

青森県陸奥湾表層堆積物中の粘土鉱物の分布

青木 三郎

Clay Mineral Distribution in Surface Sediments of Mutsu Bay, Aomori Prefecture, northern Japan

Saburo AOKI

Abstract

Sixty-nine surface sediment samples from Mutsu Bay, Aomori Prefecture, northern Japan and two river sediment samples discharging Mutsu Bay are analyzed for clay mineral investigation by X-ray diffraction method. The major four clay minerals such as smectite, chlorite, illite and kaolinite are semi-quantified. Smectite is the most abundant with an average of 44% in the clay mineral assemblage, and chlorite and illite are next most abundant with an average of 23% and 22%, respectively. Kaolinite is the least amount with an average of 14%. The most outstanding characteristics by smectite abundance is due to wide distribution of volcanics surrounding Mutsu Bay. Kaolinite concentration is relatively higher than those in sediments of other seas around Japanese islands but Mutsu Bay is not suitable for the occurrence of kaolinite because of weather conditions. The relationship between clay mineral species and the distance from land seems to be well correlated in some case and not to be in other cases. The content of smectite in mud sediment is not necessarily more abundant.

1. はしがき

南北に細長く伸びる日本列島には、大小様々な湾や入り江が存在している。これらの地形は太平洋側に多く分布していて、駿河湾や相模湾などの湾口部が外洋に広がる代表的な開放型湾や湾口部が狭く外洋水との繋がりが限定される東京湾や大阪湾などの閉鎖型湾も太平洋側に位置している。こうした代表的な湾内堆積物中の粘土鉱物の研究がスタートしたのは、1960年代であり、その最初の研究は東京湾堆積物を使用して実施された(生沼・小林;1962)。この研究では、スメクタイトはその形態的特徴と細粒さから湾奥部から湾口部へと運搬されそこで濃集する傾向があると指摘された。青木・生沼(1981)は、駿

河湾表層堆積物の研究から、スメクタイトとカオリナイトは伊豆半島よりに濃集する傾向が、イライトは湾西部よりに濃集する傾向があることを指摘し、これは周辺の地質環境と密接に関係していると結論した。青木（1988）は相模湾及び周辺海域の表層堆積物中の粘土鉱物の組成を調べ、湾内堆積物とその周辺の河川堆積物中の粘土鉱物含有率に強い相関性があることさらに粘土鉱物の分布パターンが黒潮や沿岸流にコントロールされていることを指摘した。青木ら（1990）は大阪湾表層堆積物とピストン・コアサンプルについても分析し、粘土鉱物種と河口からの距離によって差別堆積が見られることと淡水から海水への環境変化による粘土鉱物の変質作用が発生している可能性について言及した。またコア・サンプル中のカオリナイト含有率が異常に高い層準は上位の泥炭層の影響を受けていることを指摘した。本州の最北端に位置する陸奥湾は、東部と北部を下北半島によって、また西部を津軽半島によって、南部は夏泊半島を含む青森市によって囲まれたW型をした典型的な閉鎖型湾である。下北半島と津軽海峡の間の平館海峡は陸奥湾と外洋とを結ぶ唯一の水路である。Fig.1に陸奥湾とその周辺の地図を示した。

2. 陸奥湾の地球科学的環境

北村・中川（1972）によれば、陸奥湾周辺の地質は以下のように記述される。陸奥湾の北部に位置する下北半島の地質は、火山岩類としては第四系の安山岩、流紋岩、石英安山岩がパッチ状に、それに北東部に火山岩屑が広く分布している。同半島の東に南北に伸びる地帯では湾内よりに高位段丘堆積物が発達しその間に、火山岩屑が挟まれるように分布している。太平洋側には第三紀中新世の内沼層が広く分布している。一方、湾西部の津軽半島の湾内よりの地質は、北部に玄武岩が、そして海岸沿いに完新世の河・海岸平野堆積物が分布している。その背後には、低位と中位の段丘堆積物が分布し、その奥には玄武岩や火山岩が、さらには中新世の不動の滝層が分布する。一方、湾南部の地帯では、青森市周辺で完新世の河・海岸平野堆積物が広く分布するが、青森市から北東に張り出している夏泊半島では、半島北部地域に類似した、第四系の安山岩、それに流紋岩、さらに石英安山岩が第三紀中新世の間木層を埋めるように分布している。これら湾周辺の地質を端的に言えば、東西の海岸には完新世から第四紀の堆積物が、また北部と南部の半島では火山岩類が分布している。次に湾内に流入する主要河川は、下北半島の北部側から川内川、脇野沢川、田名部川、東部側から三保川、津軽半島側からは蟹田川、内真部川、南部の青森市側からは堤川、野内川、浅虫川、清水川、野辺地川などである。Fig.2に陸奥湾の水深分布と泥質堆積物の分布を示した。水深分布を見ると、平館海峡から伸びる60mの等深線は湾口部までで、湾内はほぼ60m以浅である。50m等深線は、舌状に湾中央部に張り出しているが、40m等深線が湾中央部を支配している。泥質堆積物はこの40~50m等深線をカバーするように分布している。

