

報 文

561 : 551.35(522 : 523) (26)

堆積学的花粉分析学, その1*

—九州西方海域および四国の海底表層堆積物—

中 村 純** 黒田 登美雄*** 満 塩 博美****

Sedimentological Palynology, part I

—Subsurface sediments from the Western sea-area of
Kyushu and Shikoku—

JUN NAKAMURA, Tomio KURODA and Hiromi MITSUSHIO

Abstract

Several contributions have been done on the sedimentary mechanism of pollen and spore in marine sediments of some foreign countries, but the results can not necessarily be applied to marine palynological analysis of Japanese sediments, because vegetation is different between Japan and those countries. It appears keenly necessary to clarify the sedimentary mechanism of pollen and spore in our country. Our study has been settled along this line.

For the first step, marine subsurface sediments obtained from the Haikata Cove of the Urano-uchi Bay, Kochi Prefecture, the Sakitsu Bay, Amakusa, west of Kyushu, and the western sea-area of Kyushu Mainland are studied palynologically to be compared with those of the Doiyama River and the paddy rice field near the Haikata Cove. The results obtained are as follows:

- 1) In the Doiyama River, almost whole NAP (non-arboreal pollen) is deposited with flowing.
- 2) In the Haikata Cove, FS(fern spore) occurs at every station at very high percentage, and NAP is extremely few. AP (arboreal pollen) and NAP show the same pattern of behavior in sea water, and they are distributed near the both coasts of west and east.
- 3) In the Sakitsu Bay, NAP is extremely few, and AP is transported to and deposited in the bay-mouth area. FS is generally abundant.
- 4) In the western sea-area of Kyushu Mainland, NAP is also extremely few. FS is generally abundant, and AP is few. At the northern rim of the Koshiki Basin, however, AP surpasses FS. There is an apparent tendency that NAP and AP decrease in proportion to a distance from the coast.

In conclusion, it is the characteristic feature in the marine sediments that NAP is the fewest in general, and that AP containing *Pinus* predominantly and/or FS consisting mainly of *Gleichenia* are abundant. However, it has not been noticed so much in foreign countries that NAP is the fewest in the pollen grains. Such composition in non-marine sediments as shown in Fig. 2, has never been observed in marine ones. And it shows a tendency that NAP and AP in marine sediments decrease in proportion to a distance from the coast.

*本研究は「海底地質調査技術に関する研究」の一環として行なった。

**高知大学生物学教室

***九州大学地質学教室

****高知大学地質学教室, 地質調査所併任

1. はじめに

近年海洋地質学や堆積学などの発展とともに、底質の堆積機構や堆積環境の研究、あるいは、海岸平野・段丘などの形成史の研究などにおいて、海成層の花粉分析学的研究が重視されるようになってきた。

一般に花粉・胞子は30~50 μ の大きさを有し、シルト粒子大であるが、これらが陸域より海に運ばれて海底に堆積する場合、次のようなことが知られている。

風で運ばれる花粉・胞子は、海岸から50~100 km 以内の距離で90%は水面上に落下する (ERDTMAN, 1943; FAEGRI and IVERSEN, 1964)。また、大型花粉と小型花粉が海岸を離れるについて、花粉・胞子の量は減少、比率は小となる (HOFFMEISTER, 1954)。また、海中に漂っている花粉・胞子は、堆積粒子として行動し、水流によって淘汰作用をうけ、偏在した堆積を示す (MULLER, 1959; ROSSIGNOL, 1961; CROSS and SHAEFER, 1965; GROOT, 1966)。陸源の粘土やシルトには花粉・胞子が多く含まれ、非晶質のケイ質堆積物の中には少ない (MULLER, 1959)。Pinus 花粉やシダ胞子 (fern spore; FS)、とくに trilete type は浮游力・生産力ともに大で、海成堆積物中では陸成の堆積物に比べて過大に表現される。これに反して、草本花粉 (non-arboreal pollen; NAP) は過小に表現される (KORENEVA, 1966; ZAGWIJN and VEENSTRA, 1966)。

これに対して、わが国では海底堆積物の花粉分析の研究はまだ数が少なく、2, 3あるのみである。島倉(1968・1970)は、日本海や松島湾、紀伊、白浜付近の底質中に Pinus が多いことを報告した。中村 (1973) は、土佐湾、須崎湾および同湾に流入する河川堆積物中の花粉・胞子組成を比較研究した。これによって海成層では NAP が激減し、FS の占める比率が増大することを認め、こ

の結果を伊勢湾周辺の海岸平野下の堆積物の花粉分析に適用して堆積環境を解明し、形成史を明らかにした。

海成堆積物中の花粉・胞子は近くの陸上植生に由来するのがふつうであるから、前述の多くの外国の知見がそのまま広く日本の海成堆積物に適用できるとは限らない。したがって、日本近海の底質中の花粉組成については、近くの陸上植生とも比較しながら多くの海域の花粉組成を調べ、それらの知見を集約し、それをもとに、海成層の堆積した当時の堆積環境の復元をする必要がある。

本報告では、とりあえず、さきに中村 (1973) の認めた土佐湾付近の花粉組成の著しい特徴が広く日本近海に認められるか否かを確認し、さらに各海域における堆積環境の相違に応じて花粉・胞子の構成が変わるか否かを明らかにし、堆積機構を究明しようとしたものである。

以上の目的をもって、土佐湾に開口する浦ノ内湾の一枝湾の灰方湾 (cove)、東シナ海・天草灘に開口する崎津湾、さらにこれに連続した九州西方海域の底質について分析を行なった。また、海域に供給される花粉・胞子の一部は河川の流水中のものに由来することは明らかであるから、灰方湾に流入する土居山川の河底の河川堆積物の分析もあわせて行なった。

なお、本報告では、最表層堆積物のみを対象とし、柱状採泥や岩盤ドレッチによって得られた堆積物に関する結果については次力にゆずることとした。

2. 調査海域の概要およびサンプリング

2.1 地形・地質概要

1) 土居山川および灰方湾

土佐湾の北西部に位置する浦ノ内湾は、俗に横浪三里と呼ばれているほど東西に約 12 km も深く湾入しており、沈降性のリアス式海岸を形成し、内湾度は20.0である。この湾には多くの枝湾が発達しており、灰方湾は北

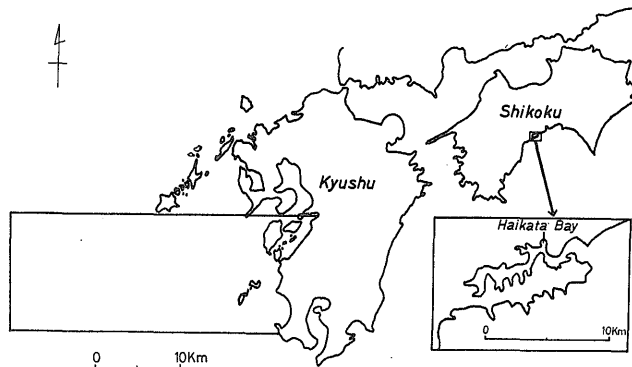


Fig. 1 Locality map in the surveyed sea-area.

