

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

藤井 紀之\* 安田 俊一\*

Mineral Compositions of Marine Argillaceous Sediments  
off San'in Coast

By

Noriyuki FUJII & Toshikazu YASUDA

Abstract

Mineral compositions of some marine argillaceous sediments off San'in Coast were investigated by X-ray diffraction.

Three specimens from Miho Bay are mainly composed of kaolin minerals, feldspars and quartz. On the other hand, all specimens from the sea off Oki Islands consist largely of mica clay, kaolin minerals and quartz accompanied by chlorite, montmorillonite, feldspars and gypsum. Such difference should depend on the differences of sedimentary condition of the two.

Also, vertical variation of mineral composition relating to two core samples was investigated.

要 旨

美保湾および隠岐島東方で採取された泥質堆積物の鉱物組成について、予察的に検討した。美保湾の底質には、カオリン鉱物や長石が特徴的に多く含まれている。一方外洋の試料には、雲母粘土鉱物やカオリン鉱物・石英の他に、緑泥石・モンモリロナイト鉱物・石膏などが普遍的に含まれている。これは、内湾と外洋の堆積環境の違いを反映するものである。なお、外洋の2組の柱状試料について、鉱物組成の垂直的な変化を検討した。

1. はし が き

最近の海洋科学の発展に伴って、海底堆積物の鉱物組成の研究も急速に進められており、現在では世界の主要な海の堆積物の組成については、すでに大よその傾向が明らかにされている。(GRIFFIN, WINDOM & GOLDBERG, 1968) 日本においても、小林・生沼 (1962)、生沼・小林 (1962) 等によって、主として近海底堆積物の粘土鉱物組成の研究が行なわれている。それによると、日本近海の海底堆積物は、一般にモンモリロナイト、緑泥石、イライトおよびカオリナイトからなるが、その組成比には地域によってかなり変動が見られる。

筆者等は、水野等によって行なわれた美保湾・隠岐島

沖の海底堆積物の研究に参加し、非粘土鉱物をも含めた鉱物組成の検討を行なった。その結果、隠岐島沖の堆積物の粘土鉱物組成は小林・生沼 (1962) の報告した一般的傾向と大差はないが、美保湾の堆積物には陸上からの碎屑物の影響が強く現われていることが明らかになったので、これらの結果をとりまとめて報告する。

2. 研究の方法

2.1 試 料

研究に用いた試料はすべて水野等によって採取されたもので、円筒式ドレッジによって採った底質試料7個(内美保湾3個)、グラビティ・コアラーによって採取した柱状試料2組について試験を行なった。それらの大よその採取位置は第3図に示してある。なお柱状試料は、長さ約70cm (TN23) および55cm (TN25) のものを、ほぼ10cm ずつにきったものについて研究し、その垂直的な変化について検討した。

2.2 X線試験用試料の調整

鉱物組成の検討はすべてX線回折によって行なった。ただX線試験に際しては、従来一般的に行なわれているような、2 $\mu$ 以下の粒子だけを採取して試験に供する方法(生沼・小林, 1961)をとらず、簡略な水ひによって砂質部分を除いた試料について試験を行なった。この方法では微量の粘土鉱物の存在を見落す可能性もあるが、

\* 鉱床部

粘土質部分の鉱物組成を全体として把握し得るという点において便利である。以下、その概要について説明する。

1) 未乾燥試料適量 (約3g) を小型ビーカーにとり、純水50ccを加え十分に攪拌する。必要に応じて分散媒を加える。

2) 少時間放置した後再び攪拌し、懸濁液の上部約20ccを試験管に採取する。

3) 試験管をしばらく放置して試料を沈殿させる。沈殿が遅い場合には、硫酸アルミニウム10%溶液を数滴加えて沈降させる。次いで試料の量に応じて上澄液を捨て、それぞれの懸濁液の濃度が大同小異になるようにする。

4) 試験管をよく振って試料を懸濁させ、懸濁液のなか程までスポイトを入れて液を採取し、A (耐熱ガラス製)・B (普通ガラス製) 2枚のスライドガラス上に液を塗布し、そのまま乾燥させる。

