

山陰-北陸沖海底表層堆積物の物理的性質

池原 研*

IKEHARA, K. (1989) Some physical properties of shelf to basin deposits off San'in and Hokuriku district, southern part of Japan Sea. *Bull. Geol. Surv. Japan*, vol. 40 (5), p. 239-250.

Abstract: Measurements of some physical properties (water content, wet and dry bulk density, void ratio, and porosity) of surficial shelf to basin deposits off San'in and Hokuriku district were carried out. The inter-relationships between the properties are the same as those reported from harbour areas around Japan. In general, however, all properties show a systematic change from shelf to basin areas. It is thought that these changes result from the decreasing grain size of sediments in the same direction. Because the differences in grain size distribution directly reflect differences in depositional setting, the observed physical properties are believed to be characteristic of the present depositional environments.

1. はじめに

海底堆積物の物理的性質は、港湾地域におけるボーリング試料(松本・小川, 1969など), 東シナ海(KELLER and YE, 1985)やアマゾン川河口域(FAAS, 1986)などの河口・沿岸域におけるボックスコアや重力式柱状採泥器による試料について測定が行われている。また, 大陸棚から大陸斜面域にかけても, 北米大西洋岸(KELLER *et al.*, 1979; BENNETT *et al.*, 1980)や南アメリカ太平洋岸(BUSCH and KELLER, 1981), マルセイユ沖の地中海(CHASSEPIERE and MONACO, 1987)などから報告がある。さらに, DSDP・IPODにより得られた深海ボーリング試料(GEALY, 1971; BOUMA and MOORE, 1975など)についても測定が行われている。しかし, 日本周辺海域の大陸棚以深においては系統的な調査はほとんど行われていない。系統的な調査は, 大陸棚から大陸斜面域における系統的な堆積物採取にもなっているのが最も有効であると思われる。これまで, 日本周辺における大陸棚から大陸斜面域の堆積物の採取は, 様々な機関で行われてきた。その結果, 表層堆積物の粒度組成や粒子組成の分布やその特性はかなり明らかとなってきている(海上保安庁水路部, 1949; 大嶋ほか, 1975; 有田・木下, 1976など)。しかし, これら多くの

採泥試料について, 粒度組成以外の堆積物の物理的性質の測定は十分に行われていなかった。表層堆積物の物理的性質は, 堆積物の組成などを反映し, また, 堆積や圧密の歴史を内在すると考えられている(中川, 1987)。また, これら諸特性の地理的及び垂直的分布を知ることは, 海洋空間を利用する上で重要な指針の一つとなると思われる。

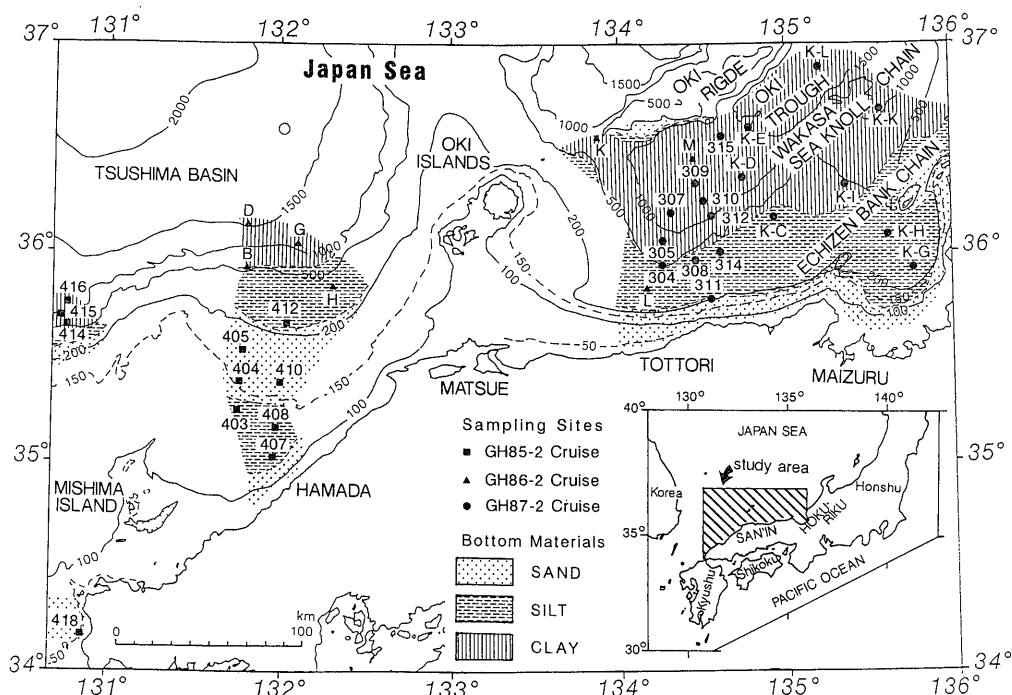
本論では, 地質調査所の「西南日本周辺大陸棚の海底地質に関する研究」によって, 日本海南部の大陸棚から海盆域より採取された表層堆積物の柱状試料について, いくつかの物理的性質(含水比, 湿潤密度, 乾燥密度, 間隙率, 間隙比)の測定結果に基づき, この海域における堆積物の各物理量の地理的及び垂直分布を明らかにする。そして, 各物理量間の相関関係について述べた後, 各物理量に認められる地理的分布の特徴が, 堆積場の地理的な違いを反映したものであることを述べる。

2. 方法

表層堆積物の採取は, 地質調査所による地質調査船白嶺丸(金属鉱業事業団所有, 1821.6トン)のGH 85-2, 86-2及び87-2の3航海において行われた。

堆積物の採取は, 口径12cm, 長さ2-5mの重力式柱状採泥器により行われ, 長さ約1-5mの試料を得た。試料は, 日本海南部, 山陰から北陸沖の大陸棚から海盆部にかけての36地点から採取された(第1図)。

* 海洋地質部



第1図 山陰沖日本海海底地形、底質分布の概要及び試料採取点位置
等深線の数字の単位はメートル、底質分布は、池原・川幡(1986)、池原ほか(1987)、片山・池原(1988)及び今回のデータから簡略化して作成。

Fig. 1 Submarine topography, sediment distribution and sampling sites.

Sediment distribution is compiled and modified from IKEHARA and KAWAHATA (1986), IKEHARA *et al.* (1987), KATAYAMA and IKEHARA (1988) and present data.