3. サンプルと分析の方法

本研究に使用した陸奥湾表層堆積物試料は、1977年青森県増殖センターが漁場改良復

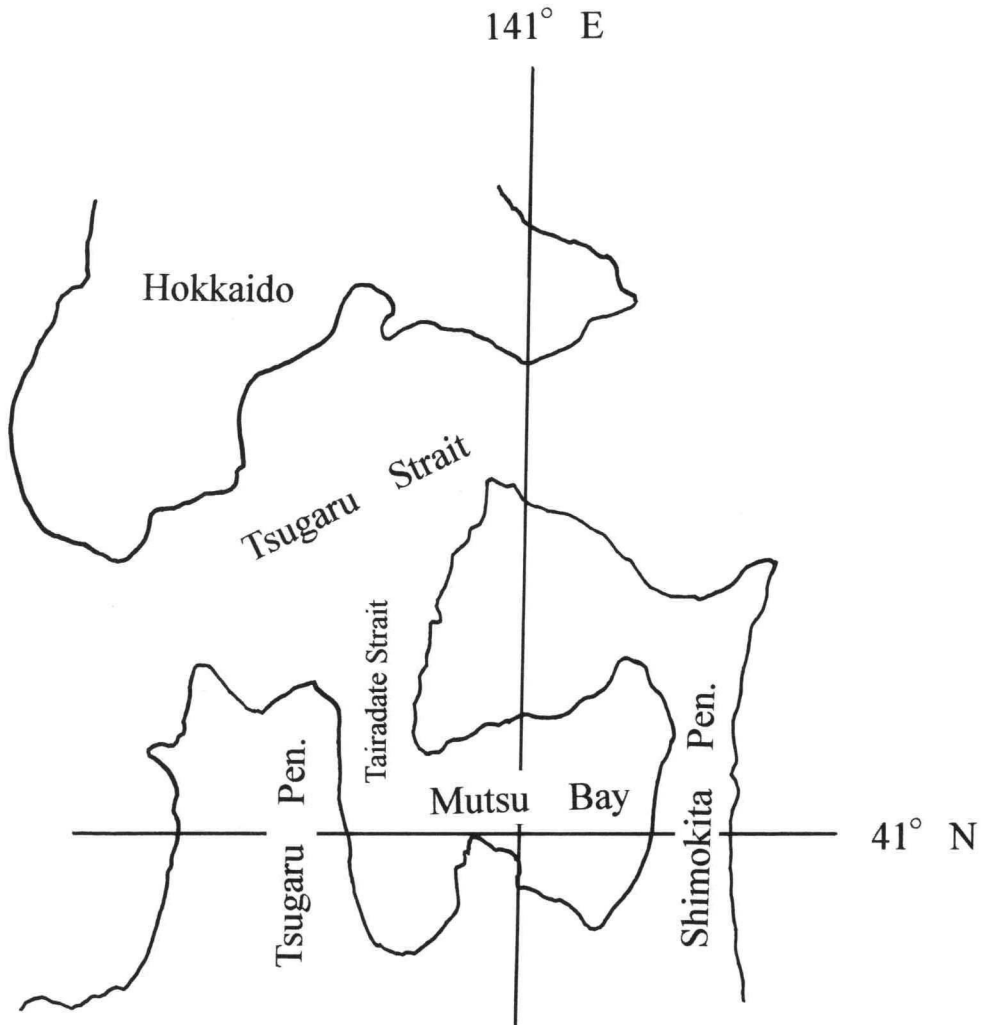


Fig.1 Index map to Mutsu Bay and its vicinity

旧基礎調査時に陸奥湾のほぼ全域から採取された69地点のサンプルである。採泥にはピストン・コアラ―やスミスマッキンキンタイア―などの採泥機器が使用された。採泥地点と湾内に流入する河川名をFig.3に示した。周辺の河川底土は、堤川、蟹田川の2地点で採取したサンプルのみが分析用に適した。原サンプルは蒸留水中で脱塩処理した後、粘土部分(2ミクロン以下)を回収するためにガラス製円筒管に分散させ繰り返しスイヒ処理を行った。