5) 残りの懸濁液はそのまま放置し、試料を沈殿させて上澄液を捨て、1:1の塩酸10ccを加える。これを湯煎で1時間加熱した後塩酸を捨て、純水で2~3回洗滌してから粘土試料をスライドガラスC (普通ガラス製) に塗布し乾燥させる。

以上のようにして、1個の試料についてA・B・Cの3枚のX線試験用試料が準備されることになる。これらは、いずれも半定方位試料である。

### 2.3 X線回折

上述の手順で作製した半定方位試料A・B・Cを用いて、次の5通りのX線回折試験を行ない、非粘土鉱物をも含めた鉱物組成について検討した。X線回折には理学電機製・Geigerflexを用い、Cu-Ni, 30kV, 10mA, Ratemeter: 4, Multiplier: 1, Time const.: 4の条件で走査を行なった。

#### 1) 未処理試料

試料A (耐熱ガラスに塗布したもの) について、 $2\theta$ : 40~2度の範囲について走査し、これを未処理試料のX線パターンとする。

#### 2) 250°C加熱試料

1)の走査を行なった試料Aを250°Cで1時間加熱し、これをそのままX線にかける。走査範囲は $2\theta$ : 13~2度とする。

これによって、ハロサイトの底面反射 (約 $10\text{\AA}$ ) は約 $7.3\sim 7.4\text{\AA}$ に移動するので、雲母粘土鉱物の001反射 (約 $10\text{\AA}$ ) との区別が可能となる。またモンモリロナイトおよびパーミキュライトの001反射 (約 $15\text{\AA}$ および約 $14\text{\AA}$ ) も、加熱によって約 $10\text{\AA}$ の位置に移動するので、

緑泥石の001反射 (約 $14\text{\AA}$ ) との識別ができる。ただしパーミキュライトの001反射は、300°C以下の加熱では再び $14\text{\AA}$ に復元することもあるので、判定には注意を要する。

#### 3) 650°C加熱試料

2)の試験を行なった後、試料Aを650°Cで1時間加熱し、ふたたびX線にかける。走査範囲は23~2度とした。

カオリン鉱物は、多くの場合約600°Cで結晶が崩壊するので、この処理によってカオリン鉱物の反射は消失する。緑泥石の場合は、 $7\text{\AA}$ の反射は弱くなるが、 $14\text{\AA}$ の反射は逆に強くなり識別が容易となる。ただし結晶度の低い緑泥石は、450°C以下の低い温度で結晶が崩壊してしまうこともある (BRINDLEY, 1961) ので、判定には注意が必要である。

なお、パーミキュライトと緑泥石の識別のためには、通常硝酸アンモン処理法が用いられているが、試験的に実施した結果は必ずしも思わしくなかったためこの方法は採用しなかった。

#### 4) エチレングリコール処理試料

試料B (普通ガラス上に塗布したもの) にエチレングリコールを1滴滴下し、30分以上経過した後でX線にかける。モンモリロナイトの底面の間隔はこの処理によって $1\sim 2\text{\AA}$ 増大するので、パーミキュライトや緑泥石の反射と区別することができる。