物理的性質の測定は、含水比、湿潤密度、乾燥密度、間隙率、間隙比(36地点 692試料)及び粒度組成(23地点 122試料)について行った。粒度組成用以外の測定用試料は、試料が船上に揚収され、半裁された後、できる限り早く採取した。採取は、大場(1983)の方法に準じて、注射筒を用いて定容積(2-7 cm³)サンプリングを行った。試料の深度方向の採取間隔は、GH 85-2航海については5 cm、GH 86-2航海については10 cm、GH 87-2航海については20 cmを原則とした。

採取された試料は、ガラス瓶(中蓋つき)に密封して持ち帰り、陸上にて試験を行った。測定は、堆積物の湿重量、乾燥重量、採取体積(船上にて行った)について行い、以下の式から各物理量の値を求めた。

$$\omega = (W_w - W_s) \times 100 / W_s$$

$$\rho_t = W_w / V$$

$$\rho_d = W_s / V$$

$$n = ((W_w - W_s) / \rho_w) \times 100 / V$$

$$e = n / (100 - n)$$

ここで、 ω ; 含水比(%), ρ_t ; 湿潤密度(g/cm³),

ρ_d ; 乾燥密度(g/cm³), n ; 間隙率(%), e ; 間隙比, W_w ; 試料の湿重量(g), W_s ; 試料の乾燥重量(g), V ; 採取体積(cm³), ρ_w ; 間隙水の密度(g/cm³), である。現世の海底堆積物では、含水比などを求める際、間隙水に塩分が含まれているため厳密には間隙水の密度を知る必要があるが、ここでは純水(密度1.0 g/cm³)として計算しており、その補正はしていない。また、間隙率及び間隙比の計算においては、飽和度(間隙における気相と液相の体積比)100%と仮定して行った。粒度組成用の試料はコアの同じ層準から別途採取した。粒度分析は、4 ϕ 以上の泥質部についてはピペット法で、それ以下の砂質部についてはふるい振とう法で行った。この際、懸濁液の液量を1 lにし、よく攪拌した後48時間以上放置し、上澄み液を捨てる方法で4回の脱塩を行い塩分を除去した。また、過酸化水素水による有機物の分解を行った。ピペット法による分析の際には、10-20 cm³のヘキサメタリン酸ナトリウムを分散剤として加えた。

含水比については、上述のように間隙水中の塩分の補

正を行っていない。塩分補正された値は、未補正の値よりも1.0363倍だけ大きな値となる(Boyce, 1973, BOUMA and MOORE, 1975による)。同様に、乾燥密度はやや大きめの、間隙比、間隙率はやや小さめの値となっている。また、注射筒によるサンプリング時の採取体積の誤差は明らかではないが、サンプリングの誤差が 0.2 cm^3 で、採取体積が 5 cm^3 のとき、湿潤密度や乾燥密度に与える影響は $\pm 4\%$ である。したがって、今回のように各物理量の分布や特性の傾向をとらえるという議論においては、精度上に問題はないと考えられる。

各物理量の地理的分布などにおいては、海底下1 mにおける測定値の平均値で主に議論する。これは、コア長が1 m程度の山陰西部沖で採取されたコアとそれ以上のコア長が得られた隠岐東方のコアとを同等の条件下で議論するためである。この平均値とは海底面からの深度1 mまでのすべての測定値を単純に平均したものである。したがって、試料採取(測定)間隔の短い山陰西部沖の測点の方が、より試料採取間隔の長い隠岐東方の測点に較べて、平均値算出に用いた測定値は多い。

3. 海底地形及び底質分布の概要

調査海域は山口県見島沖付近から石川県金沢市東方沖にかけての海域である(第1図)。この海域における海底地形は、隠岐諸島を境として東西で違いがみられる。隠岐諸島西方では、見島から八里ヶ瀬、千里ヶ瀬へと続くものと、島根半島から隠岐諸島、隠岐堆へと続く2つの南北性の高まりが最も大きな地形として存在し、また、大陸棚外縁は不明瞭でその沖合に「縁辺台地」(岩淵, 1968; 岩淵・加藤, 1988)もしくは「深い大陸棚」(茂木・佐藤, 1975)と呼ばれる水深200-500 mの平坦面が存在する。これに対して、隠岐諸島東方の海底地形は、東北東-西南西に伸びる3列の地形の高まり、すなわち陸側から、越前堆列(浦島礁, ゲンタツ瀬, 松出し及び大グリ)、若狭海丘列、隠岐海嶺、及び若狭海丘列と隠岐海嶺との間に位置する隠岐トラフ(水深1000-1750 m)で特徴づけられる。また、隠岐以東では大陸棚外縁水深はほぼ水深150 mで一定しており、沖合の縁辺台地(水深200-500 m)とは明瞭な斜面で境されている。海域全体に、縁辺台地外縁から海盆底にかけては数度の傾斜の大陸斜面が発達し、海底地すべりによると思われる地形や構造が認められる(山本ほか, 1986; 佐藤ほか, 1987; 佐藤ほか, 1988)。