側に分布するものの中で東端に位置している。浦ノ内湾の後背地には、四万十帯白亜系の主として泥岩勝ち泥岩砂岩互層が発達しており、いわゆる須崎層が下部で、いわゆる半山層が上部になり、湾には大きな背斜構造がある(土佐四万十帯研究グループ, 1973)。沖積層はほとんど分布していない。地形は、約200m以下のかかり開析された山に囲まれて、分水嶺までは狭く、25,000分の1の地形図でさえ名前のついている川は湾奥部に1つしかない。浦ノ内湾の海底地形は、灰方湾の南西方付近では浅くなり、3m以浅であるが、そこより西方の湾奥では平均約6mとなっている。底質は、湾の約3分の2が泥質であり、東方約3分の1にあたる所の前述の浅所に砂質堆積物が分布している。

灰方湾は、内湾度0.8の開いた湾であるが、海底地形は、Fig. 3のように湾中部で9m、湾口部では水深約2mで閉じた盆状地形をしている。底質は、湾全体はほとんど大部分が泥質であるが、湾の東・西両岸付近と北西部湾岸のごく一部には礫まじり砂質堆積物が分布している。

灰方湾に流入している川は、名前がないので土居山川と呼んでおくが、流域は狭く、流路約10km以下で、川幅は最大で3m以下である。流量も少なく、堆積物は粗粒である。

2) 崎津湾

本湾は、熊本県天草下島の西部にあり、西方に開口して天草灘、東シナ海に面している。まわりの地形はかなり開析されており、標高は数100m以下である。後背地には、白亜紀の姫ノ浦層群および古第三紀の上島層群などが主として分布している(松本ら, 1962)。沖積層の分布する平野は、下島南部を貫流して湾奥の早浦に流入する一町田川の河口付近と、路木川の河口および崎津付近に少し見られるのみである。

本湾は、浦内浦あるいは羊角湾とも呼ばれ、浦ノ内湾と同様に多くの肢湾をもつリアス式海岸が発達している。湾入は約7kmで、内湾度は2.8であり、浦ノ内湾ほどには閉鎖されていない。主要な肢湾は湾奥部の早浦と中央部南岸の亀ノ浦などがある。

水深は湾入深度約40mであり、亀ノ浦・早浦の入口付近では10mの深度であるが、両肢湾をつなぐ海峡部では約30mの海盆が存在している。底質は、湾口部より約半分は砂質堆積物で、湾奥部および各肢湾では泥質になっている(MITSUSHIO, 1967)。

3) 九州西方海域

本海域は前述した崎津湾の西方の連続である。調査された海域は、西端はおおよそ126°30'Eで東西約300km、

南北は天草下島南部から鹿児島県の吹上浜付近にわたる約70kmの範囲である。九州本島の西方では、天草諸島の他に甌島列島や男女群島、さらに西方の鳥島などがあり、北方には五島列島がある。このような広大な範囲にわたっているため、周辺の地質系統は古生代から沖積世までの各時代のいろいろな種類の岩石類からなる。

詳細については、松本ら(1962)および、海底地質調査技術グループ(1970)を参照されたい。

海底地形は、海底地質調査技術グループ(1970)によって示されており、九州側大陸棚・甌海盆(最深900m)・五島海谷(最深約630m)・中国大陸側の大陸棚に区分されている。この一部の測線A・Bに沿う断面をFig. 8に示している。

東シナ海・黄海の底質は、第2次大戦前のものについてNINO and EMERY(1961)が示しており、浜田ら(1963)および満塩(1963)が戦後に得られた試料の結果について述べた。これによれば当海域は揚子江河口から続く砂→泥→泥質砂→砂とほぼ帯状に分布しているもののうち、河口部から水深100m前後までの範囲の砂を除いた部分に相当する。すなわち、泥からはじまって砂質泥→泥質砂と粗粒になり、水深150m付近で中粒砂になり、さらに南西九州海盆部で再び砂質泥から泥となり、九州側大陸棚において砂となっている。また、海盆の北縁や五島海谷付近では砂が分布している。

2.2 植生

前述のこれら海域に花粉・胞子を供給する植生は、主として四国・九州・琉球列島さらに南方・西方の台湾や中国大陸に及ぶ広範囲のものであるが、距離的にみれば四国・九州地域の植生に由来するものが多いことは十分予想される。今回の調査で検出された花粉のなかには、九州・四国地域にはほとんど自生しないか、または全く自生しないものとして、ウラジロエノキ属(*Trema*)、マオウ属(*Ephedra*)などがごくわずかに散見されているにすぎない。その他のものは日本列島のみ、または西・南方諸地域と共通属のものばかりであった。したがって、本報告では九州・四国の植生の概略を述べるにとどめる。これら両域は、ともに低地は暖帯照葉樹林、さらに高度を増すにつれてこれにモミ(*Abies firma*)、ツガ(*Tsuga sieboldii*)などの針葉樹を交じえた中間帯的植生をへて、上部に北温帯のブナ(*Fagus crenata*)を主とした落葉広葉樹林が分布する。四国のみではさらに上部にシロクシラベ(*Abies shikokiana*)、ダケカンバ(*Betula ermani*)などの亜寒帯林が一部存在する。以上は気候的極相植生であって、その他に地質的・地域的・人為的要因によって規制された植生が広く分布する。他方、人工的な植林地、

草原,耕地,裸地が拡大し,その傾向は低地ほど著しい。とくに,瀬海の地域では二次林としてクロマツ (*Pinus thumbergii*),アカマツ (*P. densiflora*) を主とし,林床にコシダ (*Gleichenia Linearis*),ウラジロ (*G. Japonica*) などのシダ植物を伴った植生が広くみられる。したがって,上記海域に運搬堆積される花粉・胞子は,自然植生から人為植生までの広範囲にわたるものに由来するから,現在の陸成堆積物にみられる花粉組成を基準として海成堆積物中のそれを比較するほうが本報告の目的にはより適切であろう。

Fig. 2 は, 四国・九州地方の陸成堆積物の表層の花粉・胞子組成を, 木本類 (AP)注1), 草本類 (NAP)注2), シダ胞子 (FS)注3) に大別して%で示した。また, AP では *Pinus*, FS では *Gleichenia* の占める割合をも区別して図示した。兩種は海成堆積物中に西南日本ではとくに多く検出されるからである。

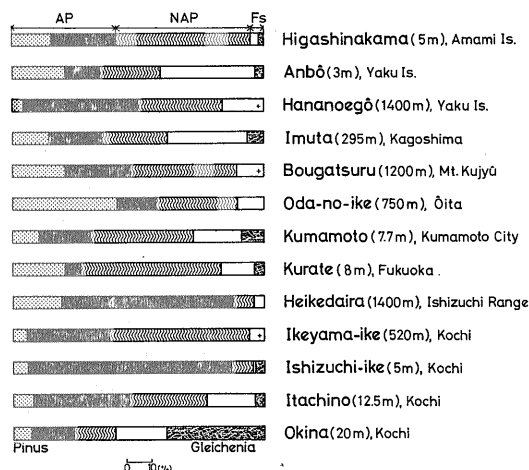


Fig. 2 Composition of pollen and spores in several types of terrestrial sediments.

