

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¹⁾

小林 聡²⁾・松岡数充³⁾・飯塚昭二⁴⁾

(株式会社東京久栄²⁾・長崎大学教養部³⁾・長崎大学水産学部⁴⁾)

Distribution of Dinoflagellate Cysts in Surface Sediments of Japanese Coastal Waters. I. Omura Bay, Kyushu¹⁾

SATORU KOBAYASHI²⁾, KAZUMI MATSUOKA³⁾ AND SHOJI IZUKA⁴⁾

Tokyo Kyuei Co., Ltd. Technical Center, 6906-10 Shiba-tsurugamaru, Kawaguchi, Saitama 333²⁾, Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University³⁾ and Faculty of Fisheries, Nagasaki University⁴⁾, 1-14 Bunkyo-cho, Nagasaki 852

Abstract

A total of 167-596 cells·cm⁻³ (mean 348 cells·cm⁻³) of both living and empty dinoflagellate cysts was found in the surface sediments of Omura Bay, Kyushu, Japan. The dinoflagellate cyst assemblage of the bay predominantly comprised *Polykrikos schwartzii*, *Pheopolykrikos hartmannii* and *Tuberculodinium vancampoe* (=cyst of *Pyrophacus steinii*), followed by *Spiniferites* spp. (=cyst of *Gonyaulax* spp.), *Operculodinium centrocarpum* (=cyst of *Protoceratium reticulatum*) and *Protoperidinium* spp. Cysts of *Po. schwartzii* and *Ph. hartmannii* were found especially abundant in the southeastern part of the bay, whereas those of *Py. steinii* were common to abundant throughout the bay. The cyst assemblage in the surface sediments of Omura Bay was different from the plankton assemblage in composition and dominance ranking.

海底の表層堆積物中に存在する渦鞭毛藻類のシスト（以下シストと呼ぶ）の分布に関する研究の多くは、古環境解析のための基礎資料を得ることを目的としており、主に外洋域において調査が行われてきた（たとえば、DAVEY 1970, WILLIAMS 1971, WALL et al. 1977, REID & HARLAND 1977, REID 1978, MATSUOKA 1976, 1981）。一方では、沿岸・内湾域における研究もあり、それらには REID (1972, 1974, 1975) 及び BALCH et al. (1983) の研究があげられる。

近年、シストが赤潮生物の初期発生に重要な役割を果していることが指摘され (STEIDINGER 1975a, WALL 1975, 飯塚 1983)、さらにそれが遊泳体の分布及び伝播にも関与していることが明らかになりつつある (ANDERSON & WALL 1978)。特に麻痺性貝毒の原因プランクトンである *Protogonyaulax* 属では貝毒の発生域とシストの分布域とがほぼ一致していることが指摘され (LEWIS et al. 1979)、貝毒原因種のシスト調査が沿岸・内湾域において行われるようになった (ANDERSON et al. 1982a, b, FUKUYO 1985)。

現在、わが国における表層堆積物中のシストに関する研究は *Protogonyaulax* 属のシストに関するものを含めても極めて少ない。この状況は赤潮あるいは貝毒の発生を予察するうえでひとつの障害になっている。著者らはこれを解消するために、今後各地の沿岸・内湾域の表層堆積物中におけるシストの分布調査を進めてゆく予定である。また、この調査は古海洋環境解析のための基礎資料を蓄積するうえでも重要である。

本報告では半閉鎖的内湾である長崎県大村湾の表層堆積物中におけるシストの分布を明らかにするとともに、シスト群集中の優占種が遊泳体としてどのように出現するかについて述べる。なお、本論文ではシストという用

¹⁾ 1986年11月8日受理 (Accepted 8 November 1986)

語を有性生殖によって形成される休眠性接合子を意味する resting spore, resting cyst (WALL & DALE 1968), hypnozygote (STEIDINGER 1975b) あるいは hypnocyst (ANDERSON & WALL 1978) に対して用いており、無性的に形成されるものと考えられる temporary cyst (STEIDINGER 1975b), pellicle cyst (ANDERSON & WALL 1978) とは区別している。また、微生物学で用いられているシスト独自の分類体系に基づく学名には * 印を付した。