回収した粘土部分はスライドガラス板に塗布した。この場合、未処理サンプルと6N規定塩酸で30分間加熱処理した2サンプルを用意した。これらのサンプルは、X線回折法(Oinuma, 1968)により粘土鉱物の定性と定量分析を実施した。使用したX線回折計は理学電気製RigakuX-2000、回折条件は電圧35Kv、電圧40mv、 $CuK\alpha$ 、スリットシステ

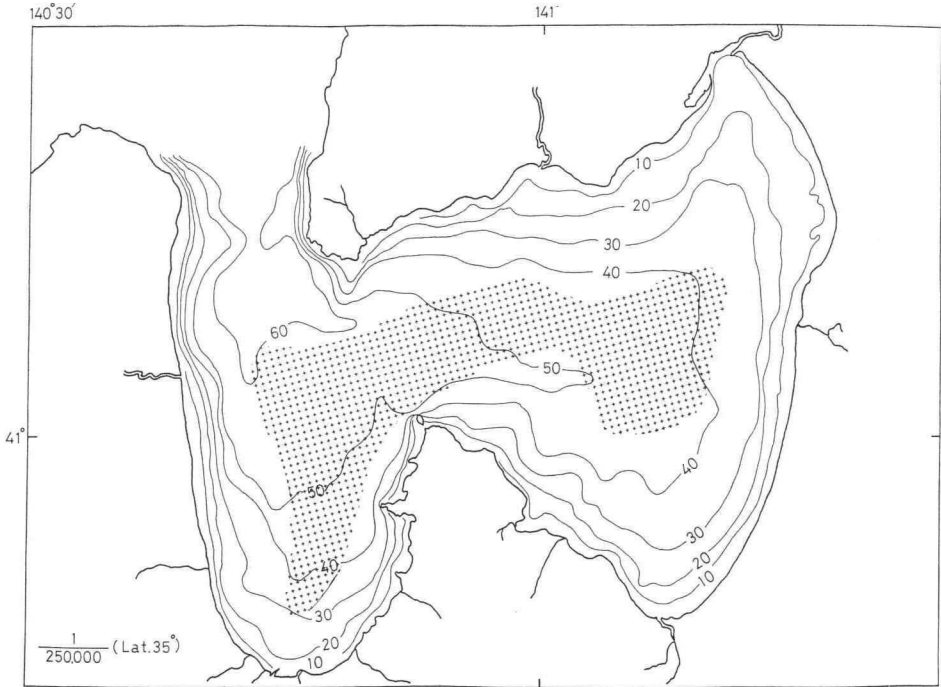


Fig.2 Bathymetry and mud sediment distribution in Mutsu Bay

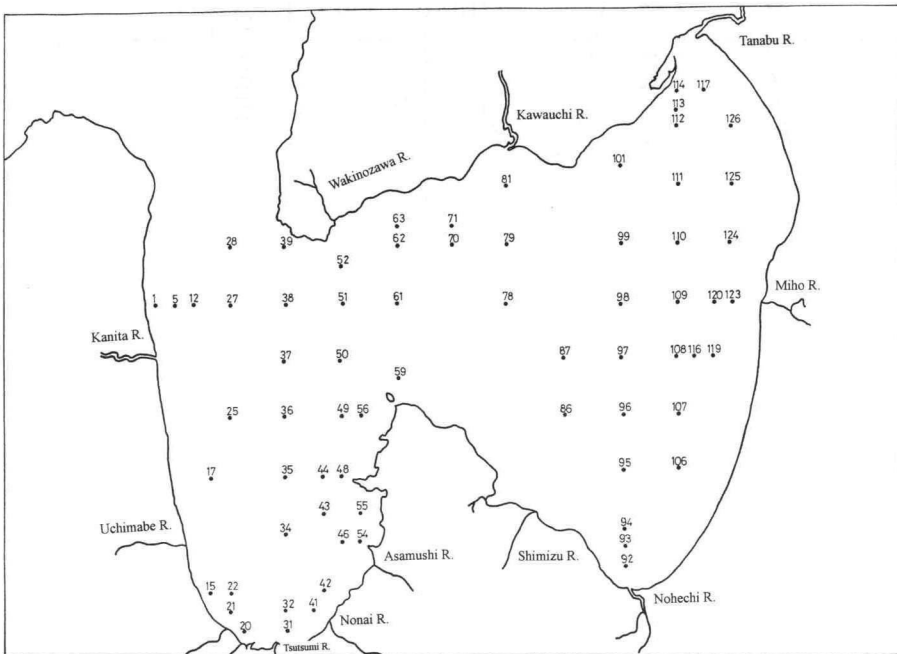


Fig.3 Locality of samples and rivers discharging in Mutsu Bay.