2.3 サンプリングおよび花粉分析

本報告において分析した試料は次の各項で述べる方法により採集された。また,花粉分析は塩化亜鉛法・アセトリシス法によって行なったが,詳細は中村ら (1972) を参照されたい。

1) 土居山川

土居山川の河川堆積物は河口よりさかのぼり,約200m間隔で移植ゴテを使用して11カ所の表層堆積物が中村らによって1972年10月に採集された。また,これと比較するため,中流域の水田の表土も採集された (Fig. 3, Tab. 1)。

注1)~注3) AP (arboreal pollen), NAP (nonarboreal pollen), FS (fern spore) 以下これらの略字を使用する。

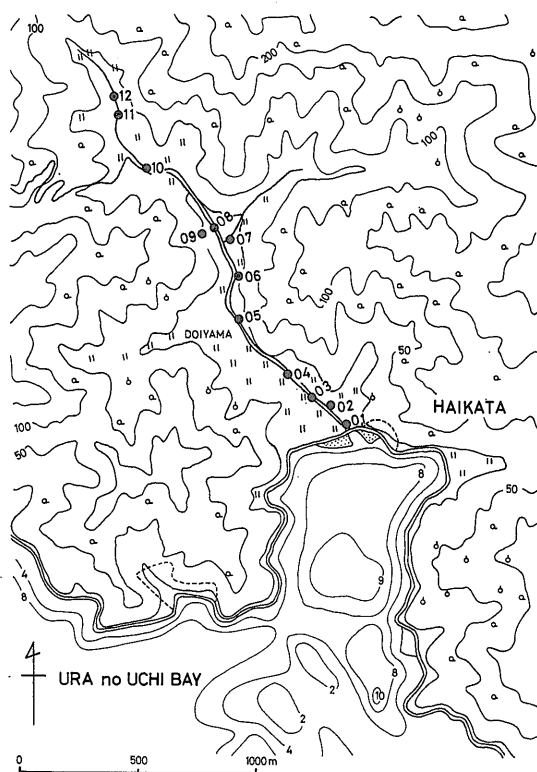


Fig. 3 Sampling site of the Doiyama-gawa River, and bathy metric line of the Haikata Cove.

2) 灰方湾

本湾では,1972年7月,天野隆介氏によりスキュバを使用して潜水し,35mmフィルムのパトローネの空かんを利用して約70m間隔で灰方湾全域をカバーする定点から45標本が採集された (Fig. 4, Tab. 2)。

3) 崎津湾

本湾では,1962年8月九州大学天草臨海実験所の大島丸 (9.7t) を使用して満塩らが40点の試料を採集した。この際,採泥は崎津湾の全域をカバーするように約300m間隔で行なわれた (MITSUSHIO, 1967)。

4) 九州西方海域

本海域の試料は,満塩も参加した地質調査所の第1年度の調査 (1969年10月~11月) で,東海大学丸2世 (703t) を利用して約20km間隔で102点採集された (海底地質調査技術グループ, 1970)。この試料のうち,北方のAライン・南方のBラインに沿う定点のものについて花粉分析を行なった (Fig. 5)。

3. 分析結果

3.1 土居山川

Tab. 1 Samples from the Doiyama-gawa River

Sample No.	Sediments	Sedimentary environments
01	mud with sand	brackish zone, inundated by saline water at high tide
02	mud with sand, gravel	brackish zone
03	sandy silt	narrow Alluvial plain
04	silty sand	ditto
05	silty sand	ditto
06	sandy, gravelly silt	ditto
07	sandy silt	branch point of the river, gentle flow
08	sand, gravel with mud	ditto
09	fine silt	rice field ditch
10	sand, gravel with mud	the point of deceasing water abruptly, and depositing sand and gravel
11	fine silt	ancient rice field ditch near a hill
12	sand, gravel with mud	violent flow, rare in sediment

Tab. 2 Samples from the Haikata Cove

Sample No.	Depth m	Sediment	Sample No.	Depth m	Sediment
10	9.0	mud	33	5.0	sand, gravel, shell fragments
11	8.0	mud	34	7.0	mud
12	8.5	mud	35	3.0	sand, gravel, shell fragments
13		mud with shell fragments	45	1.5	sand, angular gravel
14	6.0	mud	46	10.0	mud
15		mud	47	10.0	mud
16	7.0	mud	48	10.0	mud
17	7.0	mud	49	8.0	mud
18	7.0	mud	50	6.0	mud
19	6.5	mud	51	10.0	mud
20	9.0	mud	52	11.0	mud
21	7.0	mud	53	10.0	mud
22	6.0	mud with shell	54	8.0	mud
23	7.5	mud	55	8.0	mud
24	7.0	mud	56	3.0	gravel, sand, shell
25	2.0	mud, shell fragments	57	8.0	sand, gravel with mud
26	2.0	sandy gravel, shell fragments	58	9.0	mud, shell fragments
27	9.0	mud	59	10.0	mud
28	4.0	gravel, sand	60	10.0	mud
29	8.0	mud	61	10.0	mud
30	9.0	mud	62	8.0	sand, mud
31	10.0	mud	63	5.0	sand
32	10.0	mud			

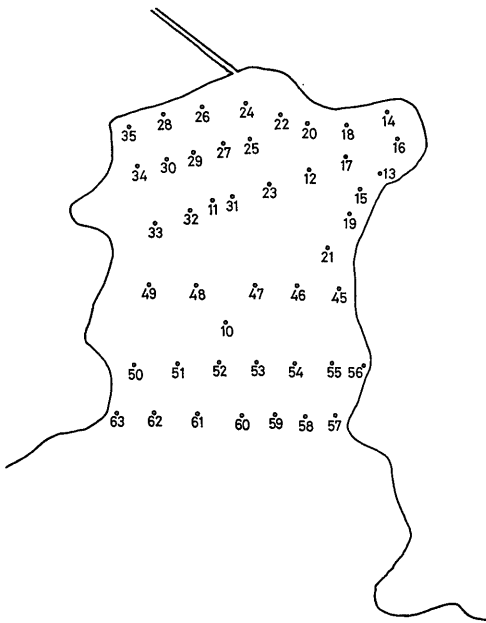


Fig. 4 Sampling station in the Haikata Cove.