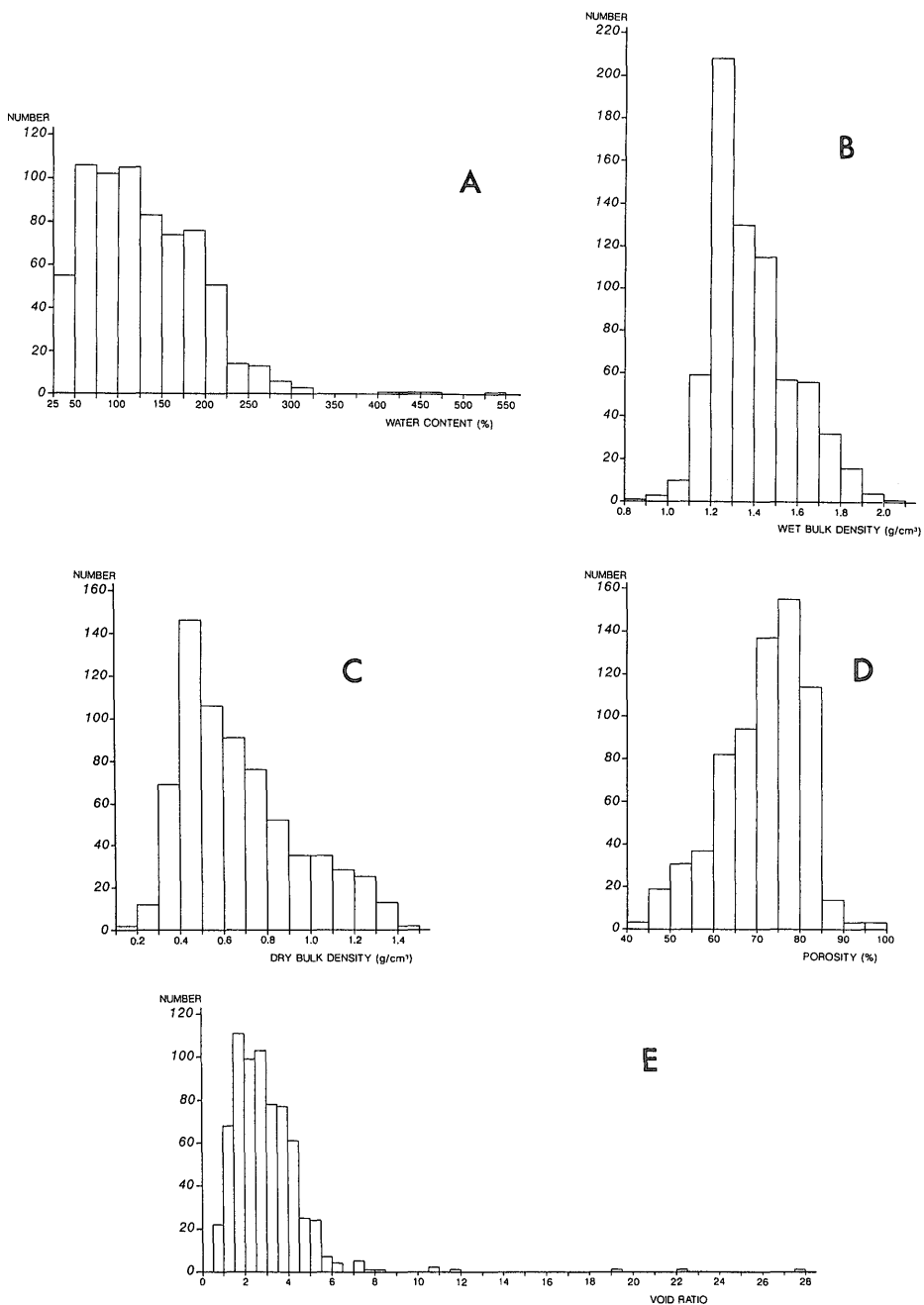
本海域の底質は、泥質堆積物が卓越しており、細粒砂より粗い砂質堆積物は沿岸域を除くと、島根半島と隠岐諸島とを結ぶ線から鳥取沖にかけてと、北陸の大陸棚上

に限られて分布する(第1図)(海上保安庁水路部, 1949; 岩淵, 1968; 池原・川幡, 1986; 池原ほか, 1987; 片山・池原, 1988)。底質粒度は一般に、陸側から沖合に向かって細粒化する傾向が認められ、大陸棚上では砂もしくは泥質砂、縁辺台地上では泥質砂からシルト(SHEPARD, 1954の分類では多くが粘土質シルトに相当する)、縁辺台地外縁付近から海盆底では粘土(シルト質粘土)が分布する。隠岐諸島西方や若狭湾北方及びゲンタツ瀬周辺の縁辺台地外縁付近の水深200-500 mには、薄い細粒砂に覆われて粘性の高い泥質堆積物が分布しており、これらに含まれる微化石の組成(田中, 1986, 1987, 1988; 尾田・池原, 1988)などから、完新世初頭以前の堆積物が露出していると考えられる。

4. 各物理量の測定結果及び地理的分布、垂直分布の特徴

4.1 含水比

含水比は、29.80-527.66%の範囲の値(平均129.09%)を示す(第2-A図)。一般には、大陸棚から海盆に向かってその値は増加する傾向にある(第1表)。コア上部1 mの含水比の平均値の地理的分布は第3図のようであり、大陸棚、縁辺台地及び大陸斜面下部から海盆底にかけてはそれぞれ次のような値をとる。大陸棚; 40-100%, 縁辺台地; 50-180%, 大陸斜面下部・海盆底; 150-300%。また、水深とコアの上部1 mにおける含水比の平均値との関係を第4図に示す。第4図からは、水深1000 mあるいは含水比200%付近以下では水深とともに含水比は単調に増加するが、これを越えると含水比は180-300%の間にあり、水深の増加にともなう顕著な含水比の増加は認められなくなるという見方と、水深1200 m付近までは水深とともに単調に増加し、それ以深が特別であるという見方ができる。今回の資料のみからはこのどちらが正しいかは正確に判断することはできないが、含水比300%前後の値は鳥取沖の縁辺台地の外縁斜面下部から隠岐トラフにかけての地域にみられ(第3図)、周囲の表層堆積物と粒度に大きな違いが認められない(池原ほか, 1987)(第1図)。したがって、この含水比の増加は後述するような底質粒度との関係では説明できず、堆積粒子の配列様式や堆積速度の違い、堆積物の堆積様式の違いなどを反映している可能性があり、これらの値を除いて考えると前者の説が支持される。しかし、この問題の決着は今後より多くの測定からつけられるべきものである。浜田沖の水深150 m付近や若狭湾湾口部にみられる小さな含水比は、後述するような底質粒度の粗粒化(池原・川幡, 1986; 片山・池原, 1988)



第2図 各測定値のヒストグラム

A: 含水比, B: 湿潤密度, C: 乾燥密度, D: 間隙率, E: 間隙比

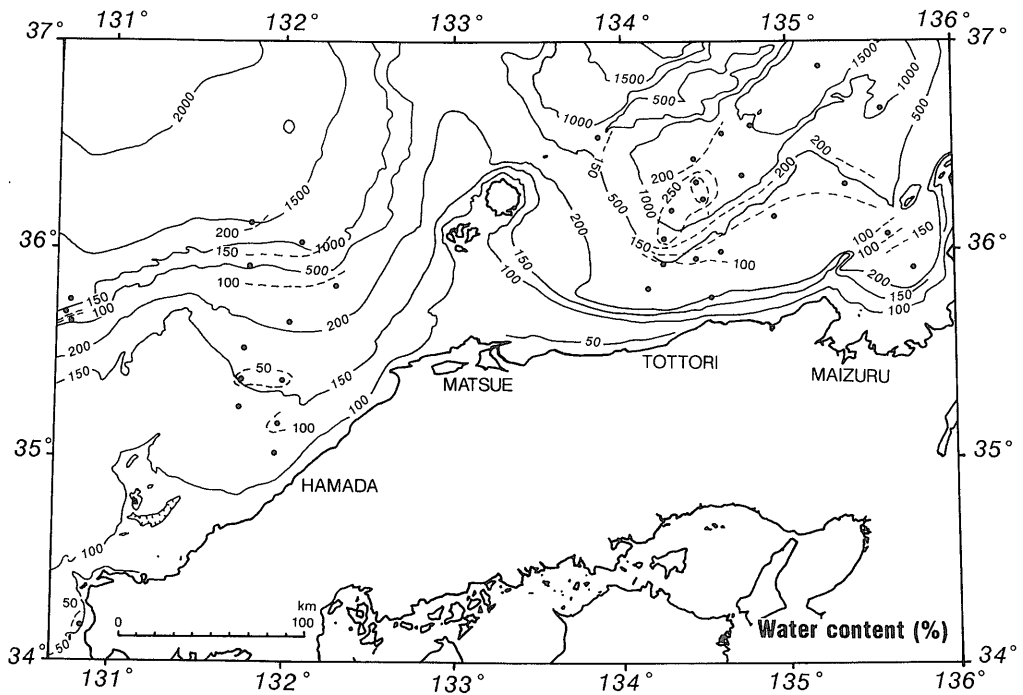
Fig. 2 Histograms of physical properties.