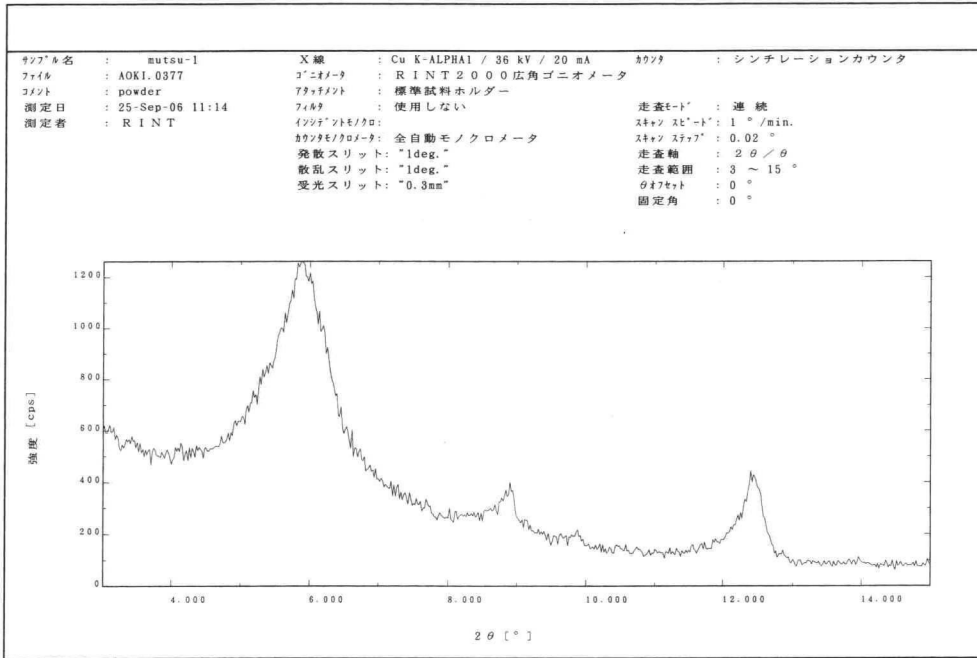


Fig.4 X-ray diffraction pattern of sample St. 1.

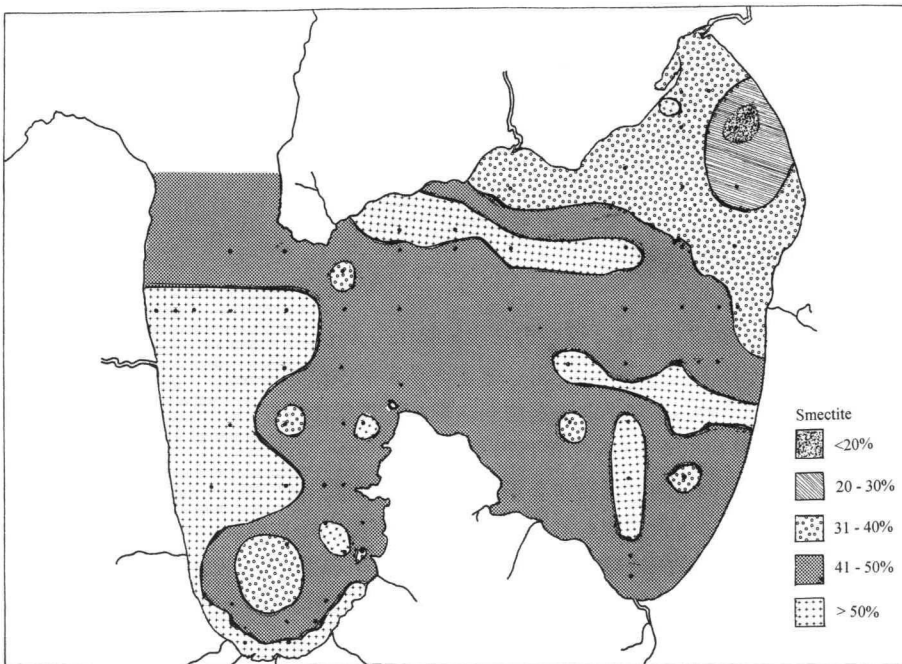


Fig.5 Smectite distribution (<2 micron size)