#### 5) 塩酸処理試料

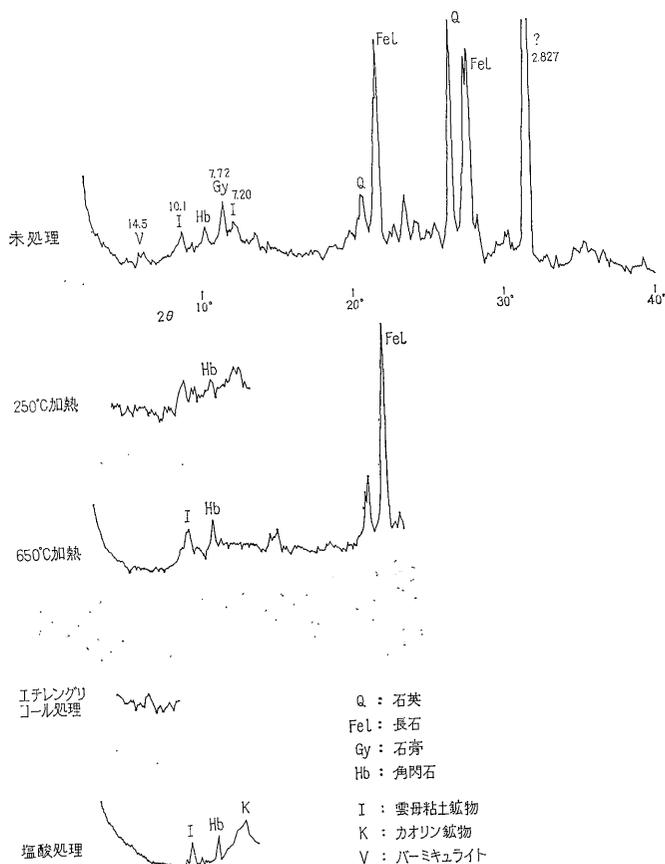
塩酸で処理して作った試料CをX線にかける。走査範囲は13~4度である。

この処理はカオリン鉱物と緑泥石の識別に有効である (生沼・小林, 1963)。すなわち、塩酸処理によって緑泥石の $14\text{\AA}$ および $7\text{\AA}$ の反射は完全に消失するが、カオリン鉱物の $7\text{\AA}$ 反射はそのまま残存する。しかし、長時間処理するとカオリン鉱物の反射も弱くなる傾向があるので、注意する必要がある。

以上5通りの試験を全試料について実施し、その結果から粘土鉱物組成を判定した。また概略の非粘土鉱物組成についても検討を行なった。

## 3. 結果

上述のような試験の結果、底質および柱状試料に含まれる粘土鉱物としては、雲母粘土鉱物、カオリン鉱物、モンモリロナイト鉱物および緑泥石などが確認された。また非粘土鉱物としては、石英・長石のほかには石膏およびカルサイトの存在が確認された。以下、各組成鉱物について略述する。



第1図 美保湾底質 (TN12) のX線パターン

### 3.1 粘土鉱物

#### 雲母粘土鉱物

約10Åの001反射の存在によって同定した。美保湾の底質試料の場合には、10Åの反射も小さく、かつ低角度方向へ非対象性の散乱を伴っている(第1図)が、隠岐島沖の試料はいずれもきわめて明瞭な10Åの反射を示している(第2図)。いずれの場合も、250°C加熱によって10Å反射が消滅することはなく、むしろやや成長する傾向が認められる。これは後述するように、モンモリロナイトやパーミキュライトの001反射が加熱によって約10Åに収縮することによる。

