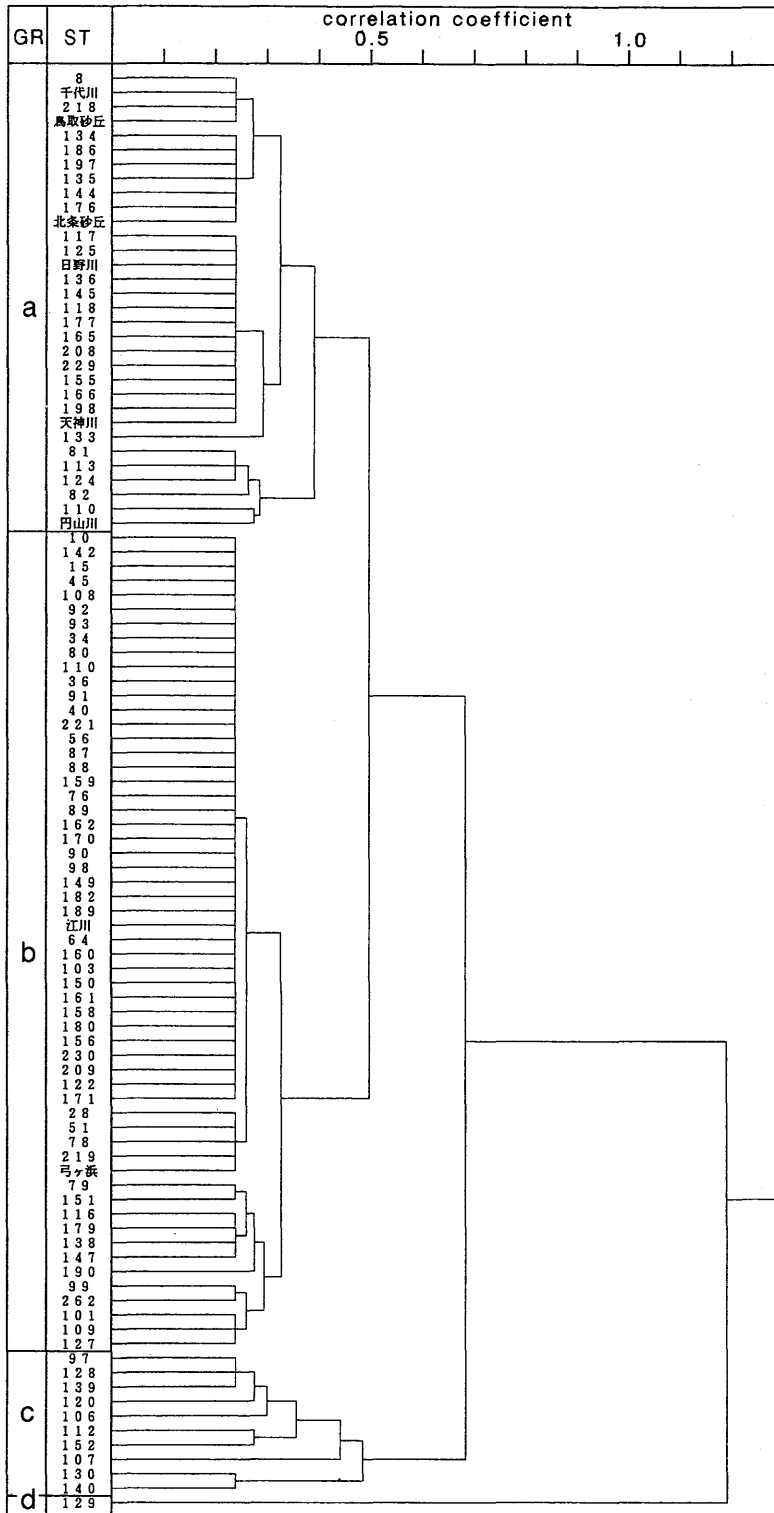


Fig. 20. Dendrogram for the R-mode cluster analysis by group average method for 2-3 ϕ heavy minerals.