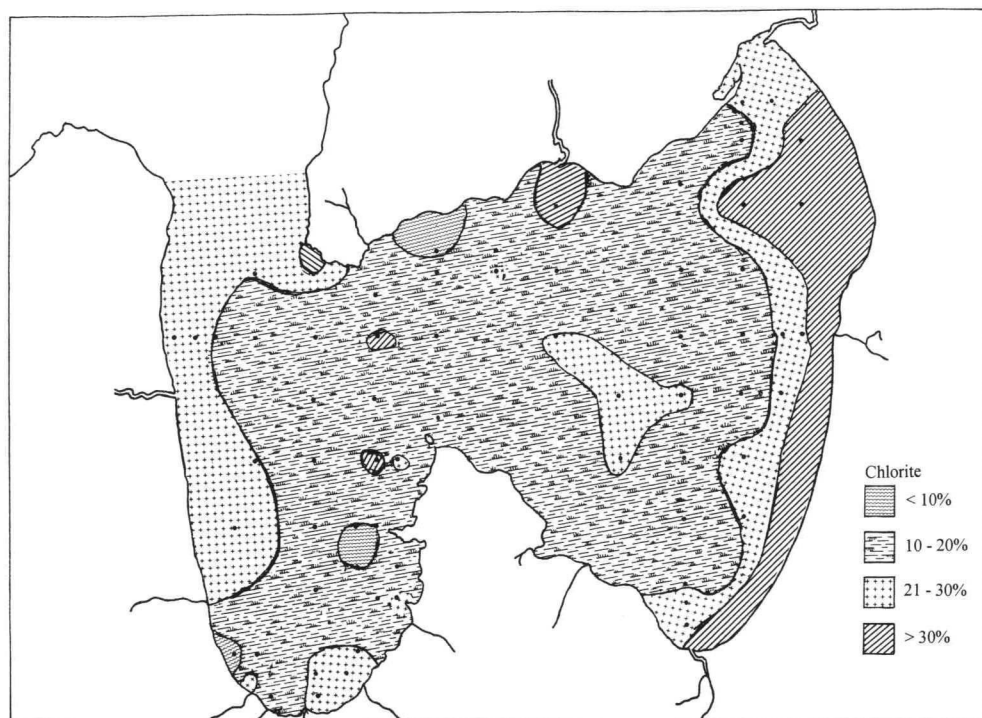


Fig.6 Chlorite distribution (<2 micron size)

ム 1-1-0.3°である。Fig.4は定量法に使用した地点サンプル st. 1 の X 線回折パターンである。同定された粘土鉱物は、スメクタイト、クロライト、イライト、それにカオリナイトの4種類であった。各地点の粘土鉱物の含有率を100%で表した結果を Figs.5~8 と Table 1 に示した。

4. 粘土鉱物の分布特性

Smectite—スメクタイトは4種類の粘土鉱物中で最も高い含有率(69サンプルの平均含有率は48%)を示している(Fig.5)。スメクタイトの最高含有率(>50%)は、津軽半島側と北部下北半島側と東部下北半島側から細長く舌状に伸びる海域である。その最高含有率を示す分布域は、いずれも二番目の高含有率(40~50%)を示す海域の中に存在する。津軽半島側の広い範囲の最高含有率の分布海域では、同半島から湾内へ流入する蟹田川底土中のスメクタイト含有率も高く(57%)、津軽半島からの供給を強く暗示している。一方、スメクタイト含有率が相対的に低い(<31%)海域は、下北半島の北西部、むつ市沖に集中している。以上のことから、陸奥湾内のスメクタイトは、津軽半島東部、夏泊半島、南部及び北西部下北半島と、大湊湾を除く全域で高い含有率を示している。これは、陸奥湾周辺に分布する第三紀~第四紀の火山岩及び火山砕屑岩に由来する影響が強く反映していると考えられる。