土居山川の12地点の試料の花粉分析を行ない、その結果を Tab. 3, Fig. 6 に示した。

St. 09 は、水田の堆積物で河川堆積物と比較のために分析したもので、同地域の静水下で堆積した花粉組成をほぼ忠実に示すものと考えられる。これによると AP 13

%, NAP 38.9%, FS 47% で AP では *Pinus*, NAP ではイネ科 (Gramineae), FS では *Gleichenia* が多い。

これに対して、土居山川の堆積物は AP が少ないことが特徴である。とくに最上流の St. 12 では大部分 (95%) が FS で、AP はわずか 2.4% にすぎない。また、AP としては各地点とも大半が *Pinus* で占められ、他に *Shiia*, *Cyclobalanopsis*, *Myrica*, *Mallotus*, *Cryptomeria* などが検出された。NAP は上記の St. 12 以外では比較的多い。なかでも Gramineae が多く、これについて *Artemisia*, *Reynoutria* が多い。これらは中流域部分で堆積量とともに多く河口に近づくくと減少する。とくに *Artemisia* と *Reynoutria* は互いに相似した堆積パターンを示し、St. 05~08 に多い。

FS は上流と河口部で多く、*Gleichenia* が過半数を占めている。

3.2 灰方湾

Fig. 4 に示した45地点の底質の分析を行なった。その結果は Tab. 4 と Fig. 7 に示した。一般に FS が圧倒的に多く、AP はこれにつき最高42%を示し、NAP はきわめて少ない。

FS は平均して80%以上を占め、その大半は *Gleichenia* で、*Pteris*, *Pyrrosia* のほか、monolete, trilete type も常に検出された。その分布は Fig. 8 に Iso-spore line で示したように、土居山川の河口東側付近や湾央部で多い。

AP (木本類) の大半は *Pinus* で、最高34.8%を占めており、他に *Shiia*, *Cyclobalanopsis*, *Mallotus*, *Myrica*, *Celtis*

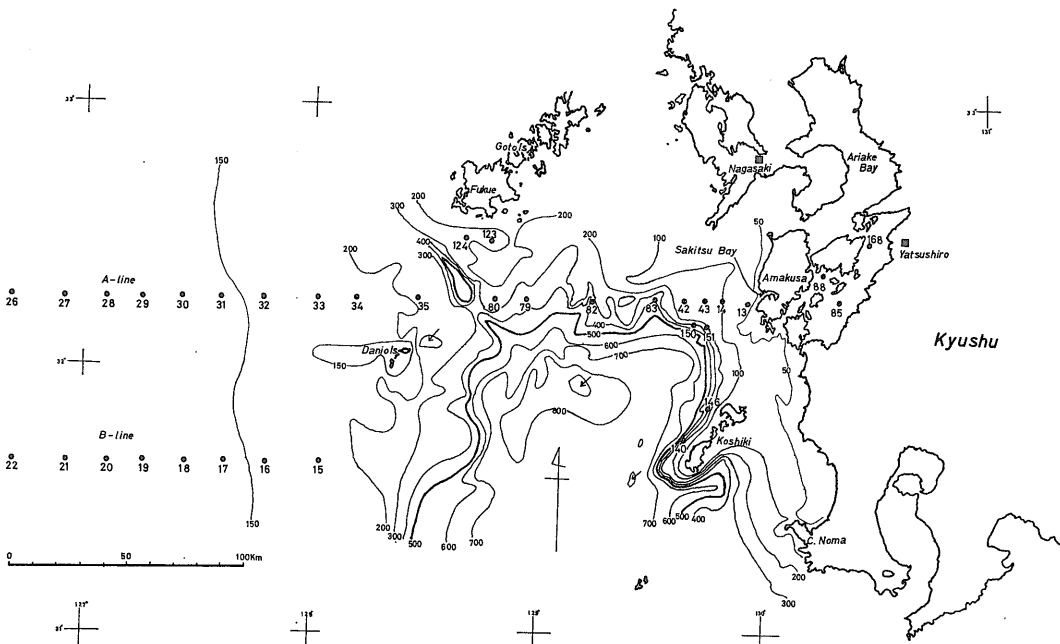


Fig. 5 Sampling station in the western sea-area of Kyushu.

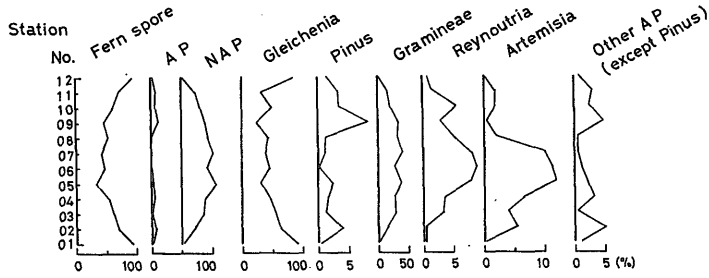


Fig. 6 Composition of pollen and spores in the river sediments of the Doiyama-gawa, from the upper-stream to downstream.

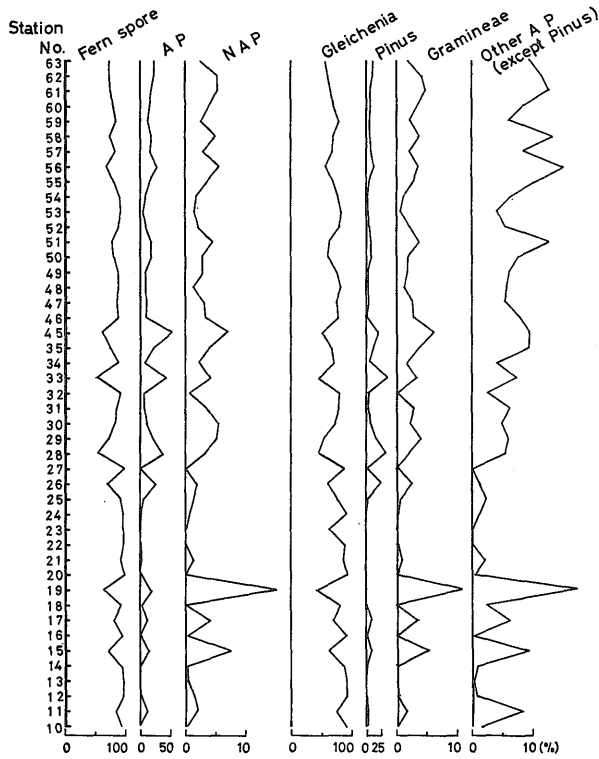


Fig. 7 Composition of pollen and spores from the Haikata Cove.

Alnus, *Quercus*, *Ulmus*, *Cryptomeria*, *Podocarpus*, *Tsuga* などが検出された。 *Pinus* その他高木本類花粉の分布はそれぞれ Iso-pollen line で Fig. 9, 10 に示した。 両者とも河口部, 湾央部で少ない。

NAP の含有率は土居山川のそれに比して著しく低率である。 例外的に7~15%と異常に高い地点も局部的にあったが, 他はいずれも6%以下で, 全く草本花粉の検出されない地点も河口東側付近にはあった。 湾内の分布は高木類とほとんど同様なパターンを示している (Fig. 11, 12).