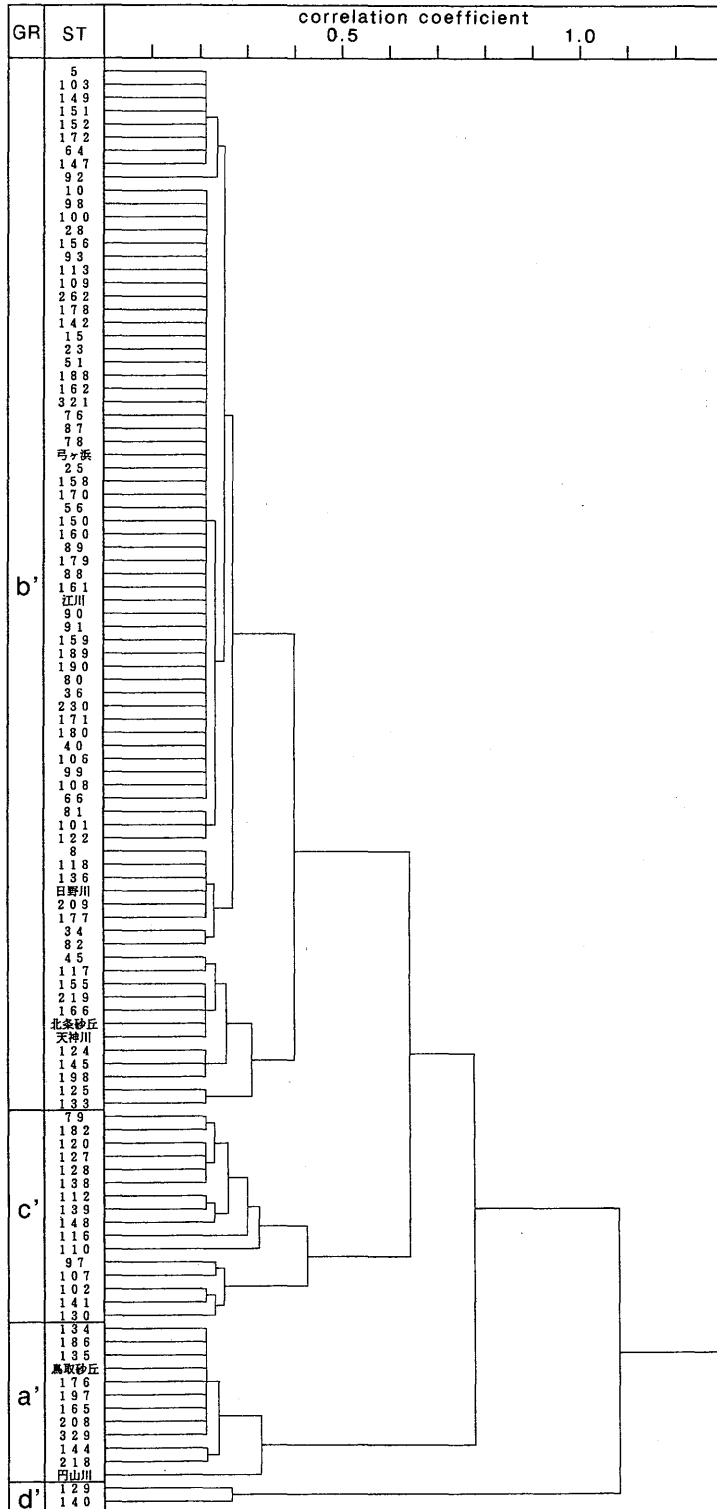


Fig. 21. Dendrogram for the R-mode cluster analysis by group average method for 3-4 phi heavy minerals.