未処理試料のX線パターンから見ると、美保湾底質中の雲母粘土鉱物は、やや結晶が崩れかけた加水雲母を混えているものと思われる。

#### カオリン鉱物

7.2~7.4Åの001反射が250°C加熱および塩酸処理で消失しないことによって、カオリン鉱物の存在を確認した。

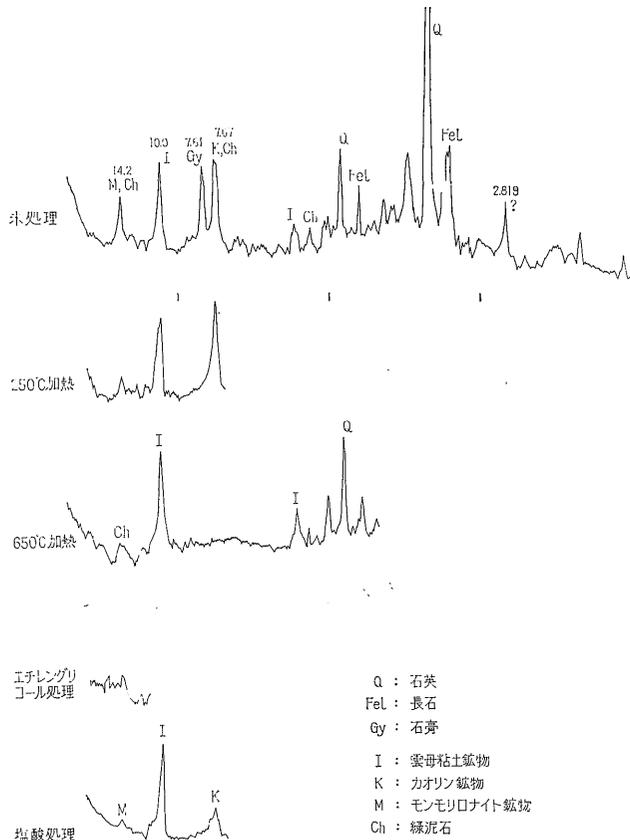
美保湾の試料には緑泥石が含まれていないので、カオリン鉱物の量は250°C加熱後の7.2~7.4Å反射の面積によって大よそ推定することができる。しかし、隠岐島沖の試料には例外なく緑泥石を含むため、カオリン鉱物の001反射は緑泥石の002反射と重複して現われる。したがって、この場合は塩酸処理後の7.2~7.4Å反射の面積によって、カオリン鉱物の量を推定した。未処理試料のパターンとの比較は、雲母粘土鉱物の001反射を基準として行なった。

未処理試料のX線パターンから見て、カオリン鉱物はそれほど結晶度の良いものではない。

#### モンモリロナイト鉱物

14~15Åの001反射が、エチレングリコール処理によって16~17Åに移動することによって同定した(第2図)。

隠岐島沖の試料はすべてモンモリロナイト鉱物と緑泥石を含んでいるため、14~15Åの反射には両者の底面反射が重複して現われている。しかし、250°C加熱によ



第2図 隠岐島東方海底堆積物 (TN25-5) のX線パターン

てモンモリロナイトの001反射は約10Åに収縮し、一方緑泥石はエチレングリコール処理によって膨潤しないので、これらの処理の結果から、モンモリロナイト鉱物の大よその量を推定した。

**緑泥石**

カオリン鉱物およびモンモリロナイト鉱物との識別法はすでに述べた通りである。パーミキュライトと緑泥石の識別は、主として加熱変化とエチレングリコール処理の結果によって行なった。

すなわち、パーミキュライトの001反射は650°C加熱によって完全に14Åから約10Åの位置に移動し、エチレングリコール処理では変化がない。したがって、650°C加熱後の14Å反射(緑泥石による)と、エチレングリコール処理後の14Å反射(緑泥石とパーミキュライトによる)を比較することにより、両者の大よその量を判定した。

なお、カオリン鉱物やモンモリロナイトの反射を差引いて見ると、緑泥石としては002反射が001反射より強

いものが多い。これは比較的鉄に富む緑泥石が多いことを示している (BRINDLEY, 1961)。

**パーミキュライト**

緑泥石との判別法は上述の通りである。モンモリロナイトとの識別は、エチレングリコール処理による変化の有無によって行なった。パーミキュライトの存在が確認されたのは、美保湾の試料が1個あるだけである(第1図)。

このほか、X線パターンからは、若干の非晶質物質を含むことが予想されるが、試料板にガラス板を使っており、詳細は不明である。

**3.2 非粘土鉱物**

非粘土鉱物としては、石英と長石のほかに角閃石、石膏およびカルサイトが見出された。その他2.83Åの鋭い反射を示す不明鉱物が見出された。

**角閃石**

約8.45Åの110反射によってその存在を確認した。この反射は、すべての処理に対して不変である。

石膏

約  $7.6\text{\AA}$  の 020 反射の存在によって同定した。この反射は  $250^\circ\text{C}$  加熱によって消失するので、識別は容易である。

