

諫早平野に分布する完新統産の海産パリノモルフ

松岡 敷 充

長崎大学教養部地学教室 〒852 長崎市文教町1-14

Marine Palynomorphs in Holocene Sediments of the
Isahaya Plain, West Kyushu, Japan

Kazumi MATSUOKA

*Department of Geology, Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University,
1-14, Bunkyo-machi, Nagasaki 852, Japan*

(1991年2月15日受理)

Such marine palynomorphs as dinoflagellate cysts, phycoma of Prasinophyceae algae and microforaminiferal linings are distinct evidence for marine depositional environments. According to abundant occurrence of these marine palynomorphs of dinoflagellate cysts and microforaminiferal linings, the Holocene sediments distributed in the southern part of the Isahaya Plain, west Kyushu was deposited under marine condition. These sediments indicate that the maximum Holocene sea level was at least +3.18m higher than the present.

Key words : Marine palynomorph, Dinoflagellate cyst, Phycoma of Prasinophyceae, Microforaminiferal lining, Holocene Sea level, Isahaya Plain.

緒 言

有明海及びその周辺の第四系の研究については、有明海研究グループ⁽¹⁾によって行われた層序・堆積環境・古気候・海水準変動及び応用地質学的分野を取りまとめた総括的研究の後に顕著な進展はない。しかし、近年このグループが行った成果を基礎にして日本各地で完新世の海水準に関する研究が進んできた。その結果、太田他^(2,3)がこれまでの研究を総括したように、日本のような地殻変動地域では、海水準変動曲線は全域で一様に描かれるものではなく、地域の地殻変動量の違いによって異なることが明らかになった。それは最終氷河期以降の堆積物や地形の発達過程が地域個別であることを証明している。したがってこの時期の

自然環境を復元するためには、他地域の研究結果をそのまま適応するのではなく、その地域を直接対象とした研究を推進しなければならない。

著者はそのような観点から有明海や千々石湾、大村湾、東シナ海沿岸に分布する完新世海成粘土層の高度分布を一つの目印にして、西九州地域の最近の地殻変動量を把握する研究を進めつつある。これらの研究において、著者は海成層の認定方法として、これまであまり注目されていなかった海産有機質微化石 (Organic-walled marine palynomorphs) —例えば渦鞭毛藻シストや小型有孔虫ライニング—の存否を手がかりにして成果を得てきた。この小論ではまずそれらの微化石の特性を解説する。さらに諫早平野南部から採取された堆積物のパリノロジー分析を行い、その中