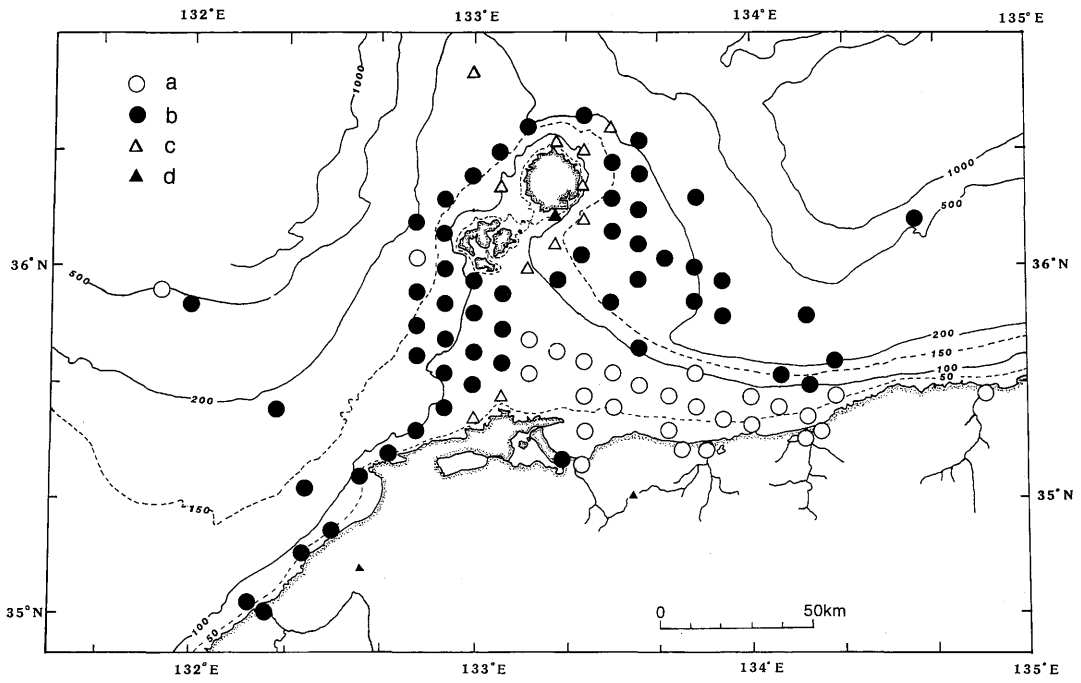


Fig. 22. Distribution of mineral assemblage clusters for the 2 - 3 ϕ fraction.