A; water content, B; wet bulk density, C; dry bulk density, D; porosity, E; void ratio.

第1表 表層1 mにおける各物理量の平均値, 最大値, 最小値の地理的分布の特徴 (かっこ内は最大値及び最小値)

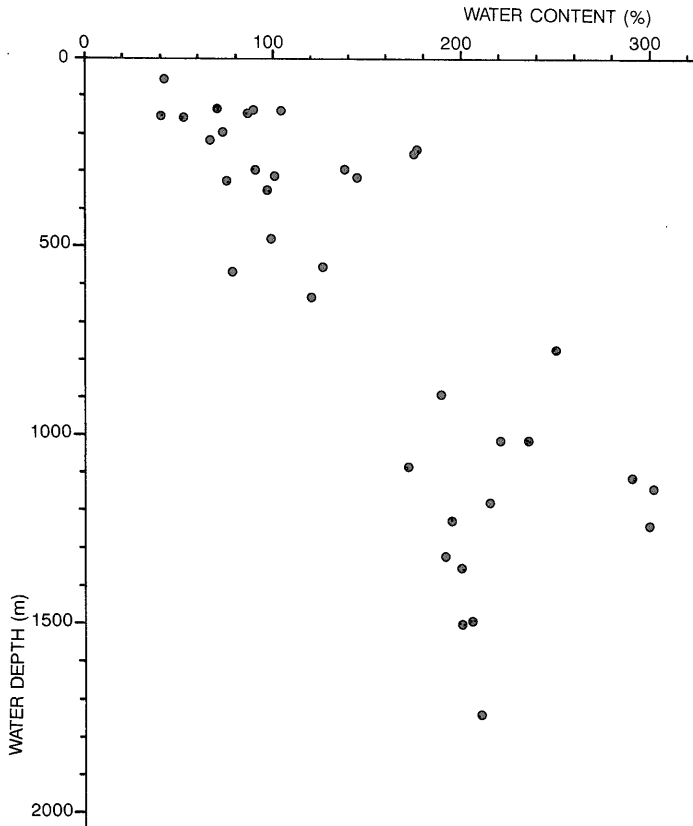
Table 1 Characteristics of spatial distribution of mean, maximum and minimum values of physical properties.

	WATER CONTENT (%)	WET BULK DENSITY (g/cm ³)	DRY BULK DENSITY (g/cm ³)	VOID RATIO	POROSITY (%)
SHELF	71.40 (189.93-29.80)	1.56 (2.00-0.94)	0.95 (1.49-0.44)	1.76 (7.33-0.74)	61.35 (88.00-42.67)
MARGINAL TERRACE	88.44 (314.81-35.15)	1.42 (2.05-1.07)	0.86 (1.41-0.27)	2.07 (6.41-0.89)	65.18 (86.50-47.20)
SLOPE	164.01 (416.39-47.09)	1.31 (1.77-0.91)	0.54 (1.20-0.20)	4.12 (22.08-1.27)	76.69 (95.67-56.00)
BASIN	230.33 (527.66-149.81)	1.19 (1.32-0.89)	0.37 (0.47-0.16)	5.05 (27.57-1.59)	81.99 (96.50-61.33)



第3図 含水比の平均値の地理的分布
等含水比線(点線)の数字の単位はパーセント.

Fig. 3 Geographical distribution of contours of mean values of water content (dashed lines) superimposed on bathymetry. Units of contours are percent.



第4図 コアの上部1mの含水比の平均値の水深分布
Fig. 4 Depth distribution of mean values of water content.