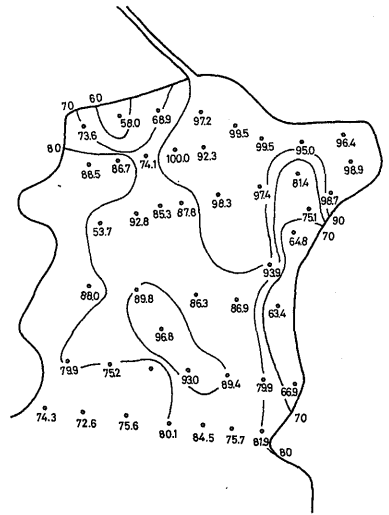


Fig. 8 Fern isopore lines in the Haikata Cove.

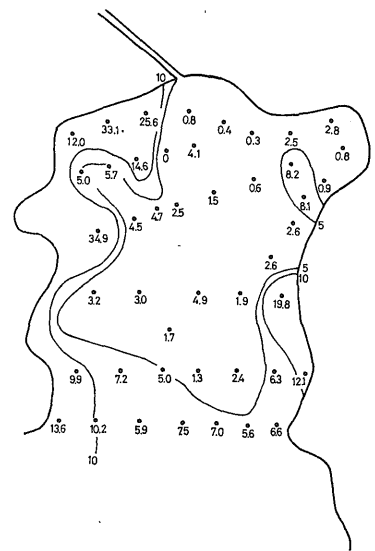


Fig. 9 Pinus isopollen lines in the Haikata Cove.

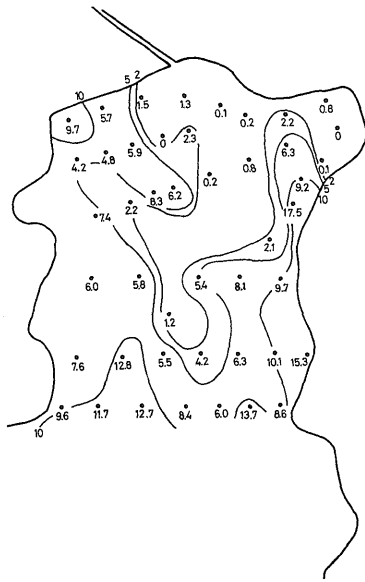


Fig. 10 Other AP (except Pinus) isopollen lines in the Haikata Cove

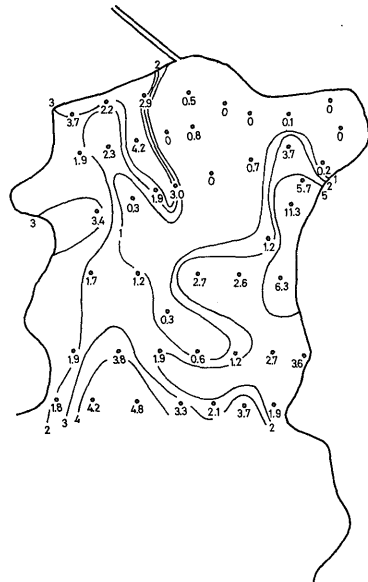


Fig. 12 Gramineae isopollen lines in the Haikata Cove.

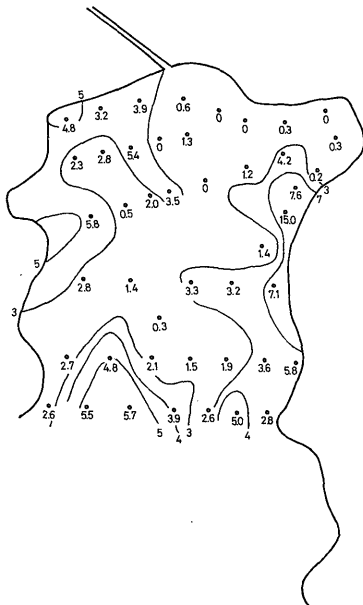


Fig. 11 NAP isopollen lines in the Haikata Cove.

また、木本・草本ともに礫をまじえた砂質シルトの底質に多く検出され、泥やシルトでは少ない。

3.3 崎津湾

分析結果は Tab. 5 に示し、その概要は Fig. 13, 14 に示した。それらから明らかなように全試料に検出される AP は *Pinus*, *Cyclobalanopsis* でこれについて *Shiia*, *Tsuga*,

Cryptomeria, *Alnus* などが多くの地点でみられた。NAP では Gramineae, *Artemisia*, *Typha*, *Chenopodium* が比較的多くの地点で検出された。FS では *Gleichenia* が圧倒的に多く、すべての地点でみられた。また、これらの地点による量的消長をみると湾奥の肢湾部では AP・NAP ともに低率で、それに対して FS は異常に高率である。湾中央から湾口にかけては、AP はしだいに増加して最高49.73%を占めるようになるが、湾外に出ると再び AP は減少する傾向がある。NAP は AP と似た消長を示すがいずれも低率 (3.89%以下) である。

3.4 九州西方海域

分析結果は Tab. 6, Fig. 15, 16 に示した。ここでは A と B の各測線にわけて述べる。

1) 測線 A (Station 13 ~ 26 の18点)

St. 42・83・35 を除き各地点とも FS は50~85%を占め最も多く、AP は50%を超えない。NAP は全地点6%以下の低率である。St. 42 (陸地より約35 km) では AP は55.02%、St. 83 (陸地より45 km) で51.32%、St. 35 (陸地より150 km) では55.86%と FS をやや超えていることは注目すべきである。ここで、FS としては *Gleichenia* が最も多く、NAP では Gramineae, *Artemisia* が比較的多くの試料から検出された。AP としては *Pinus* が多く、*Alnus*, *Cyclobalanopsis* など多くの試料に出現する。明らかに日本列島以外から供給された花粉としては、*Ephedra* がわずかに検出されたにすぎない。

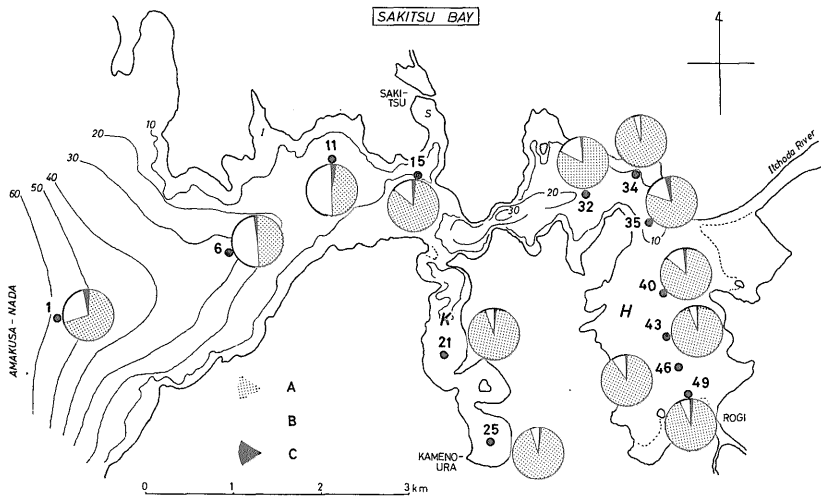


Fig. 13 Composition of pollen and spores, and bathymetric line in the Sakitsu Bay
 A: FS B: AP C: NAP H: Hayano-ura Cove K: Kameno-ura Cove
 I: Ikusaga-ura Cove S: Sakitsu Port Number is sampling station.