材料および方法

1. シストの調査

1) 底泥の採集

1980年10月と1981年3月, 6月, 9月の計4回, Fig. 1 に示す18測点において, 径 1.1 cm のアクリル管を装着した TFO 式グラビティコーアラを用いて2本ずつ柱状試料を採取した。採泥後試料を分析に供するまで 4~6°C の冷暗所に数日間保存した。

2) シストの分離と観察

柱状試料からのシストの分離は福代 (1980) の方法に従った。すなわち, 各測点2本ずつの柱状試料の表層から 2 cm までの泥を混合し, 超音波を照射した後, 目合 125 μm 及び 20 μm のステンレス製の篩を用いてろ過海水で十分洗浄した。そして最後に 20 μm の篩上の残渣を集め, ろ過海水中に全量が 10 ml になるように懸濁

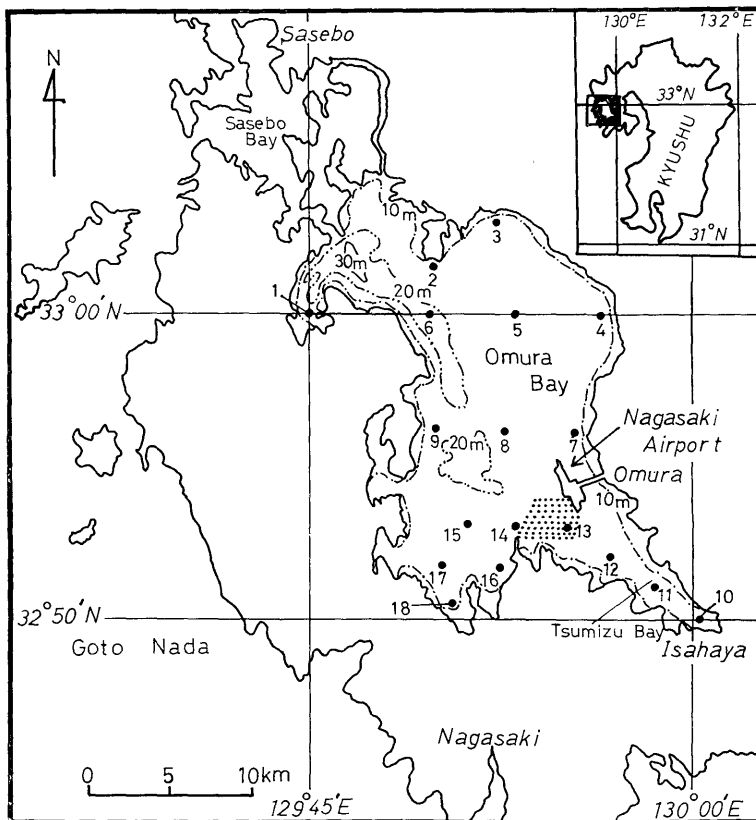


Fig. 1. Location of stations for sampling dinoflagellate cysts from surface sediments of Omura Bay (1980-1981). Dotted part represents the area where motile forms in the plankton were collected (1983-1985).

させて濃縮試料とした。シストの同定および計数には濃縮試料を十分攪拌した後、金属棒つきのけい線入りスライドグラスにその 0.2~0.4 ml を分取し、さらにろ過海水を加えて 0.8~1.0 ml に希釈し、光学顕微鏡下で観察した。この操作を数回繰り返す、合計 1 ml の濃縮試料を観察するようにした。計数時には珪藻類の殻片などに埋もれているシストを見逃さないように注意した。しかし、突起物を有するシスト（たとえば *Spiniferites** 属や *Operculodinium** 属など）では超音波処理を施しても時として突起物の間に微細粒子が付着している個体もあり、同定・計数に支障をきたすことがあった。また、発芽孔 (archoeopyle) の有無にも注目し、細胞内が原形質で満たされ、好適な環境下では発芽する能力を持っていると考えられるシストを living cyst (以下生シストと呼ぶ)、すでに発芽を終え、発芽孔を有するシスト、あるいは発芽孔は確認されないが細胞内に原形質が満たされていないシストを empty cyst (以下空シストと呼ぶ) として区別した。

シストおよびその遊泳体の同定は本研究と並行して行った 両者の 関連を明らかにするための発芽実験 (小林 1982, MATSUOKA et al. 1982, 小林・松岡 1984, MATSUOKA 1985) によった。また、各測点におけるシストの出現値は、底泥 1 cm³ あたりのシスト数を算出し、各測点ごとの平均値をもって示した。

2. 遊泳体の調査

大村湾のシスト群集中で優占した種の遊泳体の調査は、1983年~1985年の3か年にわたり、毎年 5~9 月を中

TABLE 1. THECA-CYST RELATIONSHIPS OF DINOFLAGELLATES RECOVERED FROM SURFACE SEDIMENTS OF OMURA BAY.