に関係したものと考えられる。コアの垂直方向の値の変化は、大陸棚や縁辺台地上の試料の方が、海盆底のものに較べて変化が小さい(第7図)。

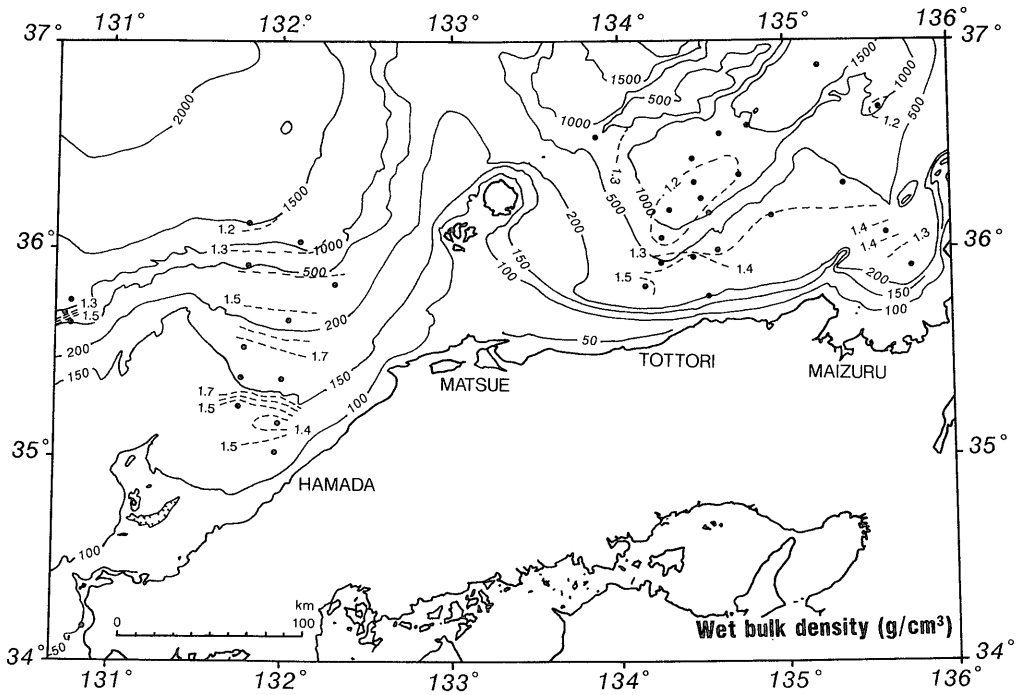
4.2 湿潤密度及び乾燥密度

湿潤密度は、 $0.89-2.05 \text{ g/cm}^3$ の範囲の値(平均 1.39 g/cm^3)を示す(第2-B図)。一般には、大陸棚や縁辺台地上の試料の方が、大陸斜面下部から海盆底にかけての試料に較べて密度が大きい傾向にある(大陸棚・縁辺台地; 1.5 g/cm^3 , 大陸斜面下部・海盆底; 1.3 g/cm^3)(第1表)。コアの上部1mの平均値は第5図のような地理的分布を示す。また、コアの垂直方向にはほとんど変化しない(第7図)。湿潤密度 1 g/cm^3 以下という値は水より密度が小さくなってしまいが、これは堆積物中に気相が存在したというよりもむしろ、採取体積の誤差に起因するものと思われる。しかし、この採取体積の誤差を見積ることができないので、本論における平均値の算出においてはこれらの値も採用している。

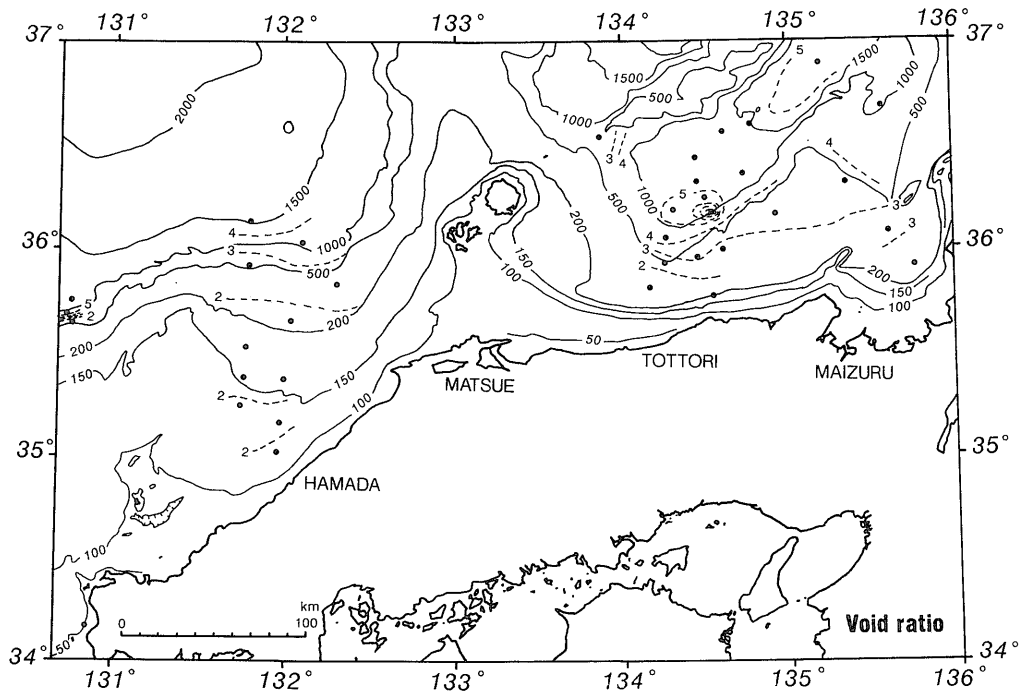
乾燥密度は、 $0.16-1.49 \text{ g/cm}^3$ の範囲の値(平均 0.67 g/cm^3)を示す(第2-C図)。大陸棚上の試料から縁辺台地上の試料、大陸斜面下部から海盆底にかけての試料に向って、密度は減少する傾向にある(大陸棚; 1.0 g/cm^3 , 縁辺台地; 0.7 g/cm^3 , 大陸斜面下部・海盆底; 0.4 g/cm^3)(第1表)。

4.3 間隙率及び間隙比

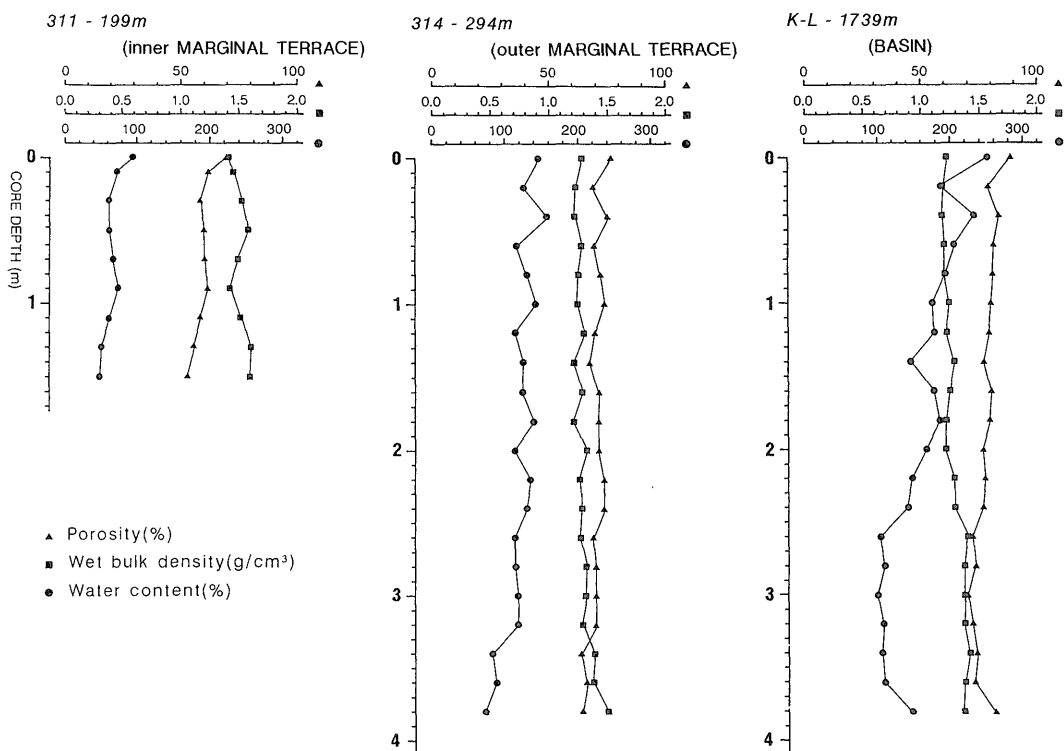
間隙率は、 $42.67-96.50\%$ の範囲の値(平均 71.35%)を示す(第2-D図)。大陸棚や縁辺台地上の試料に較べて、大陸斜面下部や海盆底の試料の方が値が大きい(大陸棚・縁辺台地; $60-70\%$, 大陸斜面下部・海盆底; $75-85\%$)(第1表)。コアの垂直方向へは、海盆底の試料において値の減少が認められるが、大陸棚や縁辺台地上のものではほとんど変化しない(第7図)。また間隙比は、 $0.74-27.57$ の範囲の値(平均 2.98)を示す(第2-E図)。コアの上部1mの平均値では、第6図に示すような地理的分布をしている。