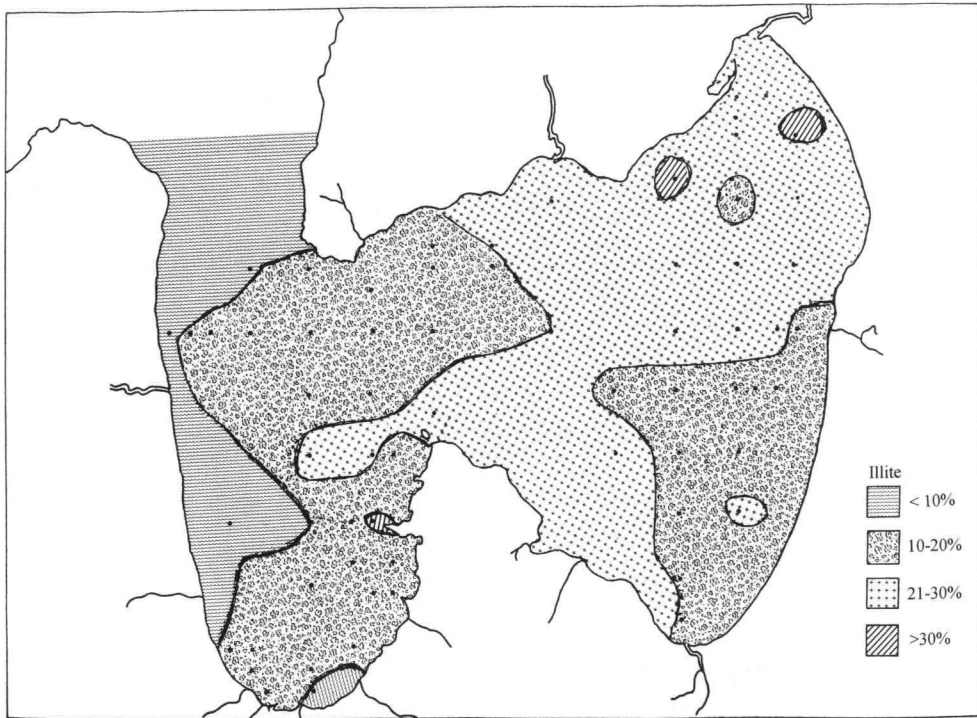


Fig.7 Illite distribution (<2 micron size)

次にスメクタイト含有率と泥質堆積物の相関性について見ると、スメクタイトの最高含有率を示す海域が、すべて泥堆積物ではないが、ほぼ50~40mの等深線内の泥堆積物内に分布していることは明らかである。大湊湾の砂質堆積物が分布しているところでは、相対的に低含有率の分布パターンとなっている。より細粒な堆積物内にスメクタイトが含まれる傾向があることが今回の研究によっても明らかにされた。

Chlorite—クロライトはスメクタイトに次いで第二番目に高い含有率（平均20%）を示している。30%以上の高含有率を示すパターンは、下北半島の西岸沿いに南北に細長く伸びている（Fig.6）。他にこの30%以上の含有率を示す海域は、北部下北半島の川内川の河口沖に小さな舌状なパターンが見られるだけである。次に高い21~30%のパターンは、30%以上の含有率を示す南北に伸びる海域に隣接して平行する場所と陸奥湾西岸の津軽半島東部沿いに南北に伸びる海域である。次に、10~20%の含有率を示すパターンは陸奥湾全体の中で最も広く分布している。東岸部では含有率が岸から沖への減少傾向が明瞭である。この分布パターンは、山北半島に供給源を持つクロライトが岸から沖への距離の増加とは逆にその含有率を減少させる差別堆積によるものと解釈することができる。含有率がもっとも低い<10%パターンは北部山北半島の海岸寄りなどごく一部に存在するのみである。

Illite—イライトの平均含有率（18%）はクロライトのそれに近い。>30%の高い含有率をしめす海域は、北部山北半島よりの海岸近くと夏泊半島西岸近くの数点のサンプルに



Fig.8 Kaolinite distribution (<2 micron size)

限定されている (Fig.7)。21~30%の相対的に高い含有率を示す海域は、山北半島よりの陸奥湾東部に広く分布していて、その分布範囲の中に、10~20%台の相対的に低い含有率のパターンが南部山北半島の海岸から沖へと分布している。これにたいし、湾西部では10%以下の最少の分布パターンが津軽半島東岸に沿って分布し、それより沖へと10~20%台のパターンが変則的に分布している。この陸奥湾全体の分布の特徴を端的にいえば、東高西低型といえよう。

Kaolinite—カオリナイトの平均含有率(14%)は、4種類の中で最も低い値を示している。>30%を示す高い含有率は、湾奥部近くに限定的に存在している (Fig.8)。また、21~30%の相対的に高い含有率のパターンも散在的に3地点でのみ分布している。従って、カオリナイトは11~20%の分布パターンがほぼ湾内全域に広く分布している。一方、<10%の分布域は、湾南東部、北部、そして西部や西南部のいずれも海岸に接する海域に見られる。

5. 粘土鉱物の地域的分布特性にたいする考察

陸奥湾表層海底堆積物中の粘土鉱物の分布をコントロールする要因として、周辺の地形・地質、海流、河川水、堆積物の種類などが考えられる。周辺の地質については、陸奥湾のほぼ周辺全域に第三系、ないし四系の火山岩類が分布している。これにたいし、堆積

Table 1 Data for clay mineral composition in this study.