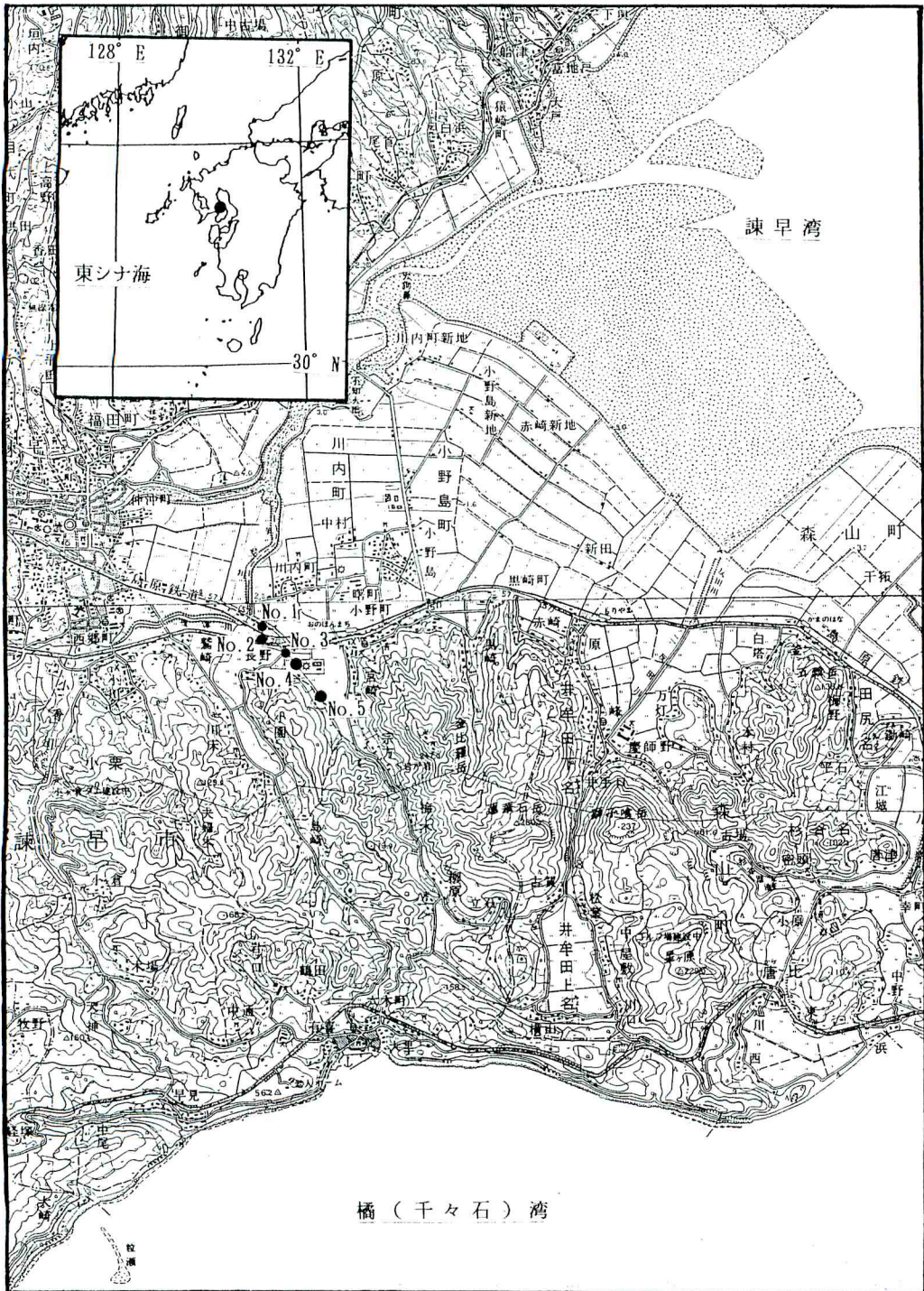


Fig. 1. Boring core sites in the southern part of the Isahaya Plain. Larger black circles showing the core sites from which palynological samples were collected.

に含まれていた海産パリノモルフの存在から完新世海成粘土層が現海水準より上位に分布することを明らかにする。

試料および分析方法

諫早平野南部を北西流する宗方川に沿って諫早土木工事事務所⁽⁴⁾が実施したボーリング調査の結果、この地域では少なくとも標高-7.27 m から+3.18 m にわたり、含水比が高く軟弱な暗灰色粘土層が分布することが明らかになった。この粘土層の下位には風化が進行した茶色から茶褐色の凝灰角礫岩があり、森山安山岩（黒雲母角閃石安山岩）類の一部とみられる。

ボーリング作業は5地点で行なわれ、その中の2本の柱状コア（No.4, No.5）から合計7個の分析試料を採取した（Fig.1）。ボーリング番号No.5（以下同様）では深さ-1.45~-1.50 m（5-1）より、No.4では深さ-3.75~-3.80 m（4-6）、-3.40~-3.45 m（4-5）、-2.70~-2.72 m（4-4）、-2.40~-2.45 m（4-3）、-1.40~-1.45 m（4-2）、-0.70~-0.71 m（4-1）より採取した。いずれの試料も暗灰色シルト質粘土であった（Fig.2）。

分析は次の方法によった。原試料から2 mlをテフロン製コニカルビーカーに分取し、炭酸カルシウム粒子を除くために5% HClを加えて一昼夜放置した。その後イオン水で3回洗浄し、アルカリ可溶分を除くために1% KOH溶液を加えて一昼夜放置した。同じく3回イオン水で洗浄した後、珪酸質粒子除去のために約20%のHFを加えて一昼夜放置した。3回の洗浄後、網目125μmのフルイで大型粒子を、20μmのフルイで微小粒子を除いた。そして全量を1 mlに定量し、顕微鏡観察用試料とした。この試料から0.1 mlをピペットで分取し、オリンパスBH2型顕微鏡に位相差や蛍光観察装置を装着し、渦鞭毛藻シストや小型有孔虫ライニングなどの有機質微化石の産出状況を調べた。

海域の堆積環境を示す有機質微化石

第四紀の自然環境復元作業において、最終氷期以降の海水準変動を推定し、地殻変動を定量的に把握するために、海成層の発達状況や海成層の上限一すなわちある時間での海水面の位置一を認定することは重要な作業項目の一つである。⁽⁵⁾ これまでも海成層の上限や