第5図 湿潤密度の平均値の地理的分布 等密度線(点線)の単位は g/cm^3 。
 Fig. 5 Geographical distribution of contours of mean values of wet bulk density (dashed lines) superimposed on bathymetry. Units of contours are g/cm^3 .



第6図 間隙比の平均値の地理的分布
 Fig. 6 Geographical distribution of contours of mean values of void ratio (dashed lines) superimposed on bathymetry.



第7図 コアの深度方向への数値の変化の例
採泥点番号の横の数字は採取地点の水深。

Fig. 7 Vertical changes of some physical properties.

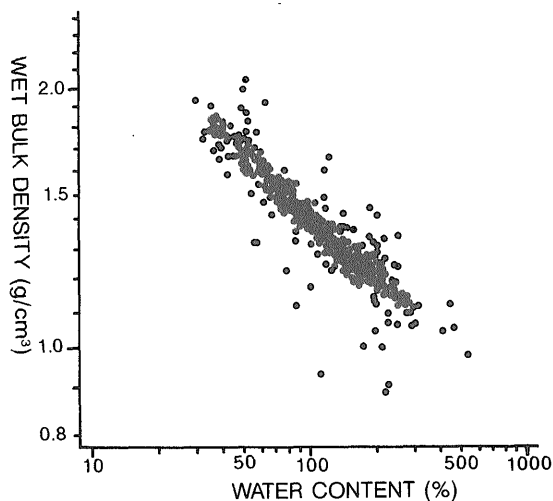
Station names and their water depths are shown above each graph.

5. 各物理量間の相関関係

今回得られた各物理量間の相関関係は次のようにまとめられる。

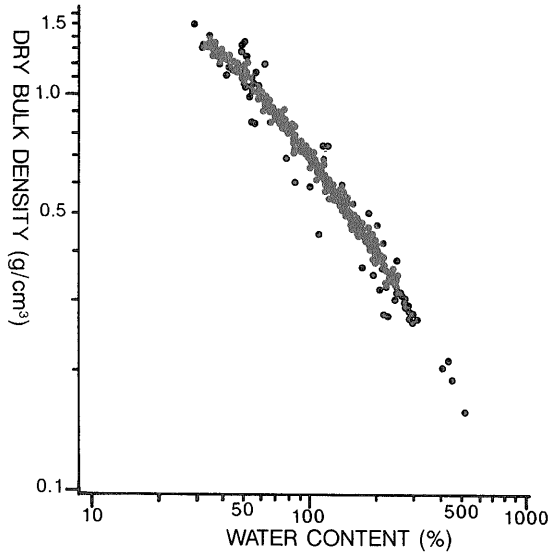
含水比と湿潤密度の関係は、第8図のように対数関係(両対数グラフ上で相関係数-0.93)にある。この関係は日本のいくつかの港湾地域についてまとめられた関係(小川・松本, 1978)と一致する。また、含水比と乾燥密度との関係は、第9図のように両対数グラフ上でほぼ直線関係(相関係数-0.99)にあり、港湾地域からの報告例(松本・小川, 1969)とほぼ一致する。港湾地域で報告されているような含水比が80%以下になると乾燥密度が遞減するような傾向は顕著でないが、含水比100%付近に小さな変曲点が認められる。間隙率、あるいは間隙比と湿潤密度・乾燥密度との関係は、間隙率が高くなる(間隙比が大きくなる)と、湿潤密度・乾燥密度とも小さくなる関係にある。

堆積物の物理的性質は、堆積粒子の粒度組成、形状、



第8図 含水比と湿潤密度との関係
両対数グラフ上にプロットしたもの。

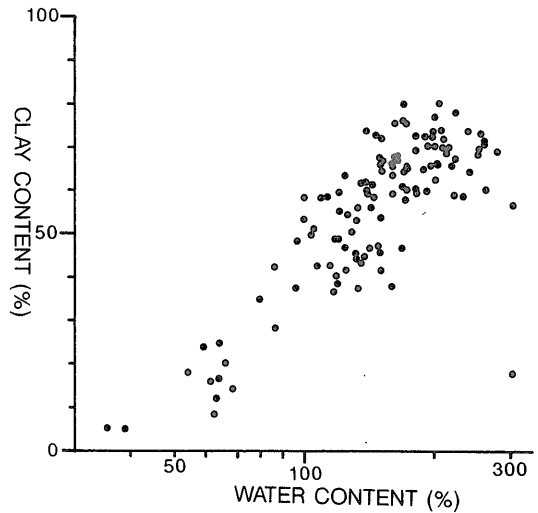
Fig. 8 Log-log plot of water content against wet bulk density.



第9図 含水比と乾燥密度との関係
両対数グラフ上にプロットしたもの。

Fig. 9 Log-log plot of water content against dry bulk density.