Station	smectite	chlorite	illite	kaolinite	total (%)
1	58	25	10	7	100
5	60	25	11	4	100
12	51	18	17	14	100
15	69	2	11	18	100
17	59	22	8	11	100
20	50	16	19	15	100
21	56	28	12	4	100
22	48	15	17	20	100
25	65	20	10	5	100
27	58	13	12	17	100
28	45	30	9	16	100
31	61	24	9	6	100
32	47	27	18	8	100
34	36	18	18	28	100
35	69	17	8	6	100
36	36	19	25	20	100
37	59	13	16	12	100
38	61	18	13	8	100
39	42	36	15	7	100
41	55	25	10	10	100
42	51	28	13	8	100
43	75	7	14	4	100
44	47	0	11	42	100
46	61	14	13	12	100
48	45	10	38	7	100
49	26	37	24	13	100
50	49	18	18	15	100
51	44	34	11	11	100
52	37	15	17	31	100
54	39	22	17	22	100
55	50	16	17	17	100
56	55	24	11	10	100
59	41	17	25	17	100
61	44	20	17	19	100
62	45	16	17	22	100
63	60	7	14	19	100
70	45	26	20	9	100
71	63	14	19	4	100
78	45	21	20	14	100
79	59	11	22	8	100
81	32	33	28	7	100
86	34	23	27	16	100
87	54	20	16	10	100
92	42	28	14	16	100
93	41	28	20	11	100
94	63	12	17	8	100
95	61	18	13	8	100

96	62	11	15	12	100
97	48	24	15	13	100
98	45	11	24	20	100
99	51	12	23	14	100
101	31	17	32	20	100
106	37	20	24	19	100
107	52	23	15	10	100
108	61	14	18	7	100
109	45	16	20	19	100
110	41	10	22	27	100
111	33	33	18	16	100
112	33	17	26	24	100
113	50	13	28	9	100
114	36	28	20	16	100
116	49	17	16	18	100
117	34	23	26	17	100
119	47	23	17	13	100
120	43	21	24	12	100
123	38	29	18	15	100
124	38	30	19	13	100
125	23	35	26	16	100
126	14	38	32	16	100
堤川	34	0	32	34	100
蟹田川	57	13	22	8	100

岩類は、湾東部の山北半島と西部の津軽半島に広く分布している。このように湾を取り囲むように火山岩類が分布していることは、分析された4種類の粘土鉱物でスメクタイトが最も卓越している（平均含有率48%）ことから支持される。海底堆積物中でスメクタイトが卓越している海域には、近接している陸域に火山岩類が分布していることはこれまで筆者ら（例えば、青木ら1978）の研究結果からも明らかである。一方、堆積岩類は湾東部の山北半島と西部の津軽半島に部分的に分布している。このことは、クロライト（平均含有率20%）、イライト（平均含有率18%）の相対的に低含有率と調和的である。つまり、クロライト、イライトは堆積岩類や変成岩に由来する粘土鉱物として考えられるからである。それに加えて、卓越するスメクタイトによる薄め効果でさらに低含有率になると解釈される。カオリナイトの低含有率（平均14%）は、海底堆積物中では一般的である。陸域から離れた海域の堆積物中のカオリナイトの含有率は、10%以下である。しかしながら、湾や陸地に近接する海底堆積物中では、今回分析したように10~15%程度の含有率を示している。陸奥湾堆積物中のカオリナイト含有率が低い値を示した原因として考えられる他の要因として、陸奥湾の気候環境がある。つまり日本列島でも寒冷気候が支配する期間が長い地域では、カオリナイトなどの温暖多湿環境下で発達する粘土鉱物は生成されにくいからである。次に、各粘土鉱物が、岸からの離岸距離によってその含有率に規則的な変動が認められるか否かである。今回の分析結果では、4種類の粘土鉱物の中で、クロライトにその傾向が認められる。つまり、海岸から沖合いへの距離が増すにつれてそ

の含有率が減少することである。特に、湾東部の山北半島の海岸から湾中央部への減少傾向が顕著である。湾西部でも、湾東部ほどではないがその傾向が認められる。一方、イライトの含有率では、逆に海岸からの距離が大きくなるにつれて、含有率が高まる傾向が、湾西部で認められる。他のスメクタイトとカオリナイトでは、クロライトやイライトほどの明瞭な傾向は認められない。このような、陸地からの距離の増加により粘土鉱物含有率が增大または減少する傾向は、差別堆積という用語で説明されている。しかし、今回のクロライトの分布パターンのように湾西部と東部で逆の傾向を示す場合では解釈が難しくなる。陸奥湾のように粘土鉱物の供給源が、湾を取り囲む周辺全体であり、それらを運搬する河川が多く存在する場合は特に複雑である。