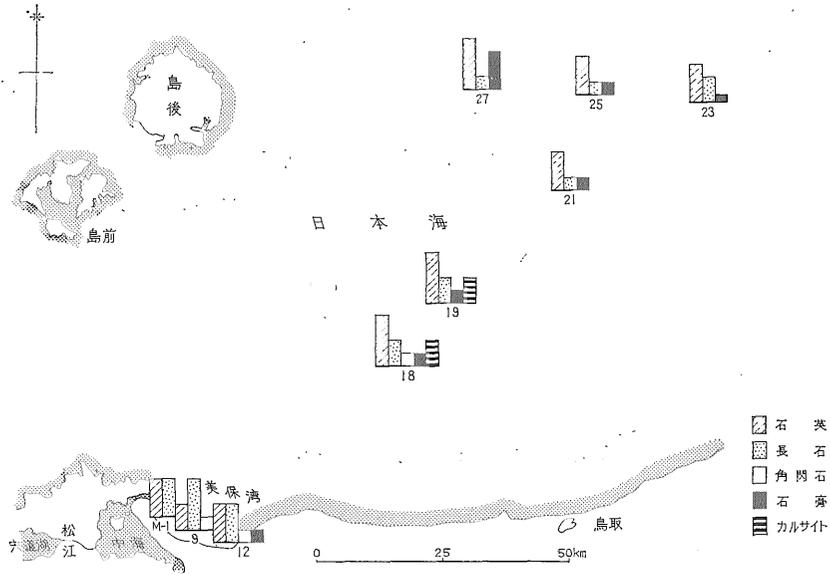
カルサイト

約  $3.04\text{\AA}$  の鋭い反射の存在、および塩酸に投じると発泡して溶解することによりカルサイトと同定した。

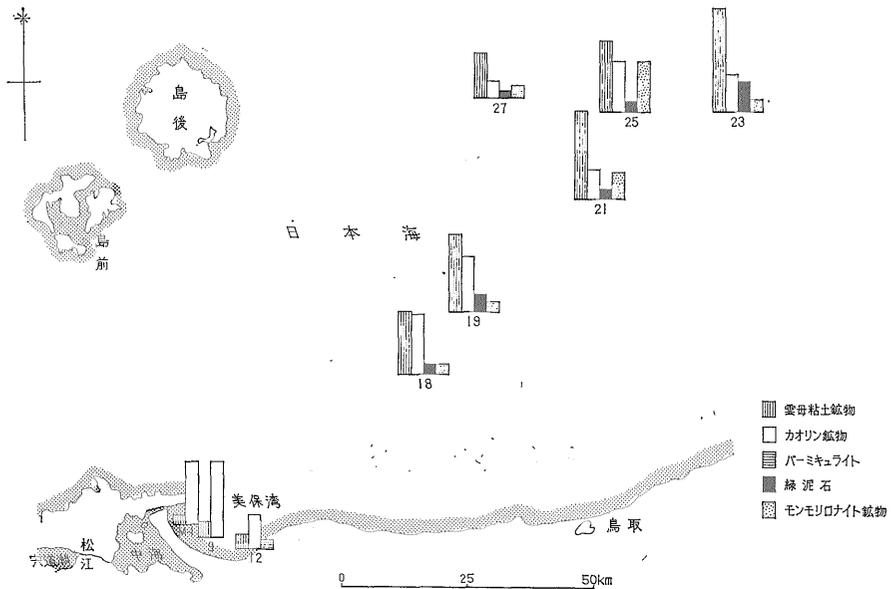
この他に、約  $2.82\sim 2.84\text{\AA}$  の鋭い反射を示す試料が数箇所認められた。これについては、現在まだ明確な結論を得ていない。今後検討する予定である (第1図・第2図)。

3.3 鉱物の分布に見られる特徴

上述の同定結果を各試料の採取位置について図示したのが第3図および第4図である。いずれも鉱物の種類の模様で、X線回折の結果から推定した大よその量を高さ



第3図 底質の非粘土鉱物組成



第4図 底質の粘土鉱物組成

で示してある。

これらの図からも明らかのように、美保湾の底質と外洋の底質とでは、鉱物組成に顕著な違いが認められる。

まず非粘土鉱物について見ると、美保湾の底質では石英に比して長石がかなり多く、また角閃石を含むことが特徴である。一方外洋の試料では、一般に長石は石英より少なく、普遍的に石膏を含んでいる。また炭酸塩鉱物は美保湾の一部および山陰海岸に近い外洋の試料に含まれている(第3図)。