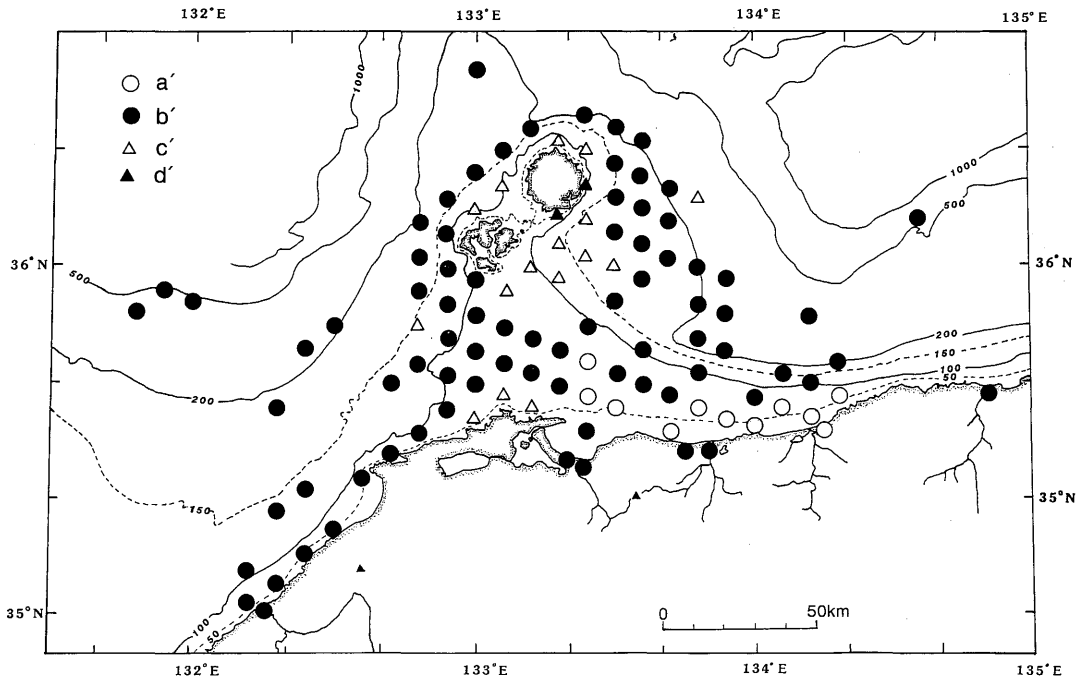


Fig. 23. Distribution of mineral assemblage clusters for the 3 - 4 ϕ fraction.

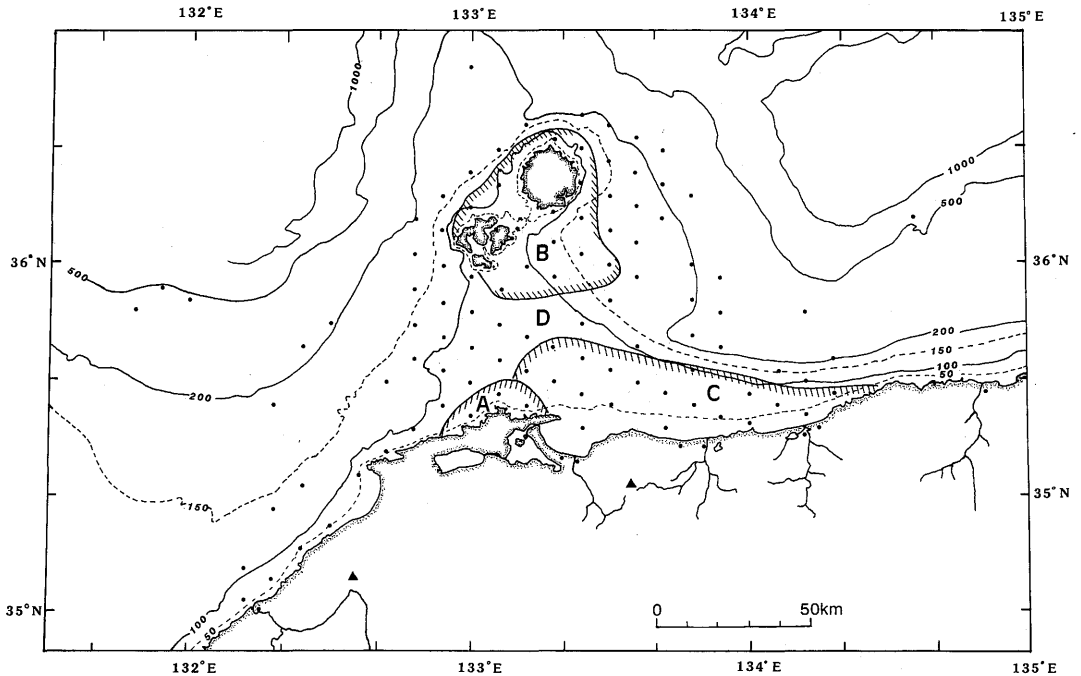


Fig. 24. Distribution of heavy mineral provinces A, B, C and D.