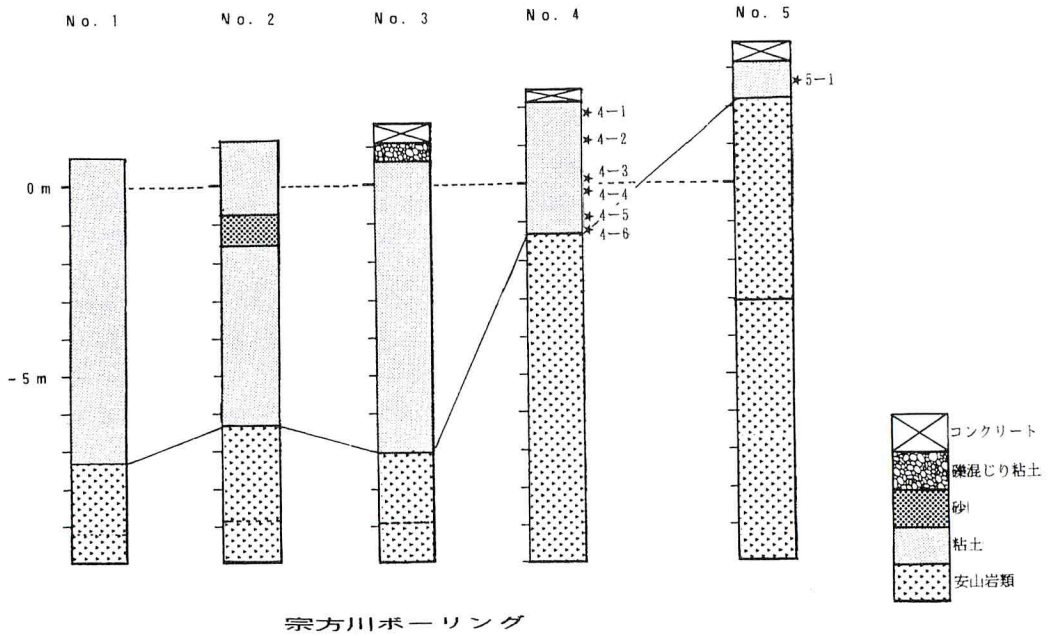


Fig. 2. Columnar sections of five boring cores collected along the River Munakata in the Isahaya Plain and sample horizons in No.4 and No.5 cores.

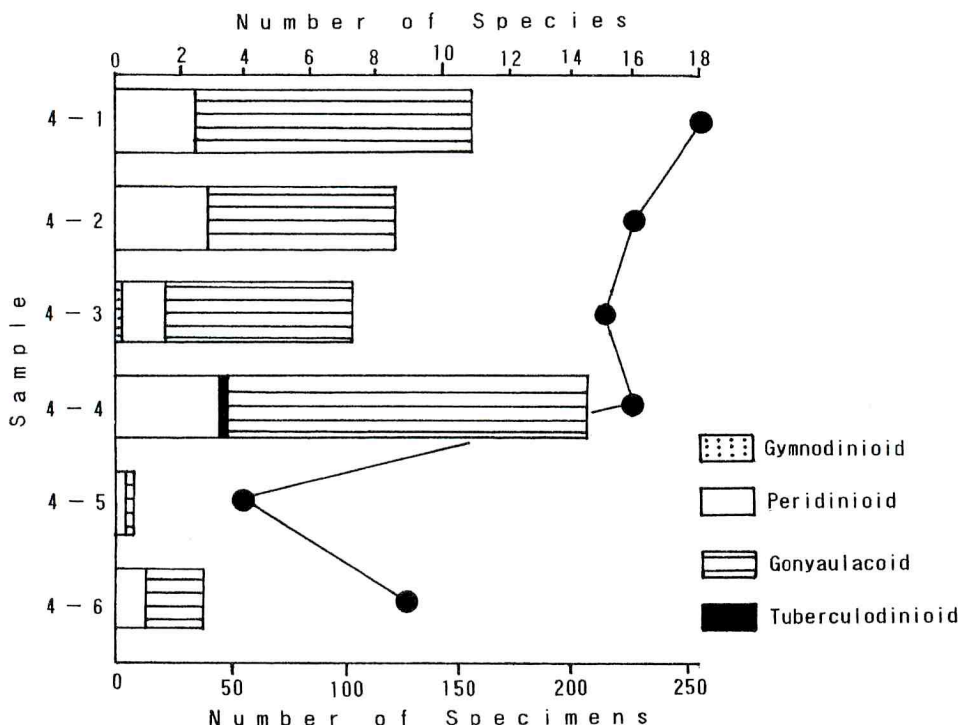


Fig. 3. Abundance and distribution of dinoflagellate cysts in No. 4 core.

下限を判定する目的のために様々な研究手法が考案され、利用されてきた。その一つは主に地球化学的手法で、炭素同位体比 ($^{12}\text{C}/^{13}\text{C}$)⁽⁶⁾ や硫黄微粒子の析出⁽⁷⁾ あるいは各種イオンの存在による堆積物の電気伝導度の変化⁽⁸⁾ に基づく方法などである。他の一つは古生物学的手法で、堆積物中に含まれる海棲微化石の出現状況に基づく方法である。⁽⁹⁾ とくに後者は微化石分析による環境変遷を把握する研究過程において、海成層の有無やその上・下限を認定することができる。陸上での露頭が乏しく、従って多量の試料を入手することが困難な場合が多い沖積層を対象とした研究では、ボーリング試料中の微化石分析法が多大の貢献をしてきたことはいうまでもない。