粘土鉱物組成においても、両者の間には明瞭な相違が認められた(第4図)。

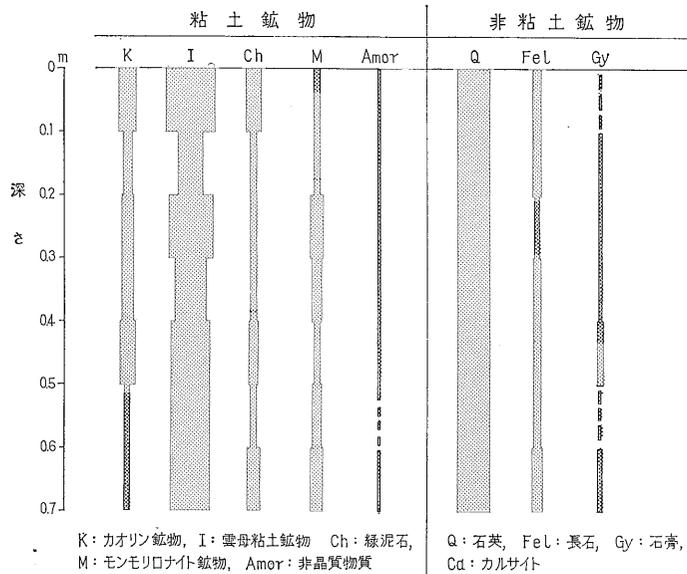
すなわち、美保湾の底質は、カオリン鉱物を主成分と

し、ほかに雲母粘土鉱物と一部にパーミキュライトを伴っているが、緑泥石とモンモリロナイトは全く検出されなかった。

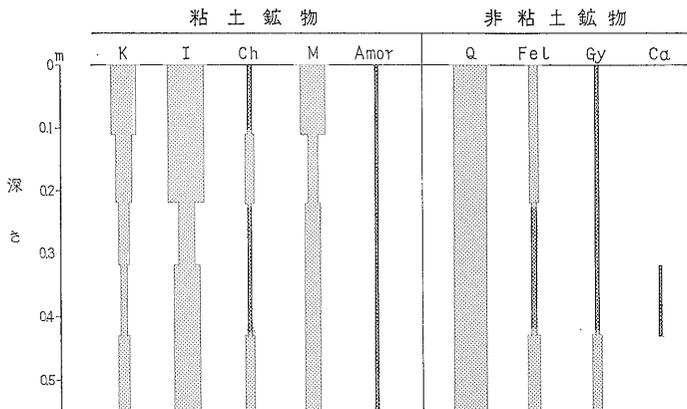
これに対し、外洋の底質は、雲母粘土鉱物およびカオリン鉱物を主成分とし、常に緑泥石およびモンモリロナイト鉱物を伴っている。しかし、緑泥石とモンモリロナイトの比はかなり変動がある。

### 3.4 柱状試料の鉱物組成

次に、TN23, 25の2組の柱状試料について、鉱物組成の垂直変化を検討した。X線パターンから推定した各鉱物の大よその量的な変化を第5図および第6図に示す。



第5図 柱状試料(TN23)の鉱物組成の変化



第6図 柱状試料(TN25)の鉱物組成の変化

これらの図に示されたおもな特徴としては次のような点があげられる。

- 1) カオリン鉱物は下部になるほど少なくなる傾向が認められる。
- 2) 雲母粘土鉱物はもっとも主要な組成鉱物である。
- 3) 2~3の例外はあるが、緑泥石は下部になる程やや増加する傾向がある。
- 4) 石膏の分布にはばらつきが多い。
- 5) カルサイトは、1~2の試料に例外的に含まれている。