Bの鉱物組合せは明らかにこれら隠岐諸島の塩基性火山岩の鉱物組成を反映していると考えられる。

3. 鉱物区C

鉱物区Cは褐色角閃石、酸化角閃石、紫蘇輝石、ジルコンの鉱物組合せで特徴づけられ、単斜輝石、カンラン石などを伴う。本鉱物区は島根半島東北部の沖合から鳥取砂丘沖合に至る水深150m以浅域である。この海域には日野川、天神川、千代川、円山川が開口しているが、それらの河川流域には主に白亜紀後期～古第三紀初期の花崗岩や流紋岩、三郡変成岩、大山火山岩類が分布している。

特に、大山一帯には、ローム、火山灰、角礫凝灰岩、両輝石黒雲母角閃石安山岩、紫蘇輝石黒雲母角閃石安山岩が分布し、紫蘇輝石や角閃石、磁鉄鉱などが含まれる(太田, 1962a)。

天神川上流域には黒雲母を多く含む普通輝石紫蘇輝石安山岩が存在し、紫蘇輝石、普通輝石、磁鉄鉱が含まれる(村山ほか, 1963)。

千代川流域には、主として新第三紀の安山岩、玄武岩及び粗面安山岩質の凝灰角礫岩から成り、紫蘇輝石普通輝石石英安山岩を含む。

日野川流域には、鮮新世のカンラン石粗面玄武岩、普通輝石カンラン石粗面玄武岩が存在し、普通輝石やカンラン石、磁鉄鉱が含まれる。他に、更新世の角閃安山岩質凝灰角礫岩が分布している(太田, 1962b)。

以上の隣接陸上地質の主要構成鉱物組成と本鉱物区の鉱物組成はよく対応しており、隣接沿岸の河口砂の鉱物組成も底質砂のそれとほとんど変わらない。これらの事実から、鉱物区Cの構成鉱物供給源は前記陸域に求めることができる。

4. 鉱物区D

鉱物区Dは緑色角閃石、単斜輝石、カンラン石、ジルコンの鉱物組合せで代表される。本鉱物区には隠岐海脚上面と調査海域の水深100m以深の広い海域が含まれる。

この鉱物区の鉱物組合せのうち、単斜輝石とカンラン石は、両者に富む玄武岩、粗面玄武岩、粗面岩などで特徴づけられる隠岐諸島周辺と島根半島東半部沿岸、隠岐海脚に多く、明らかにこれら陸上岩石と密接に対応している。

ところが、緑色角閃石は単斜輝石・カンラン石とはかなり違った分布パターンを示す(Fig. 9)。すなわち、

島根半島以西の沿岸～沖合海域、隠岐海峡西側、隠岐島後の東側に緑色角閃石が濃集している。この分布パターンは黒雲母のそれと比較すると興味深い。黒雲母の場合は、島後の東南側に集中している (Fig. 19)。緑色角閃石の分布のうち、沿岸部では明らかに花崗岩露出地域を流域とする河川の開口部またはその近傍に卓越している。例えば、江川、日野川、天神川の各河口付近に緑色角閃石が集中している (Fig. 9)。また、江川と千代川流域には三郡変成岩も露出している。したがって、緑色角閃石の主な供給源として花崗岩類が最も強く、また、三郡変成岩類もかなりの程度関与していると思われる。

ただ、隠岐海脚西部、隠岐島後南東部に緑色角閃石が多い理由としては2つのことを考慮しなければならない。その1つは、隠岐海峡の場合のように、対馬暖流や沿岸流のかなり強い流れ (Fig. 4) の影響を直接うけているため、江川沿岸から上記鉱物が運搬、残留したこと；他は強い海流によって、この海域の第四紀海面低下時代の堆積物が洗い出されたことである。Fig. 3の池原ほか (1987) による堆積物中央粒径値の分布図を見ると、島根半島北端 (潜戸鼻) 付近から北東へ伸びる奇妙な粗粒物質の分布があり、それは古い堆積物の可能性がある。

他方、隠岐島後南東方における緑色角閃石の濃集は、この付近で海流の流れが島後の東で離岸するため急激な流速低下を生じ、大きい流れで運搬されていた角閃石などがこの海域で堆積したことを示す。この一帯は含泥率も高い (Fig. 2)。黒雲母の分布も緑色角閃石と同様な海流の影響をうけている。