古生物学的研究手法で用いられる微化石は鉱物質(無機質)の殻を備えた種類が多い。石灰質の微化石では有孔虫、石灰質ナノプランクトン、介形虫や小型の軟体動物が、珪酸質では珪藻や珪質鞭毛藻などがある。一方、有機質の細胞壁を備えた花粉やシダ植物の孢子などは海成層の認定作業において、その生態学的特性の故にほとんど利用されてこなかった。しかし著

者がこれまでにやってきたパリノロジー分析では、花粉やシダ植物の孢子以外の有機質微化石、例えば渦鞭毛藻シスト・有孔虫ライニング・プラシノ藻ファイコーマ(非遊泳細胞)などがしばしば多量に産出することがあった。これらの微化石の生態学的意義を十分に理解することによって、前述の他の鉱物質微化石と同様、海成層の有無やその上・下限の認定に利用することができると思う。以下に海棲有機質微化石の性質について簡単に説明する。なお代表的な海産パリノモルフを紹介するために、Fig. 4には一部諫早平野の完新統以外の試料から得た標本が含まれている。

1) 渦鞭毛藻シスト (Dinophyceae・Dinoflagellate cyst) : Fig. 4, 1-3

堆積物中から検出される渦鞭毛藻化石はほとんどすべて休眠性接合子 (hypnozygote もしくは resting cyst) である。この単細胞生物は浮遊生活時には2本の鞭毛を備え、セルロース質の細胞壁で構成されているが、配偶子接合による有性生殖の後、セルロース質細胞壁の内側にスポロポレニン類似の化学組成を持つ

シスト壁を形成して休眠状態に入る。一定期間の休眠後、シスト壁の特定の部位が開口（ここを発芽孔—archeopyle—という）して発芽し、浮遊する栄養細胞にもどる。この藻類は淡水・海水域に棲息するが、種によってシストの形態が異なるため、化石として産出した現生種の棲息状況に基づき堆積環境を推察することができる。

2) プラシノ藻類・ハロスファエラ目 (Prasinophyceae・Halosphaerales) : Fig. 4, 4-5

堆積物中から産する藻体はすべて非遊泳細胞で、ファイコマ (phycoma) と呼ばれる。遊泳時には4本の鞭毛を備えた単細胞・小型 (7-25 μ m) の藻類で、主に外洋性環境に多いといわれるが、一部に沿岸性の種類もある。ファイコマの形態に特徴があり、翼状や刺状突起物を備える。しばしば海成堆積物中から産し、古生物学上の分類では *Cymatiosphaera* としてアクリターク (Acritarcha) に所属させられていることもある。しかしこの有機質微化石は、表面が五-六角形に区切られた構造を持つため、プラシノ藻類のファイコマであると考えられる。また *Cymatiosphaera* 以外にも土星の輪を思わせるような装飾物をもつ微化石も産出することがあり、*Pterosperma* や *Pterosperma*, *Tasmanites* と命名されている。これらもおそらくプラシノ藻類に属するものであろう。

3) 小型有孔虫ライニング (Microforaminiferal lining) : Fig. 4, 8-9

有孔虫には生活様式の違いにより底棲性と浮遊性のグループがあり、また殻の構成物質からみて石灰質、ガラス質、陶器質のグループがある。パリノロジー分析で出現するものは海棲マイオベントスの底棲有孔虫である。この場合には有機質微化石を抽出する目的で石灰質や珪酸質粒子を除去するために、有孔虫の外殻は残らない。しかし外殻の内側にあり、原形質を包んでいる有機質の内膜がしばしば検出される。一般には通常の有孔虫分析の対象とされる個体よりも小さい (150-20 μ m) ので microforaminifera とか、各住房がつながって産するために foraminiferal lining などと称されている。その形態が比較的単純である点やパリノモルフとして産するときは変形を余儀なくされるなどの点で、有殻状態での種と対応させることはほとんど不可能である。しかし最近では住房の構造に基づいて、有殻種から独立した便宜的な区分方法が Stancliffe⁽¹⁰⁾ によって提唱され、古環境解析に利用

されるようになってきた。⁽¹¹⁾ 得られる情報量は通常の有殻個体を対象とした分析結果よりもはるかに少ないが、有孔虫ライニングの存在は海域での堆積環境を指示する根拠となり、パリノモルフ分析にとって重要な情報源の一つである。

諫早平野のボーリング試料の分析結果

No. 4, 及び No. 5 のボーリング試料はすべてに渦鞭毛藻シストや有孔虫ライニングが、またほとんどの試料からプラシノ藻やアクリタークが産出した。

渦鞭毛藻シスト

Gonyaulacoid グループ

Spiniferites bulloideus (Deflandre et Cookson) Sarjeant

Spiniferites sp. cf. *delicatus* Reid

Spiniferites hyperacanthus (Deflandre et Cookson) Sarjeant

Spiniferites mirabilis (Rossignol) Sarjeant

Spiniferites nanus Matsuoka

Operculodinium centrocarpum (Deflandre et Cookson) Wall

Lingulodinium machaerophorum (Deflandre et Cookson) Wall

Tuberculodinioid グループ

Tuberculodinium vancampoae (Rossignol) Wall

Protopteridinioid グループ

Brigantedinium cariacense (Wall) Reid

Brigantedinium simplex (Wall) Reid

Brigantedinium spp. indet.