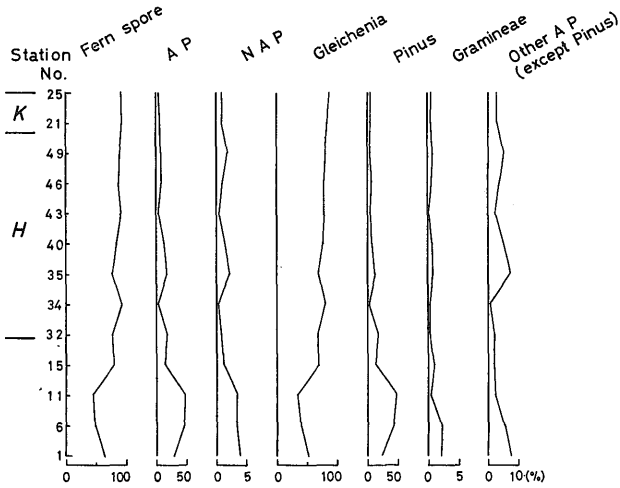


Fig. 14 Composition of pollen and spores in the Sakitsu Bay, from the inner part to bay-mouth.

2) 測線 B (St. 15 ~ 22の8点)

これら8地点は、測線Aの St. 33から St. 26に至る間に対応する地点で、ともに地形的にも中国大陸側大陸棚上の平坦面上にある。分析結果も測線Aの対応される地点のとはほぼ同様である。両測線沿いの分析結果から共通していえることは、NAP はきわめて低率で、AP は陸地から 200 km 以上離れるとしだいに減少し、数%となる。これに対して FS は90%以上を占めるようになる。また、St. 26ではわずかながら AP・NAPが増加し、FSは減少している。ここでは、APとして *Fagus* や *Betula* など北温帯要素が他地点より多く検出され、4.で述べるように堆積環境を多少異にしていることが推測される。

4. 考 察

4.1 土居山川

この河川の流域は、*Pinus desiflora*, コジイ (*Shiia cuspidata*), アラカシ (*Cyclobalanopsis glauca*), シリブカガシ (*Kuromatea glabra*), コナラ (*Quercus serrata*) などの二次林が多く、林床や林縁には、*G. linearis*, *G. japonica* などのシダ植物を常に伴っている。また、平坦地では水田が多い。上流部 (St. 12 ~ 10) は、やや地形勾配が大で、川の両岸は休耕地や上記の二次林のせまった部分が多く、タデ (*Polygonaceae*), Gramineae, キク (*Compositae*) の各科の雑草が茂っている。St. 08から河口にかけては、

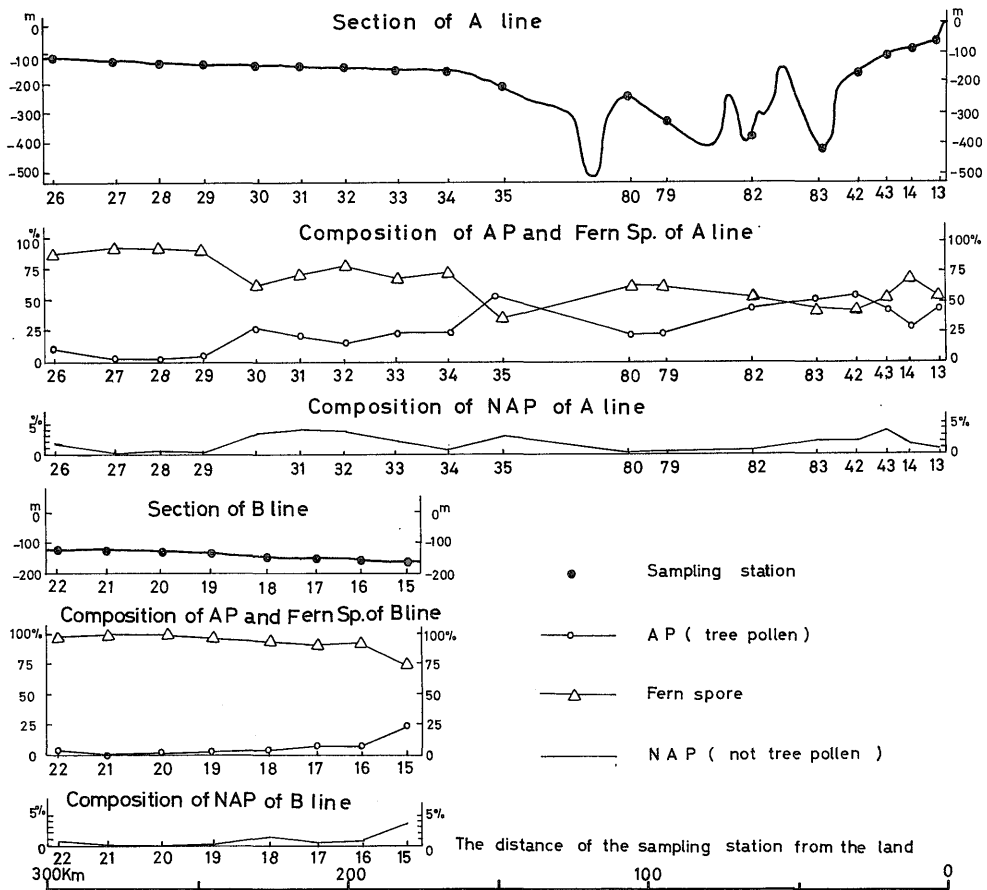


Fig. 15 Profile, and composition of pollen and spores along A and B lines in the western sea-area of Kyushu.

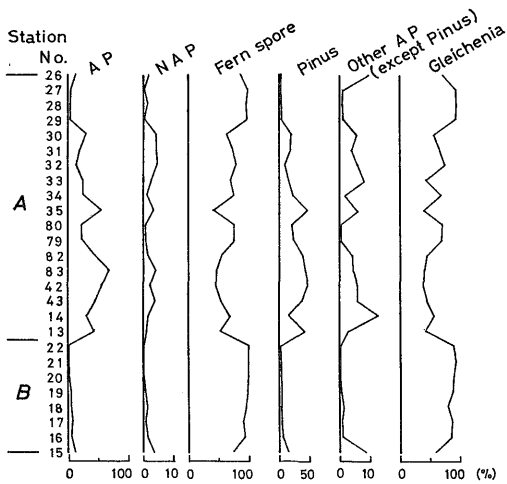


Fig. 16 Composition of pollen and spores along A and B lines.