組成などによって変化する(中川, 1987). 例えば, 含水比についてみれば, 一般に含水比20%以下のものは砂質土, 40-50%程度以上のは粘性土の場合が多く, 含水比が200%を越えるようなものは有機質土であることが指摘されている(宇都, 1979). 松本・小川(1969), 小川・松本(1978)は, 港湾地域に分布する海成沖積粘性土における含粘土率や含砂率といくつかの物理量間の関係について述べ, 含粘土率が高くなると含水比や間隙比が増加し, 湿潤密度は減少することを示した. また, KELLER and YE (1985)は東シナ海の大陸棚から, 底質粒度の減少にともなう含水比の増加と湿潤密度の減少を報告している. これによれば, 含粘土率が高く含砂率の低い沖合のシルト質粘土分布域で含水比が最も高く(57-111%), 湿潤密度が小さい(1.43-1.51 g/cm³). 沿岸域のシルト分布域では含水比はやや小さくなる(34-108%)が, 湿潤密度はシルト質粘土分布域とほとんど変わらない. また, 砂質底では試料数は少ないものの含水比が30%以下, 湿潤密度が1.80 g/cm³以上になることが示されている. KELLER *et al.* (1979)による北西大西洋での結果でも, 大陸斜面上部から下部に向った底質粒度の細粒化と調和的な含水比と間隙比の増加及び湿潤密度の低下が示されている. McMANUS (1988)によれば, 堆積物の砂-シルト-粘土比によって間隙率と透水係数は変化し, 一般に細粒化の方向に間隙率は増



第10図 含水比と粒度(含粘土率)との関係
含水比を対数とした片対数グラフ上にプロットしたもの。

Fig. 10 Log-linear plot of water content against clay content.

加し, 透水係数は小さくなる. このような結果と, 山陰沖の日本海では前述のように表層堆積物は一般に沖合に向って細粒化しているという事実(第1図)から, 前節で示したような各物理量の地理的分布もこの底質粒度の変化によるものと予想される. 今回得られた粒度分析結果と含水比(対数)との関係は第10図のようであり, 前述のように含粘土率の増加にともなって含水比も増加している(相関係数0.79). 含水比と他の物理量との間には, 上述のようにある一定の関係が認められるので, 含粘土率の変化は, ここで取扱った物理量すべてに影響を与えていると考えられる. 細粒海底堆積物の粒度組成は堆積場の違いを反映していると考えられる(斎藤・西村, 1988)ので, 大陸棚から海盆底に至る堆積場の地理的な変化にともなう底質の粒度組成の変化が堆積物の物理的性質にも影響を与えているものと考えられる. ただし, 今回の結果と港湾地域から報告されている含粘土率-含水比の関係(松本・小川, 1969)とを較べると, グラフ上ではほぼ平行に移動し, 同じ含水比に対して今回の方がやや含粘土率が低い(約10%). この原因については明らかでないが, 試験・測定方法の違いによるものかもしれない. 特に, 粒度分析の方法の違いや分析の前処理の違い(試料の分解の程度)により, 分析値にかなりの差(中央粒径値で2φ以上)が生じることが示されており(NELSEN, 1983; SHIDELER, 1976), 今回の違いもこれに起因したものである可能性がある. この関係を

明らかにするためには、同じ試験・測定方法による比較研究を行う必要がある。

湿潤密度は間隙水の密度を一定とすれば、含水比(間隙水と堆積粒子の量比)と堆積粒子の密度(比重)に関係するが、含水比と湿潤密度の間の相関関係から考えると、堆積粒子の密度は極端に変わらないことが予想される(誤差は大きい、間隙水の密度を 1.0 g/cm^3 と仮定した時に、今回の測定値から求めた堆積物の密度は $2.2\text{--}2.5\text{ g/cm}^3$ に最頻値をもつ)。このことは、この海域において特定の鉱物の濃集域がないこと(堆積粒子の組成が一樣であること)を示していると考えられる。

以上のように、大陸棚以深の表層堆積物の各物理量間の相関関係は港湾地域ですでに示されたものと同じであり、各物理量は堆積物の粒度組成によって第一義的に決められる。したがって、含粘土率-含水比に示されるような相関関係の平行移動現象の補正ができれば、大陸棚以深の堆積物の粒度組成以外の物理量を、粒度組成を指標にして、多くの研究データのある港湾地域での結果をもとに、推定することができる可能性がある。

6. ま と め

山陰沖日本海より得られた柱状試料のいくつかの物理的性質について検討した。その結果、各物理量間の相関関係はこれまで港湾地域から報告されていた関係とほぼ同じであること、及び一般には大陸棚から海盆に向って各物理量は系統的に変化する(含水比、間隙率、間隙比の増加、及び湿潤密度、乾燥密度の減少)ことが明らかとなった。このような傾向は、大陸棚から海盆に向っての堆積物の粒度組成の変化に対応したものである。したがって、これらの物理量の地理的分布は、堆積場の地理的な違いを反映したものと考えられる。また一部に今後検討すべき問題点を持つてはいるものの、表層堆積物の各物理量の相関関係が港湾地域と大陸棚以深とではほぼ同じで各物理量は粒度組成によって決められるということは、今後大陸棚以深の堆積物の物理的性質を考える時に、多くの研究例のある港湾地域の結果のうち、同じような粒度組成をもつものを探せば、その推定ができる可能性を示している。

今回の結果は、試料採取点も少なく、必ずしも系統的といえる難いところもあるが、山陰沖日本海の大陸棚外縁から海盆域にかけての物理量の分布の一般的特性を示していると考えられる。しかし、表層堆積物の分布(池原・川幡, 1986; 池原ほか, 1987; 片山・池原, 1988)はより複雑であるので、詳細にはより複雑な分布を呈していることは容易に想像できる。したがって、今後ここで

示したような大きな傾向を知った上で、必要に応じてさらに細かな調査をしていく必要がある。

また、地理的な堆積場の違いは、粒度組成や粒子組成の変化として表れるとともに、堆積速度の違いとしても表れることも考えられる。今回取扱った柱状試料のいくつかには、年代目盛として利用できるテフラ層が挟在している(町田, 1988)。これらから算出される堆積速度と、各物理量の垂直方向への変化率との関係は今後の課題である。

謝辞 地質調査所海洋地質部の盛谷智之部長、有田正史課長には粗稿を読んで頂き、有益な指摘を頂いた。カナダ Memorial University of Newfoundland の R.N. HISCOTT 博士には図表及び英文の問題点の指摘をして頂いた。白嶺丸の奥村英明船長をはじめとする GH 85-2, 86-2 及び 87-2 航海乗船乗組員の方々には試料採取において多大なる御協力を頂いた。また、地質調査所海洋地質部の中尾征三課長(現在石油公団)、有田正史課長、川幡穂高博士、片山 肇氏をはじめとする各調査航海乗船研究者の方々には船上作業に御協力頂いた。これらの方々には厚くお礼申し上げます。