Lejeunecysta sp. indet.

Selenopemphix nephroides Benedek

Selenopemphix quanta (Bradford) Matsuoka

Trinovantedinium capitatum Reid

Votadinium carvum Reid

Protopteridinium achromaticum (Levander) Balech

Protopteridinium americanum (Gran et Brarud) Balech

Protopteridinium sp. indet.

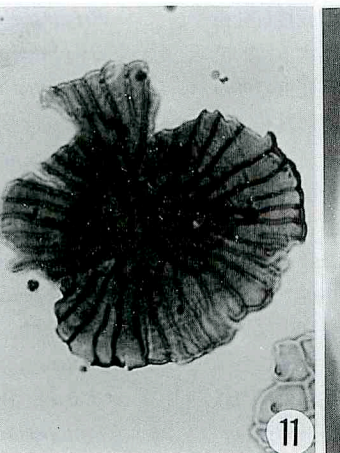
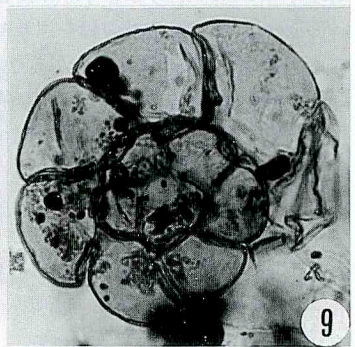
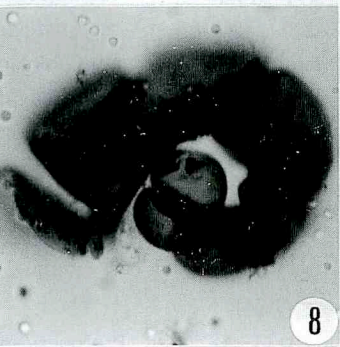
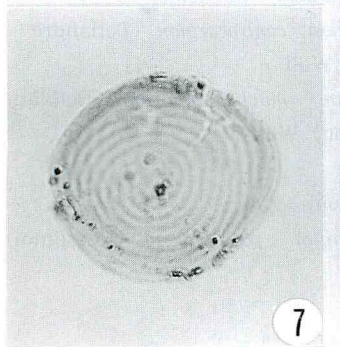
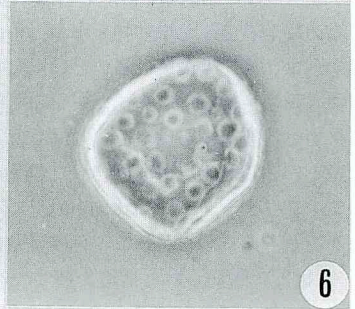
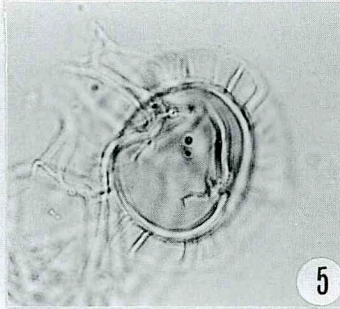
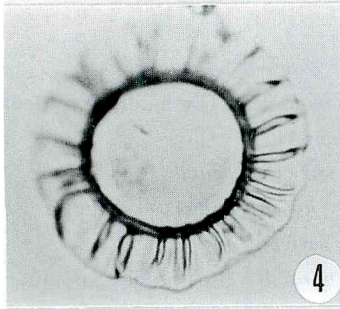
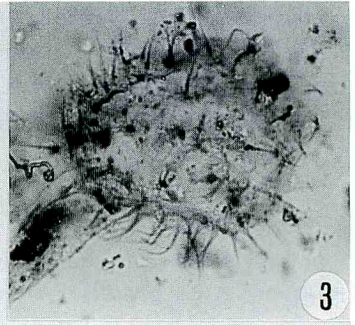
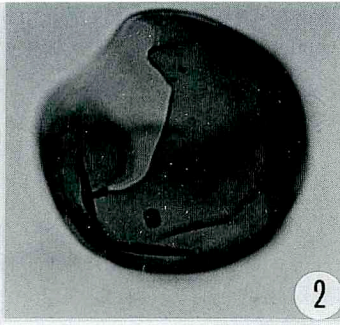
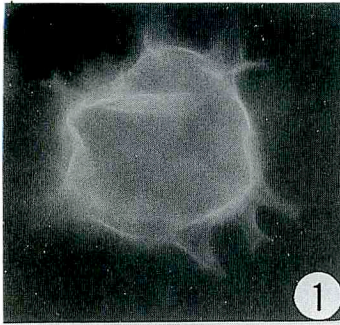


Fig. 4.