川の勾配もゆるく、両岸は護岸工事の施行された部分が多く、上記の雑草類も少ない。なお河口の St. 02 ~ 01 は汽水域に相当する部分である。

いま、NAP の堆積状況をみると、勾配の大きい上流部と勾配のほとんどない河口部に少なく、中流部に多く堆積している。これは、中流域で流速が衰えたため上流から流下してきたものも含めて大部分が沈降・堆積したもので、下流域でこれの堆積量の少ないのもそのためと考えられる。また、この地域は、上述の植生からみて、AP の占める割合は NAP や FS に比べて少なくないにもかかわらず、分析結果では AP は最も少ない。これは土居山川のような小河川ではこれに流入する水路も少なく、かつ河水面積も狭く小であるため、検出された花粉・胞子の大部分は、河川の両岸に近接した植生に由来することがその一因であろう。また中流部に接した水の移動の少ない水田表土 (St. 09) では、AP は13%を占めるが、St. 08 ~ 05の AP は約2%である。このことは、河

水中の AP の大部分は沈降・堆積せずに流下したことを示唆している。また, FS は, 供給量も多く, 川で堆積するもの, 流下するもの, とともに AP, NAP に比べて多いように考えられる。以上のような河川での堆積状況から判断すると, NAP はその大部分が淡水域で堆積し, わずかに堆積を免れたもののみが海へ流入し, AP は比較的多くのものが海域まで流下するように考えられる。これらの詳細に関してはさらにモデル実験などで追究する必要がある。

4.2 灰方湾

この湾に堆積している花粉・胞子は, 上述の土居山川より供給されたもの以外に, 直接湾内に飛来したものや湾外から潮流によって運搬されたものなどを含んでいるが, 後2者の花粉・胞子の量や組成は明らかではない。しかし, 湾内の花粉・胞子の組成をみると, 圧倒的に FS とくに *Gleichenia* が多く, AP はこれに次いで多い。NAP はきわめて低率である。このような組成は土居山川下流域のそれと類似しており, 上・中流域の組成とは大きく異なっている。故に, 湾内の組成は, 河川の上流から河口域までにみられた各花粉・胞子の堆積パターンの推移を反映したものとみて大局的には間違いなさであろう。

土居山川河口より流入した川の水塊は地形的にみて湾東岸に沿って移動拡散する。この時, 東岸にあたった水塊は岸沿いに流速を減じて湾口に移動するが, この際 NAP・AP の一部は沈降・堆積する。なかでも浮游力の大きい *Pinus* は, 他の花粉に比して湾口側に多く堆積することが推測される。また, 湾口から流入する水塊は湾西岸沿いに流れるため湾内で流速が低下すると, それに含まれていた AP・NAP は西岸部の水深の浅い海域に堆積するであろう。したがって, 河口部, 湾中央部および湾口の凹地などには NAP や AP は少なく, これらの地には量的にも最も多い FS のみが堆積し, その頻度も高くなっていると考えられよう。かくして, 河川域で沈降・堆積をまぬがれた花粉・胞子は, 海域の地形, 潮流の方向, 速度, 底質の組成などに支配されて, それぞれ片寄った堆積ををするに至るものと考えられる。ここで, Fig. 9 に示すように, AP・NAP の検出される頻度は全く同じ傾向を示し, 湾内での分布域も互いに重なっている。このことは, AP・NAP は海域では移動・堆積に際して同一行動をとることを示唆している。これらの点は河川域とは大いに異なる点であり, 海域での花粉・胞子の堆積機構を究明する際に注目すべき現象と考えられる。なお同一現象は, 後述の崎津湾や九州西方海域の底質の花粉分析結果にも現われている。

4.3 崎津湾

既に述べたように本湾では, 湾奥の早浦から湾口に移行するにつれて, AP・NAP とともに比率のうえではその頻度が増加するし, FS ではその反対の傾向がある。これは, 湾奥に供給されたこれら花粉はその場で沈降・堆積しないで, 湾口部へ潮流によって運搬されたことを示すものであろう。とくに *Pinus* のように気嚢をもち, 浮游力の大きい花粉では湾奥部で最低0.5%の値を示すが, 湾口部では最高47.34%にも達することは, 上述したような営力を重視しなければならない。これに対して, FS は浮力も大であるが, 供給量も多く, 早浦の湾奥部では AP・NAP の堆積量が少ないことも原因して, 異常に高率に表現されるのであろう。しかし, 湾口より湾外に移るにつれて, AP・NAP の多くは沈降・堆積し, 量・浮游力ともに優れた FS の比率が再び増加するのであろう。

4.4 九州西方海域

Fig. 8 に示すように, 測線 A の東端 St. 13 は前述の崎津湾口部の St. 1 にもっとも近距離に位置するから, 測線 A の東への延長上に崎津湾の試料が位置するとみなしてよい。St. 13・14 は九州側陸棚上にあり, St. 43~St. 35 は甌海盆およびこの北西部に続く五島海谷を東西に横断する線上にある。したがって, 起伏のげげしい複雑な海底地形面上の堆積物である。St. 34 は中国大陸側の大陸棚の東端に位置する。St. 13 の花粉組成は崎津湾口付近の St. 1・6 に類似するが, St. 14 では AP が減少し, FS の占める割合は圧倒的に大となる。このような組成は, 中国大陸陸棚上の St. 34 以西の各点でもみられ, 比較的平坦な大陸棚上の底質の共通した組成のようにみえる。これに対して, 起伏のげげしい所の底質の St. 43~St. 35 では時に AP が FS を凌駕する組成もみられる。これは, 恐らく海底地形の複雑さによる異常な潮流にもとづくのかもしれない。また測線 A の西端 St. 26 では AP・NAP がわずかに増加している。これは, *Fagus*, *Betula* など北温帯要素が他に比べて多く検出されたためであり, このような要素を二次花粉として St. 26 の底質中に供給する氷期の海面低下期の旧期の堆積物が露頭として存在する可能性もある。これは, 汽水ないし内湾性を示す *Crassostrea gigas* や *Potamocorbula amuruensis* の貝化石が採集されたことを考えあわせて重要な問題である。また, 前者の化石は高知県では山田の中位段丘の海成層中に化石床式に多産している(高知第四紀研究グループ, 1972) ので, 比較検討する必要がある。