スメクタイトが1つの供給源から沖合へ運搬される場合は、陸域からの距離の増大につれて含有率が高まっていく傾向が認められる（例えば、東京湾；生沼・小林、1966）例がある。このケースの解釈として、スメクタイトの細粒性とその扁平さに理由があるとされる。今回の陸奥湾では、スメクタイトの分布特性として、湾東部で下北半島海岸から湾中央部への増加傾向が認められるが、一方湾西部では津軽半島の海岸から湾中央部への減少傾向が認められる。

陸奥湾底の堆積物の分布は、最深部の40~50m等深線内に泥の分布が認められる。この泥堆積物14地点のスメクタイト含有率の平均は、前サンプル数69地点の平均値48%と同じである。この結果は、他の砂質堆積物中のスメクタイト含有率と差異はないことを示している。

6. まとめ

陸奥湾表層堆積物69地点のサンプル中の粘土鉱物組成をX線回折法で分析した。得られた結果をまとめると以下のように要約される。

1. スメクタイト、クロライト、イライト、カオリナイトの4種類の粘土鉱物が同定された。各粘土鉱物の平均含有率は、48%、20%、18%、14%とスメクタイトが最高でカオリナイトが最低であった。
2. スメクタイトが最高含有率を示したことは、周辺の地質特性と密接に関係していると判断される。すなわち、陸奥湾を取り囲む周辺の山北半島、津軽半島、夏泊半島の地質は、第三系、第四系の火山岩類が卓越して分布し、スメクタイトはこの火山岩類にそのほとんどが由来したものと考えられる。
3. クロライト（平均20%）、イライト（平均18%）が相対的に低い含有率を示したことは、周辺の地質に堆積岩類の割合が少ないこと及びスメクタイトによる薄め効果によると推察される。
4. カオリナイトの平均含有率は14%と4種類の中で最低であることは、陸奥湾周辺の気候が、特に冬季、寒冷乾燥環境とカオリナイトの生成に適さないことを暗示している。
5. 粘土鉱物分布におけるいわゆる差別堆積については、湾岸より離れるに従い増加するケース（イライト）と逆に減少するケース（クロライト）が認められる。また、スメクタイトの差別堆積についても明らかではなかった。

謝辞：本研究を遂行するにあたり、東洋大学の生沼郁名誉教授には終始ご指導ご鞭撻をいただいた。分析に使用した堆積物サンプルは、青森県水産増殖センターから供与された。またサンプルの X 線分析は産業医学総合研究所の機器を使用して実施された。同研究所の神山宣彦博士（現東洋大学教授）と篠原也寸志博士には御世話になった。以上の方々から感謝申し上げる次第です。

参考文献

- Aoki, S., Oinuma, K. and Sudo, T. (1974) The distribution of clay minerals in the Recent sediments of the Japan Sea. *Deep-Sea Res.*, 21 : 299-310.
- 青木三郎・生沼 郁 (1981) 駿河湾底表層堆積物中の粘土鉱物の分布。地質学雑誌、87(7)、429～438.
- 青木三郎 (1983) 相模湾および周辺海域の表層堆積物中の粘土鉱物の分布、日仏海洋学会誌、21(2)、113-120.
- 青木三郎・生沼 郁・星野 透 (1990) 大阪湾堆積物中の粘土鉱物の分布。東洋大学紀要（自然科学）、34号、1～18.
- 青森県 (1976) 基礎生産力調査。陸奥湾漁業開発基本計画調査報告書、青森県 32-38.
- 北村 信・岩井武彦・中川久夫 (1963) 青森県地質図 (20 万分の 1) 及び同説明書。地質調査所。
- 日本海洋学会 (1985) 陸奥湾、日本全国沿岸海洋誌、東海大学出版会、pp1106.
- 生沼 郁・小林 和夫 (1962) 東京湾口堆積物の粘土鉱物組成。日本海洋学会創立 20 周年記念論文集、136-145.
- Oinuma, K. (1966) Method of quantitative estimation of clay minerals in sediments by X-ray diffraction analysis. *J. Toyo Univ. (General Educ.)*, 10, 1-15.
- 水産庁 (1978) 昭和 52 年度漁業改良復旧基礎調査結果の概要 (陸奥湾)、3-16.