#### 4. 考 察

今回研究の対象とした試料の数はごく少ないので、今回の結果だけで何らかの結論を出すことは難しい。

しかし、美保湾と外洋の底質の間に明瞭な相違が認められたことは、堆積環境と堆積物の組成との関係を追究する上において興味深い事実である。

すなわち、美保湾に注ぐ日野川その他の河川の流域には花崗岩類が広く分布しており、長石やカオリン鉱物はこれに由来するものと考えられる。また隣接する中海にはモンモリロナイトが比較的多く堆積している(藤井・安田, 1969)にもかかわらず、美保湾では全く検出されていない。これは沿岸流その他の海流の影響で、微細なモンモリロナイト鉱物の堆積が妨げられたためと考えられる。

一方外洋の堆積物に雲母粘土鉱物が多く、また緑泥石や石膏が特徴的に含まれているのは、ある程度続成作用の影響を反映していると見ることができる。

たとえば、加水雲母やパーミキュライトは、海中ではKイオンを吸着して雲母粘土鉱物になることが知られており(WEAVER, 1959)、モンモリロナイト鉱物は海中では次第に緑泥石や雲母粘土鉱物に転移することが実験的にも確かめられている(WHITEHOUSE & McCARTER: 1958)。ただ、モンモリロナイト鉱物については、碎屑質のものと火山灰起源のものとの2通りの起源が考えられるが、これについてはまだ検討していない。

また石膏は酸化性の環境下でしばしば晶出するが、還元環境下では嫌気性のバクテリアで還元されて分解する(MÜLLER, 1967)。石膏の量にばらつきが多いのは、堆積物中の有機物の量の多少によって、Ehが変化するためと思われる。

その他、カオリン鉱物の量的変化の原因は判然としませんが、カオリン鉱物は海水中で安定である(CARROLL & STARKEY, 1960)から、その供給量自体に変動があったと考えるのが合理的である。あるいは、気候条件の

変化などがその原因であったとも考えられる。

以上、今回得られた結果について簡単な考察を試みたが、今後はさらに多数の試料について研究を進める予定である。(昭和43年10月~44年8月調査)

#### 参 考 文 献

- BRINDLEY, G. W., (1961) : Chlorite minerals, the X-ray identification and crystal structures of clay minerals. *Miner. Socie. London*, p. 242~296
- CARROLL, D. & STARKEY, H. C. (1960) : Effect of sea water on clay minerals. *Clays Clay Minerals, Proc. Natl. Conf. Clays Clay Minerals*, 7, p. 80~101.
- 藤井紀之・安田俊一 (1969) : 粘土鉱物の Aquatolysis と底質コアにみられる粘土鉱物分布, 中海・宍道湖の堆積についての総合的研究 (演旨), 地調月報, vol. 20, no. 3, p. 72
- GRIFFIN, J. J., WINDOM, H. & GOLDBERG, E. D., (1968) : The distribution of clay minerals in the World Ocean. *Deep Sea Research*, vol. 15, p. 433~459.
- 小林和夫・生沼 郁 (1962) : 海底堆積物中の粘土鉱物の研究, 海洋地質, vol. 1, no. 1, p. 13~23
- MÜLLER, G., (1967) : Diagenesis in argillaceous sediments. In G. LARSEN and G. V. CHILINGAR ed., *Diagenesis in Sediments*, Elsevier Pub. Co., Amsterdam, p. 127~177.
- 生沼 郁・小林和夫 (1961) : 地層の問題に関連する粘土鉱物の研究 (第2報), 粘土科学の進歩 (3), 技報堂, p. 234~245
- 生沼 郁・小林和夫 (1962) : 深海堆積物の粘土鉱物学的研究, 粘土科学の進歩 (4), 技報堂, p. 141~148
- 生沼 郁・児玉秀臣・小林和夫 (1963) : カオリン鉱物と緑泥石との判定法, 粘土科学, vol. 3, no. 1・2, p. 3~17
- WEAVER, C. E. (1959) : The clay petrology of sediments. *Clays Clay Minerals, Proc. Natl. Conf. Clays Clay Minerals*, 6, p. 154~187.
- WHITEHOUSE, U. G. & McCARTER, R. S. (1958) : Diagenetic modification of clay mineral types in artificial sea water. *Clays Clay Minerals, Proc. Natl. Conf. Clays Clay Minerals*, 5, p. 81~119.