以上の通り、調査海域でもっとも含有率の高い緑色角閃石は海流の影響を強く受けて、このような特異な分布を示すようになったと思われる。

VI. 結 論

島根半島沖海底表層堆積物について、重鉱物分析を行った結果、以下のことが明らかになった。

- 1) 島根半島沖海底表層堆積物の重鉱物は、緑色角閃石、褐色角閃石、酸化角閃石、単斜輝石、紫蘇輝石、カンラン石、ジルコンなどから成り、そのうち緑色角閃石、単斜輝石、紫蘇輝石で、透明鉱物全体の約72%以上を占める。
- 2) 堆積物の中央粒径値が大きいほど、比重の大きな鉱物が含まれやすい。本研究の結果、2～3 φ 粒径部よりも3～4 φ 粒径部により多くの重鉱物が集中していることが明らかになった。

- 3) 各試料間の重鉱物組成の類似度をクラスター分析により検討した結果、次の4グループが区分された：グループ a (2～3 φ 粒度)、グループ a' (3～4 φ 粒度)

= 褐色角閃石 + 酸化角閃石 + 紫蘇輝石 + ジルコン

グループ b (2～3 φ)、グループ b' (3～4 φ)
= 緑色角閃石 + 単斜輝石 + カンラン石

グループ c (2～3 φ)、グループ c' (3～4 φ)
= 単斜輝石 > カンラン石

グループ d (2～3 φ)、グループ d' (3～4 φ)
= 単斜輝石 < カンラン石

- 4) クラスター分析の結果を基に、調査海域を4つの重鉱物鉱物区に分けることができる。すなわち、

鉱物区 A = 単斜輝石 + カンラン石；島根半島東部北側沖

鉱物区 B = 単斜輝石 + カンラン石；隠岐諸島周辺

鉱物区 C = 褐色角閃石 + 酸化角閃石 + 紫蘇輝石 + ジルコン；島根半島以東陸側浅海域

鉱物区 D = 緑色角閃石 + 単斜輝石 + カンラン石 + ジルコン；隠岐海脚と水深150m 以深の海域

- 5) 各鉱物と鉱物源岩との関係を考察した。すなわち、鉱物区 A～C は隣接する陸上岩石と密接に対応すること。鉱物区 D では緑色角閃石、黒雲母などが海流による影響を強く受けているのに対し、単斜輝石、カンラン石は近接する陸上岩石から直接供給されたと考えられる。

謝 辞

この研究を進めるにあたり、試料採取でお世話になった調査船白嶺丸 GH86-2調査航海乗船研究者ならびに奥村船長ほか乗組員の方々に厚くお礼申し上げる。また、重鉱物分析について郭 曉利氏 (当時、静岡大学)、鉱物同定について黒田 直教授 (静岡大学)、クラスター分析について周 保春氏 (現、京都大学) のご教示をいただいた、ここに銘記してこれらの方々に心からの謝意を表す。

引 用 文 献

- CHOUGH, S. K., TAMAKI, K., BAHK, K. S., INOUE, E. and YUASA, M. (1981): Heavy minerals from the Oki Spur, Japan Sea. *Bull. Geol. Surv. Japan*, **32**, (9), 487-501.
- 藤井紀之・安田俊一 (1970): 鳥取県美保湾および隠岐諸島東方の泥質堆積物の鉱物組成。地調月報, **21**(4),

