九州大学学術情報リポジトリ Kyushu University Institutional Repository

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 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:

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*, Hakuvu 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 $(2-3\phi \text{ and } 3-4\phi \text{ size-fractions})$ 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 recongized 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よく発達している (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,砕屑性堆積物の挙動を

* 富士通東海システムエンジニアリング

平成元年8月1日受理

解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), NINO (1948)の研究,美保湾とその近海では丸山 (1970)による砕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

Fujitsu Tokai Systems Engineering Limited, Nagoya 460. ** 工業技術院地質調査所 Geological Survey of Japan, Tsukuba 305.



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 いわれる(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 三角形状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. 中央粒径值分布

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 4 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オ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いをもとに懸 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3~7×10⁶m⁴/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地点におよび,グラブ採泥 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 0~5 cm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 0~5 cm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(MüL-LER,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0.54 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 ~ 3 ϕ , 3 ~ 4 ϕ の 各粒度を取り出し,それぞれの試料から比重を2.85に 調整したツーレ氏重液を用いて 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,その場合は四分割法を用いて,使 用する試料を 8 g 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粒程数え,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.

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		補
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	領田美
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	余
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	国田
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	1博有
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	有田口
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	: 史・
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	原
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	· 甲
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	盛谷
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	皆ろ
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							-																			

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

Table 1. (continued)

Т

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

島根半島沖海底表層堆積物における重鉱物分布

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
Oxyhornbl ende	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
Hyperstheme	. 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
Cample																									
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. Heavy mineral composition of bottom sediments $(3 - 4 \phi)$ off the San-in coast.

.

Table 2. (continued)

Т

.

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	1																										
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

島根半島沖海底表層堆積物における重鉱物分布

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

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

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,

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	63.0
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 4. Heavy mineral composition of shore sediments $(3 - 4 \phi)$ along the San-in coast.

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

Composed	Rang	se (%)	Mea	.n (%)	Standard De	viation(%)	Var	ance
Component	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
ZĮRCON	$0.0 \sim 3.8$	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($2\sim 3\phi$) VF=very fine sand($3\sim 4\phi$)



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

2~3 ϕ , 3~4 ϕ 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 2~3 ϕ の粒度, Fig.8 に 3~4 ϕ 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.2~3 ϕ と3~4 ϕ の粒度 の分布を比べると明らかに3~4 ϕ 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3~4 ϕ 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.

横田美保・岡田博有・有田正史・池原 研・盛谷智之



Fig. 9. Distribution of green hornblende $(3 - 4 \phi)$.







Fig. 11. Distribution of oxyhornblende $(3 - 4 \phi)$.



Fig. 12. Distribution of clinopyroxene $(3 - 4 \phi)$.

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、 $3 \sim 4 \phi$ の粒度に集中 し、 $2 \sim 3 \phi$ の粒度の砂にはほとんど含まれない (Figs. 14, 15).

2~3 ¢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 ¢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 ∉ の粒度の方が 3~4 ∉ 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. クラスター分析

重鉱物の分布の特性を統計学的見地から検討するため、 $2 \sim 3 \phi$ の粒度群と $3 \sim 4 \phi$ の粒度群について クラスター分析を行った.

クラスター分析に際しては、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 $(3 - 4 \phi)$.



Fig. 14. Distribution of zircon $(2 - 3 \phi)$.





横田美保・岡田博有・有田正史・池原 研・盛谷智之







Fig. 17. Distribution of opaque minerals $(3 - 4 \phi)$.



Fig. 18. Distribution of biotite $(2 - 3 \phi)$.



Fig. 19. Distribution of biotite $(3 - 4 \phi)$.

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:

 $2\sim 3 \phi$ 粒度群=a, b, c, d

 $3 \sim 4 \phi$ 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

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 *4* 粒度群の, Fig. 23 には 3 ~ 4 *4* 粒度群に対する試料グループの分布を示す. 2 ~ 3 *4* 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 *4* 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 c, c' とグループ b, 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 $2 \sim 3 \phi$ 粒 度の堆積物よりも $3 \sim 4 \phi$ 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つづつにまとめられる。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の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.

横田美保・岡田博有・有田正史・池原 研・盛谷智之



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.

横田美保・岡田博有・有田正史・池原 研・盛谷智之



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 たと思われる.

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 ¢ 粒度), グループa'(3~4 ¢ 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 ¢),グループ c'(3~4 ¢) =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+カンカラ石;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る.

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.
 - ・ ーーー・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 ー 日御碕沖・鳥取沖海域
 ー,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.
- ISMAIL, 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 古生物研邦報,(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. (1697): 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): 日本海の海況変動.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, Hakuyu (1960): Sandstones of the Gretaceous 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.
- 股 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.