- 1 渦鞭毛藻シスト (Dinooflagellate cyst) : *Spiniferites bulloideus* (Deflandre et Cookson) Sarjeant ; Sample 宗方川 4-2-1R-1, 蛍光顕微鏡像 (Autofluorescence illumination).
- 2 渦鞭毛藻シスト (Dinooflagellate cyst) : *Brigantedinium* sp.; Sample 宗方川 4-2-3R-2.
- 3 渦鞭毛藻シスト (Dinooflagellate cyst) : *Selenopemphix quanta* (Bradford) Matsuoka, Sample 対馬・三根湾表層堆積物.
- 4, 5 プラシノ藻ファイコーマ (Prasinophyceae) : *Pterospermella* sp., Sample 川崎市完新世堆積物.
- 6 緑藻類休眠胞子 (Chlorophyceae) : *Zygnemataceae* gen. et sp. indet., Sample 宗方川 4-2-2R-1.
- 7 アクリターク (Acritarch; 所属不明の微化石) : *Chomotriletes circulata* (Wolf) Christopher, Sample : 宗方川 4-2-1-R1.
- 8, 9 小型有孔虫ライニング (Microforaminiferal lining, Coiling type) : 8, Sample 宗方川 4-2-3R-3; 9, Sample : 宗方川 4-3-2R-1.
- 10 菌類の胞子 (Fungal spore), Sample 宗方川 4-3-3R-1.
- 11 菌類の子実体 (Fungal fruiting body), Sample 宗方川 4-6-2R-2.
- 12 アクリターク (Acritarch; 所属不明の微化石) : *Halodinium major* Bujak, Sample 宗方川 4-2-3R-1, 蛍光顕微鏡像 (Autofluorescence illumination)
Magnification × 1,000

Table 1. Lists of biological features of some important palynomorphs

	維管束植物	緑藻類	プラシノ藻類	渦鞭毛藻類	有孔虫類	アクリターク	菌類
産出部位	生殖器官 (花粉・胞子)	休眠細胞 栄養細胞 (シーノビア)	非遊泳細胞 (ファイコーマ)	接合性休眠 細胞 (シスト)	内膜 (ライニング)	多くは休眠性 細胞	子実体・ 休眠細胞
産出量	多い	希(時に多)	希(時に多)	中～少	中～少	中～少	希(時に多)
棲息環境	陸上	陸水	海水	海水～陸水	海水	陸上～陸水 ～海水	陸上～陸水
サイズ	100-10 μ m	200-20 μ m	150-20 μ m	100-20 μ m	150-20 μ m	10 μ m<	100-5 μ m
研究の 進行状態	良	不足	やや良	良	不足	不足	不足

Diplopsalid グループ

Dubridinium caperatum Reid
Diplopelta sp. cf. *parvum* (Abe) Matsuoka

Gymnodinioid グループ

Pheopolykrikos hartmannii (Zimmermann)
Matsuoka et Fukuyo
Polykrikos schwartzii Büchli

プラシノ藻

Cymatiosphaera sp.

有孔虫ライニング

Coiled type
Serial type

アクリターク

Chomotriletes rubina (Wolff) Christopher
Halodinium major Bujak

Table 2. Marine palynomorphs in No. 4 and No. 5 core samples collected from the southern part of the Isahaya Plain