以上に述べた各海域の分析結果から明確にいえることは, 海洋底の底質では NAP がきわめて低率にしか出現

しないことである。またこれに対応して FS が過大に表現される。まれに AP が過大に表現されても FS との頻度の差は僅少である。他よりの流入水路の少ない湖沼底質では AP が圧倒的に多く、NAP・FS とともにきわめて低率なことが多いが、これと海洋底底質のそれとは容易に区別できる。Fig. 2 に示したように、淡水域の堆積物の組成にはいろいろなものがあるが、海洋底の底質中の花粉組成に類似した例は全く見られない。したがって、これは海域特有の花粉組成とみなしてよいであろう。

また、AP・NAP の両花粉は海域での移動・堆積に類似の行動をとる傾向がある。このような傾向は淡水域では認められないから、花粉・胞子の堆積機構を究明する際に注目すべきであろう。

灰方湾のように内湾度の強い湾内の肢湾では、全般的にはすでに述べた海域特有の組成を示すが、地形や潮流の関係で局部的に AP や NAP のやや増加する場合や、FS のみで花粉を全く含まない場合もみられた。このような不規則な堆積パターンは海底地形の単純な公海には認められない特徴である。

また、陸上植生と比較して、*Pinus*, *Gleichenia* が極端に過大に表現されているかまたは海岸近くの植生が過大に表現されているともいえる。これに対して内陸部の AP や NAP は過少に表現されている。

さらに、裸子植物花粉、FS の胞子は多く、被子植物花粉は少なく表現される傾向も認められる。

花粉・胞子は、粒径からいって、シルト粒子大のいわば生物源の碎屑性堆積物であり、理念としては碎屑性堆積物と同様に取扱えることが漠然と理解されていた。これに関して、今回明らかになったのは海洋底堆積物と陸成堆積物ではなかに含まれている花粉・胞子の構成が異なっていること、すなわち、淡水、海水という媒質の違いで、花粉・胞子の挙動が異なることである。また、海洋底堆積物には *in Situ* の花粉・胞子はなく、二次的にもたらされたことは明らかであるゆえに、海底堆積物のひとつの tracer として花粉・胞子の属構成が有効に使えて環境を指示することが示されたわけである。

かくして、従来は花粉分析学的研究は植生の変化や古気候の復元あるいはそれが含まれている地層がいつの時代であるかということの判定などに主力がおかれていたが、この報告から明らかのように、堆積環境の指示ひいては古地理の復元などにも適用されることが明らかになった。この点において、花粉分析学と堆積学との接点ができ、堆積学的花粉分析学 Sedimentological Palynology, あるいは、花粉堆積学 Palynosedimentology の分野がでてくるであろう。次報においては、これを基礎と

おして考察をすすめて、甌海盆の東縁の崖から採集された氷期の堆積物について述べ、さらに、gravity corer や piston corer によって得られたコアの試料の分析による垂直的な変化について述べる予定である。

謝 辞

この報告をなすにあたり、草稿を閲読いただいた九州大学理学部地質学教室の首藤次男助教授および、いろいろお世話いただいた地質調査所海洋地質第1課の水野篤行課長をはじめとする海底地質調査技術グループ、また、灰方湾の底質採取に協力いただいた学習研習社の天野隆介氏・高知大学地質学教室の吉川治氏・高知大学宇佐臨海実験所のかたがたに厚く感謝する。

引用文献

- CROSS, A. T. and SHEFFER, B. (1956): Palynology of modern sediments Gulf of California and environs. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geologists*, vol. 49, p. 337.
- ERDTMAN, G. (1943): *An Introduction to Pollen Analysis, Chronica Bot. Waltham, Mass.*, 239 p.
- FAEGRI, K. and IVERSON, J. (1964): *Textbook of Pollen Analysis*. 2nd ed., Blackwell, Oxford, 237 p.
- GROOT, J. J. (1966): Some observations on pollen grains in suspension in the estuary of the Delaware River. *Marine Geol.*, vol. 4, no. 6, p. 409-416.
- 浜田七郎・浜田律子 (1963): 東海黄海の底土に関する研究 第1報 大陸棚漁場における底土の粒度および組成について. 西海区水研研報, no. 27, p. 51-58.
- HOFFMEISTER, W. S. (1954): Microfossil prospecting for petroleum, U. S. Patent, 2, 686, 108, p. 4 (Cited in *Marine Geol.*, vol. 4, no. 6, p. 502).
- 海底地質調査技術グループ (1970): 九州西方甌島周辺海域の海岸地質調査, 地質調査所による1969年度調査研究航海, 1~3. 地質ニュース, no. 186, 188, 201.
- 高知第四紀研究グループ (1972): 四万十川河口北方付近の海成段丘堆積物. 地質学論集, no. 7, p. 171~180.
- KORENEVA, E. V. (1966): Marine palynological researches in the U.S.S.R. *Marine Geol.*,

- vol. 4, no. 6, p. 565-574.
- 松本達郎・野田光雄・宮久三千年 (1962) : 九州地方, 日本地方地質誌, 朝倉書店, p. 1-423.
- 満塩博美 (1963) : 東シナ海・黄海の底質の粒度組成. 西日本支部会報, no. 35.
- MITSUSHIO, H. (1967): Bottom sediments in bays of North Kyushu. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. D, Geology*, vol. 18, no. 1, p. 7-34.
- MULLER, J. (1959): Palynology of recent Orinoco delta and shelf sediments. *Micropaleont.*, vol. 5, p. 1-32.
- 中村 純・満塩博美・黒田登美雄・吉川治 (1972) : 花粉堆積学的研究, その1, 高知県の第四系. 高知大学研報, 自然科学, vol. 21, no. 5, p. 87 ~ 113.
- 中村 純 (1973) : 濃尾平野およびその周辺地域の第四系の花粉分析学的研究, 濃尾平野の研究, その2. 高知大学研報, 自然科学, vol. 21, no. 11, p. 169 ~ 213.
- NIINO, H. and EMERY, K. O. (1961): Sediments of shallow portions of East China Sea and South China Sea. *Bull. Geol. Soc. Amer.*, vol. 72, p. 703-762.
- ROSSIGNOL, M. (1961): Analyse pollinique de sédiments marins quaternaires en Israël. 1. Sédiments récents. *Pollen et Spores*, vol. 3, p. 303-324.
- 島倉巳三郎 (1968) : 現世堆積物の花粉分析. 奈良教育大紀要, 自然科学, vol. 16, no. 2 p. 33 ~ 46.
- (1970) : 日本海海底堆積物の花粉分析, 日本海, no. 5, p. 27 ~ 30.
- 土佐四万十帯研究グループ (1973) : 高知県下の四万十帯研究の現状と問題点, その1, 中生界の部. 四万十帯に関する総合的研究シンポジウム集 (投稿中).
- ZAGWIJN, W. H. and VEENSTRA, H. J. (1966): A pollen-analytical study of cores from the Outer Silver Pit, North Sea. *Marine Geol.*, vol. 4, no. 6, p. 539-551.