- 251-257.
- 橋本光男 (1989): 三郡変成岩の変成相と放射年代に関するノート. 地質学論集, (33), 311-315.
- 服部 仁・鹿野和彦・鈴木隆介・横山勝三・松浦浩久・佐藤博之 (1983): 5 万分の 1 地質図幅「三瓶山地域の地質」・同説明書, 地質調査所, 168p.
- 池原 研・片山 肇 (1987): 山陰沖の海底観察. 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 昭和61年度研究概要報告書 — 日御碕沖・鳥取沖海域 —, 77-80, 工業技術院地質調査所.
- ・——・有田正史 (1987a): 山陰沖の表層推積物. 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 昭和61年度研究概要報告書 — 日御碕沖・鳥取沖海域 —, 121-152, 工業技術院地質調査所.
- ・木下泰正・上嶋正人 (1987b): 隠岐海峡にみられるサンドウェーブ (予報), 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 昭和61年度研究概要報告書 — 日御碕沖・鳥取沖海域 —, 63-76, 工業技術院地質調査所.
- 今村外治・長谷 晃・多井義郎・小島丈児 (1984): 日本地方地質誌, 中国地方, 新版, 383p., 朝倉書店, 東京.
- ISMAL, B. A. (1988): Heavy mineral composition of the recent marine sediments in offshore area of the western-half of Hokuriku region, Japan. 有田正史・盛谷智之 (編): 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 124-133, 工業技術院地質調査所.
- 岩淵義郎 (1968): 日本海南東部の海底地質. 東北大・地質古生物研報, (66), 1-76.
- ・加藤 茂 (1988): 第四紀地図の作成過程からみた大陸棚. 第四紀研究, 26 (3), 217-225.
- 鹿野和彦・吉田史郎 (1985): 5 万分の 1 地質図幅「境港地域の地質」・同説明書. 地質調査所, 57p.
- 丸山修司 (1970): 美保湾・隠岐東南海域および中海における水底砂堆積物の鉱物組成. 地調月報, 21 (4), 237-250.
- MÜLLER, G. (1967): *Sedimentary petrography. Part I Methods in sedimentary petrology* (translated by Hans-Ulrich SCHMINCKE). 283p., Hafner Publishing Co.
- 村山正郎・一色直記・坂本 亨 (1963): 5 万分の 1 地質図幅「鳥取北部・鳥取南部」・同説明書. 地質調査所, 66 p.
- 長沼光亮 (1977): 日本海の時況変動. 海洋科学, 9 (2), 65-69.
- 新野 弘 (1942): 日本海隠岐堆の底質. 地質雑, 49, 232-233.
- NIINO, H. (1948): Sediments of Oki Bank in the Japanese Sea. *Jour. Sediment. Petrology*, 18 (2), 79-85.
- 大久保雅弘 (1984): 隠岐の地質概論. 島根大・地質学研報, (3), 75-86.
- 太田良平 (1962a): 5 万分の 1 地質図幅「赤碕・大山」・同説明書. 地質調査所, 37p.
- (1962b): 5 万分の 1 地質図幅「米子」・同説明書. 地質調査所, 29p.
- OKADA, Hakyu (1960): Sandstones of the Gretaecous Mifune Group, Kyushu, Japan. *Mem. Fac. Sci., Kyushu Univ., Ser. D, Geol.*, 10 (1), 1-40.
- RITTENHOUSE, G. (1943): Transportation and deposition of heavy minerals. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 54, 1725-1780.
- 佐藤任弘・小野晃司 (1964): 日本海山陰沖海域の海底地質. 地質雑, 70, (827), 434-445.
- 島根県 (1982): 20 万分の 1, 島根県地質図.
- 棚橋 学・山本博文・宮崎純一 (1987): 日御碕沖海底地質構造の概要. 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 昭和61年度研究概要報告書 — 日御碕沖・鳥取沖海域 —, 28-40, 工業技術院地質調査所.
- 鳥取県 (1966): 20 万分の 1, 鳥取県地質図.
- 上村不二雄・坂本 亨・山田直利・猪木幸男 (1974): 20 万分の 1, 地質図幅「鳥取」, 地質調査所.
- 山本博文・棚橋 学・池田国昭 (1987): 鳥取沖海底地質構造の概要. 西日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 昭和61年度研究概要報告書 — 日御碕・鳥取沖海域 —, 41-47, 工業技術院地質調査所.
- 殷 建華 (1987): 白嶺丸 GH86-2 航海で採取された山陰沖表層堆積物の粘土鉱物. 有田正史・奥田義久・盛谷智之 (編): 西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究, 186-191, 工業技術院地質調査所.
- ・岡田博有 (1987): 日本列島周縁陸棚斜面泥質堆積物の粘土鉱物. 静岡大・地研報, (13), 41-65.