Marine palynomorphs / Sample	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5	4-6	5-1
Gonyaulacoid group							
Spiniferites bulloideus	12		24	10	20	27	
Spiniferites cf. delicatus			6	10	7	15	
Spiniferites hyperacanthus			1	1	2	5	
Spiniferites mirabilis			9	2	1	1	
Spiniferites nanus	9	3	89	43	43	54	3
Spiniferites spp. indet.	1		1	1	4	1	
Operculodinium centrocarpum	1		8	4	4	15	
Lingulodinium machaerophorum	4	1	20	11	2	3	
Subtotal	27	4	158	82	83	121	3
Tuberculodinioid Group							
Tuberculodinium vancampoae			3	1		2	
Subtotal			3	1		2	
Peridinioid Group							
Brigantedinium cariacense			2	1	1		
Brigantedinium simplex						1	
Brigantedinium spp. indet.	6	3	33	13	22	15	1
Lejeunecysta spp. indet.	2	1			2		
Selenopemphix nephroides	1					1	
Selenopemphix quanta	1				1	1	
Trinovantedinium capitatum						2	
Votadinium carvum	2		2	3	2		
"Protoperidinium acromaticum"			1			1	
"Protoperidinium americanum"					1		
"Protoperidinium" sp. indet.				1	1	1	
Subtotal	12	4	38	18	30	22	1
Dipsolsalid Group							
Dubridinium caperatum			5		8	10	
"Diplopelta cf. parva"			1		3	1	
Subtotal			6		11	11	
Gymnodinioid Group							
Pheopolykrikos hartmannii			1				
Polykrikos schwartzii			1				
Subtotal			2				
Total	39	8	208	102	124	156	4
No. / 1 ml	195	40	1040	510	620	780	20
Prasinophycean Group							
Cymatiosphaera spp.	1	1	1		1		
Total	1	1	1		1		
Acritarcha							
Baltisphaeridium spp.			1			1	
Halodinium spp.	3	1	5	4	10	7	
Chomotriletes spp.		15				4	4
Microforaminifera	16	5	65	35	22	20	3

堆積物 1 mlあたりの渦鞭毛藻シストの最大産出量は 4-3 に記録され、1,000 細胞を越える。この値は大村湾や長崎湾での表層堆積物中の平均値の約 1/3 である。これは諫早湾の表層堆積物中についての研究が行われていないので、諫早湾独自の特性かあるいは環境変遷に原因があるのか今のところ判断できない。渦鞭毛藻シスト群集は全体としてみると Gonyaulacoid グループが優占し、とくに *Spiniferites bulloideus* や *S. nanus* が多産する。*Operculodinium centrocarpum* は No. 4-6 で、*Lingulodinium machaerophorum* は No. 4-3 で多くなる。Peridinioid グループでは球形で褐色の *Brigantidinium* が多産するが、発芽孔の形態の確認が困難な場合が多く、種の識別までいたらない標本が多い。Gymnodinioid グループは No. 4-3 を除いては産しない。有孔虫ライニングやアクリタークの *Halodinium* spp. は No. 4 の下部の試料に多い。

考 察

1) 完新世の海水準

諫早平野南部の堆積物はボーリング作業の際にモンケンが自沈することや、含水比が高いなどの特性から完新世粘土層とみなせる。そしてボーリング No. 4-1 ~ 6 及び No. 5-1 の試料から渦鞭毛藻シストやプラシノ藻・有孔虫ライニングなどが産出していることは、この地層が海成層であることを示している。No. 4-1 は標高 + 1.43 m、No. 4-2 は標高 + 0.73 m に、No. 5-1 は標高 + 2.23 m に位置する。以上の事実は諫早湾南岸に分布する完新世海成粘土層が、現海面より上位に分布していることを示しており、完新世中の高海水準期の存在を明らかにしている。諫早土木工事事務所⁽⁴⁾によると No. 4 のボーリング地点ではこの海成層の最高位が + 2.13 m まで、No. 5 のボーリング地点では + 3.18 m まで分布しているが、その上限は埋め立て土砂や人工構築物で覆われる。このことは海成粘土層が河川改修工事のために人工的に削削された後、埋め戻されたことを意味している (Fig. 2)。さらにこの事実は海成層が海面付近ではなく、ある程度の深さがあった海底面上で堆積したことを示しているのであるから、当時の海水準はこれよりさらに上位に位置していた可能性が高い。従って完新世の諫早湾南岸では高海水準は地殻変動の影響を無視しうるならば、現海面より + 3.18 m の位置以上にあったと推定できる。しかしその詳細な標高と年代は今のところ特定で

きない。

2) 渦鞭毛藻シスト群集と完新世海洋古環境

検出された渦鞭毛藻シストは、Matsuoka⁽¹²⁾ や小林他⁽¹³⁾ によって長崎湾や大村湾の現世表層堆積物中から報告された種類と同じである。各グループ別の種構成比はすべての試料を通じて Gonyaulacoid グループが優占し、しかも *Spiniferites* が群集の大部分を占める状況も長崎湾や大村湾の群集構成比の特徴と一致する。この特徴は No. 4 中の完新世粘土層堆積期間を通じて、基本的な海洋環境は現在と同じ暖温帯性海域であったことを示している。