文 献

- 有田正史・木下泰正(1979) 相模灘及付近表層堆積図。海洋地質図, 4, 地質調査所。
- BENNETT, R.H., FREELAND, G.L., LAMBERT, D.N., SAWYER, W.B. and KELLER, G.H.(1980) Geotechnical properties of surficial sediments in a Mega-Corridor: U.S. Atlantic continental slope, rise, and deep-sea basin. *Marine Geol.*, vol. 38, p. 123-140.
- BOUMA, A.H. and MOORE, J.C.(1975) Physical properties of deep-sea sediments from the Philippine Sea and the Sea of Japan. In KARIG, D.E., INGLE, J.C., Jr., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. 31, Washington (U.S. Government Printing Office), p. 535-568.
- BUSCH, W.H. and KELLER, G.H.(1981) The physical properties of Peru-Chile continental margin sediments—the influence of coastal upwelling on sediment properties. *J. Sediment.*

- Petrol.*, vol. 51, p. 705-719.
- CHASSEFIERE, B. and MONACO, A.(1987) Geotechnical properties and sedimentological processes of the Rhone continental margin. *Marine Geol.*, vol. 74, p. 225-235.
- FAAS, R.W.(1986) Mass-physical and geotechnical properties of surficial sediments and dense nearbed sediment suspensions on the Amazon continental shelf. *Continental Shelf Res.*, vol. 6, p. 189-208.
- GEALY, E.L.(1971) Saturated bulk density, grain density and porosity of sediment cores from the western equatorial Pacific: Leg 7, Glomar Challenger. In WINTERER, E.L., et al., *Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project*, vol. 7, Washington (U.S. Government Printing Office), p. 1081-1104.
- 池原 研・片山 肇・有田正史(1987) 山陰沖の表層堆積物. 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」昭和61年度研究概要報告書—日御碕沖・鳥取沖海域—, 地質調査所, p. 121-152.
- ・川幡穂高(1986) 北九州・山陰沖の表層堆積物. 中尾征三・玉木賢策・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」昭和60年度研究報告書—響灘・見島沖海域—, 地質調査所, p. 68-102.
- 岩淵義郎(1968) 日本海南東部の海底地質. 東北大学地質古生物研邦報, vol. 66, p. 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, vol. 26, p. 217-225.
- 海上保安庁水路部(1949) 日本近海底質分布図, 第1-第4 (第7051-7054). 海上保安庁水路部.
- 片山 肇・池原 研(1988) 山陰-北陸沖の表層堆積物. 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」昭和62年度研究概要報告書—経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域—, 地質調査所, p. 69-105.
- KELLER, G.E., LAMBERT D.N. and BENNETT, R.H.(1979) Geotechnical properties of continental slope deposits—Cape Hatteras to Hydrographer Canyon—. *SEPM Spec. Publ.*, no. 27, p. 131-151.
- and YE, Y.C.(1985) Geotechnical properties of surface and near-surface deposits in the East China Sea. *Continental Shelf Res.*, vol. 4, p. 159-174.
- 町田 洋(1988) 鳥取沖・若狭湾沖の海底コアに介在するテフラ (予報). 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」昭和62年度研究概要報告書—経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域—, 地質調査所, p. 147-153.
- McMANUS, J.(1988) Grain size determination and interpretation. In TUCKER, M., ed., *Techniques in Sedimentology*, Blackwell Sci. Publ., Oxford, p. 63-85.
- 松本一明・小川富美子(1969) 港湾地域における土の工学的諸係数の相関性について (第1報). 港湾技研資料, vol. 71, p. 1-40.
- 茂木昭夫・佐藤任弘(1975) 日本周辺大陸縁部部の海底I. 科学, vol. 45, p. 551-559.
- 中川康一(1987) 堆積物の物性と地質条件. 「地盤の調査法とその問題点」討論会資料集, 日本地質学会, p. 21-44.
- NELSEN, T.A.(1983) Time- and method-dependent size distributions of fine-grained sediments. *Sedimentology*, vol. 30, p. 249-259.
- 大場忠道(1983) 海底コアの研究における一定容量サンプリングの重要性. 化石, no. 34, p. 33-40.
- 尾田太良・池原 研(1988) 山陰東北部海域における浮遊性有孔虫群集 (予察). 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」昭和62年度研究概要報告書—経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域—, 地質調査所, p. 167-169.
- 小川富美子・松本一明(1978) 港湾地域における土の工学的諸係数の相関性. 港湾技研報告, vol. 17, no. 3, p. 3-89.
- 大嶋和雄・湯浅真人・黒田 敬・満塩博美(1975)

- 対馬-五島海域表層底質図. 海洋地質図, 2, 地質調査所.
- 斎藤文紀・西村 昭(1988) 現世海成細粒堆積物の粒度組成の特徴—東北日本太平洋側の例. 堆積学研究会報, no. 28, p. 41-51.
- 佐藤幹夫・棚橋 学・有田正史・池田国昭・宮崎純一(1987) 日御碕沖・鳥取沖海域の3.5 kHz SBP による表層構造探査. 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」昭和61年度研究概要報告書—日御碕沖・鳥取沖海域一, 地質調査所, p. 21-27.
- ・池原 研・山本博文(1988) 音波探査記録からみた隠岐トラフ表層付近の堆積構造. 日本地質学会第95年学術大会講演要旨, p. 219.
- SHEPARD, F.P.(1954) Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 24, p. 151-158.
- SHIDELER, G.L.(1976) A comparison of electronic particle counting and pipette techniques in routine mud analysis. *J. Sediment. Petrol.*, vol. 46, p. 1017-1025.
- 田中裕一郎(1986) 対馬海峡近海域における海底堆積物中の石灰質ナンノ化石群集. 中尾征三・玉木賢策・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」昭和60年度研究報告書—響灘・見島沖海域一, 地質調査所, p. 128-136.
- (1987) 隠岐周辺海域の石灰質ナンノ化石群集. 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」昭和61年度研究概要報告書—日御碕沖・鳥取沖海域一, 地質調査所, p. 177-185.
- (1988) 若狭湾沖の石灰質ナンノ化石群集. 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」昭和62年度研究概要報告書—経ヶ岬沖・ゲンタツ瀬海域一, 地質調査所, p. 170-175.
- 宇都一馬(1979) 第2編 土の物理的性質の試験 第3章 含水量試験. 土質工学会編, 土質試験法—第2回改訂版一, 土質工学会, 東京, p. 2-3-1-2-3-9.
- 山本博文・宮崎純一・石橋嘉一(1986) 響灘・見島沖海域の海底地形および3.5 kHz SBP による表層構造探査. 中尾征三・玉木賢策・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」昭和60年度研究報告書—響灘・見島沖海域一, 地質調査所, p. 128-136.

(受付: 1989年1月13日; 受理: 1989年1月18日)