渦鞭毛藻シスト群集の変化を詳細にみると、No. 4-5 ~ 6 と No. 4-1 ~ 4 との間で種類数と個体数に顕著な差がある (Fig. 3)。No. 4-1 ~ 4 では種類数と個体数ともに豊富 (10 種以上、500 cells · ml⁻¹) であるのに対して、No. 4-5 ~ 6 ではそれらが貧弱 (10 種以下、200 cells · ml⁻¹) になっている。これは出現する種類は双方で共通することから、この間で大局的な海洋環境は変化がない、つまり暖温帯域の内湾性海域であったものの、小規模な環境変化があったことを反映しているとみなせる。個体数の減少は渦鞭毛藻の遊泳細胞の生産量かあるいは碎屑性粒子の供給量に変化が生じた可能性があり、また種数の減少は遊泳細胞の種多様性が減少したことを示唆する。このような状況は Gonyaulacoid グループのシストに顕著に現れている。種類数と個体数の 2 つの要素の変化を通して考えられる海洋環境の変化は、渦鞭毛藻とくに光合成色素を持ち、独立栄養を営む Gonyaulacoid グループに対する棲息環境の悪化であろう。すなわち海水の塩分濃度や栄養塩濃度、水温の低下などが予想される。このような環境変化をもたらす最大の要因は海域の縮小 (海退) とそれに伴う河川水の相対的な増大に求めることができよう。

要 約

- 1) バリノロジー分析に基づいて海成層を識別する場合には、海産バリノモルフである渦鞭毛藻シスト・プラシノ藻ファイコーマ・有孔虫ライニングの産出状況を知ることが重要である。
- 2) 諫早湾南岸の完新統の堆積環境は海産バリノモルフが多産することから海域と推定される。
- 3) 現在のこの海成層の高度分布から判断して、完新世での高海面は + 3.18 m 以上であったと結論

される。

謝 辞

この研究に使用したボーリング試料は復建調査設計長崎事務所の原口 強氏によって提供された。また長崎県諫早土木工事事務所はこの試料に基づく研究結果の公表を許可された。京都大学理学部附属地球物理研究施設の竹村恵二氏は草稿を読んでくださるとともに、貴重な意見をいただいた。以上の方々に感謝の意を表す。またこの研究の一部には長崎大学より教育特別研究費として「対馬暖流域の生物地理」(代表伊藤秀三教授)に交付された研究費および文部省科学研究費(課題番号 02964033; 代表松岡數充)を使用した。記して当局に感謝する。

引用文献

- (1) 有明海研究グループ: 有明・不知火海域の第四系, p.86 地団研専報. 地学団体研究会 (1965).
- (2) 太田陽子・松島義章・森脇 広: 日本における完新世海面変化に関する研究の現状と問題. 第四紀研究 21 (2), 133-143 (1982).
- (3) 太田陽子・海津正倫・松島義章: 日本における完新世相対的海面変化とそれに関する問題—1980-1988における研究の展望—, 第四紀研究 29 (1), 31-48 (1990).
- (4) 諫早土木工事事務所: 準用河川宗方川地質調査報告書 (1989).
- (5) 松田時彦・由比將雄・松島義章・今永 勇・平田大二・東郷正美・鹿島 薫・松原彰子・中井信之・中村俊夫・松岡數充: 伊勢原断層(神奈川県)の試錐による地下調査—過去約7000年間の堆積環境と元慶2年地震の変位—. 東京大学地震研究所彙報 63 (2), 145-182 (1988).
- (6) 中井信之・大石昭二・中村俊夫: 川崎市の沖積層の ^{14}C 年代測定による堆積速度の変遷と $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$, C/N比測定による相対的海水面変動と古気候変化. 97-115, 松島義章(編) [川崎市内沖積層の総合研究], 川崎市博物館資料収集委員会 (1987).
- (7) 市原 実・市原優子: 大阪層群の海成粘土と淡水粘土について. 173-182, 中部地方の鮮新統および最新統(竹原平一教授記念論文集) (1971).
- (8) 佐藤万寿美・緒方芳夫・横山卓雄: 大阪府千里山丘陵東端部における定方位ボーリング・サンプルの電導度と硫酸イオンからみた海進・海退について. 日本地質学会第94年学術大会講演要旨集 p.136 (1987).
- (9) 前田保夫・松島義章・佐藤裕司・熊野 茂: 海成層の上限(Marine limit)の認定. 第四紀研究 21 (4), 195-201 (1982).
- (10) Stancliffe, W. R. P.: Microforaminiferal linings: Their classification, biostratigraphy and paleoecology, with special reference to specimens from British Oxfordian sediments. *Micropaleontology* 35 (4), 337-352 (1989).
- (11) Stancliffe, R. P. W. & K. Matsuoka: Marine palynomorphs found in Holocene sediments off the Coast of Northwestern Kyushu, Japan. *Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ.* 31, 661-681 (1991).
- (12) Matsuoka, K.: Organic-walled dinoflagellate cysts from surface sediments of Nagasaki Bay and Senzaki Bay, West Japan. *Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ.* 25, 21-115 (1985).
- (13) 小林 総・松岡數充・飯塚昭二: 日本沿岸表層堆積物中の渦鞭毛藻シストの分布 I. 大村湾. 日本プランクトン学会報 33, 81-93 (1986).