Theca nomenclature		Cyst nomenclature	
Gymnodiniaceae		Gymnodinioid Lineage	
<i>Cochlodinium</i>	sp.	not named	
Polykrikaceae			
<i>Theopolykrikos</i>	<i>hartmannii</i>	not named	
<i>Polykrikos</i>	<i>schwartzii</i>	not named	
<i>P.</i>	sp.	not named	
Pyrophacaceae		Tuberculodinioid Lineage	
<i>Pyrophacus</i>	<i>steinii</i>	<i>Tuberculodinium vancampoae</i>	
Peridiniaceae		Peridinioid Lineage	
<i>Protoperidinium</i>	<i>conicum</i>	<i>Selenopemphix</i>	<i>quanta</i>
<i>P.</i>	<i>compressum</i>	<i>Stelladinium</i>	<i>stellatum</i>
<i>P.</i>	<i>divaricatum</i>	<i>Xandarodinium</i>	<i>xanthum</i>
<i>P.</i>	<i>latissimum</i>	not named	
<i>P.</i>	<i>leonis</i>	<i>Quinquecuspis</i>	<i>concretum</i>
<i>P.</i>	<i>oblongum</i>	<i>Votadinium</i>	<i>calvum</i>
<i>P.</i>	<i>pentagonum</i>	<i>Trinovantedinium</i>	<i>capitatum</i>
<i>P.</i>	<i>subinermis</i>	<i>Selenopemphix</i>	<i>nephroides</i>
<i>P.</i>	<i>thorianum</i>	<i>Brigantedinium</i>	sp.
<i>P.</i>	sp.	<i>B.</i>	sp.
<i>Peridinium</i>	sp.	not named	
<i>Scrippsiella</i>	<i>trochoidea</i>	not named	
<i>S.</i>	sp.	not named	
<i>Diplopelta</i>	<i>parva</i>	not named	
<i>Zygabikodinium</i>	<i>lenticulatum</i>	<i>Dubridinium</i>	<i>caperatum</i>
Gonyaulacaceae		Gonyaulacoid Lineage	
<i>Gonyaulax</i>	<i>digitalis</i>	<i>Spiniferites</i>	<i>bentori</i>
<i>G.</i>	<i>polyedra</i>	<i>Lingulodinium</i>	<i>machaerophorum</i>
<i>G.</i>	<i>scrippsae</i>	<i>Spiniferites</i>	<i>bulloideus</i>
<i>G.</i>	<i>spinifera</i>	<i>S.</i>	<i>mirabilis</i>
<i>Protogonyaulax</i>	sp.	not named	
<i>Protoceratium</i>	<i>reticulatum</i>	<i>Operculodinium</i>	<i>centrocarpum</i>
<i>Goniodoma</i>	<i>psudogoniaulax</i>	not named	

TABLE 2. RELATIVE FREQUENCY AND NUMBER OF DINOFLAGELLATE

Station	1	2	3	4	5	6	7	8
Total dinoflagellate cysts (cells·cm ⁻³)	167	192	241	465	311	234	305	388
Empty cysts (cells·cm ⁻³ , %)	131 78.4	117 60.9	167 69.2	286 61.5	190 61.1	136 58.1	224 73.4	271 69.8
Living cysts (cells·cm ⁻³ , %)	36 21.6	75 39.1	74 30.8	179 38.5	121 38.9	98 41.9	81 26.6	117 30.2
GYMNODINIALES								
Polykrikaceae (cells·cm ⁻³ , %)								
<i>Pheopolykrikos hartmannii</i>	20 12.0	30 15.6	27 11.2	64 13.8	39 12.5	34 14.5	45 14.8	62 16.0
<i>Polykrikos schwartzii</i>	67 40.1	29 15.1	88 36.5	173 37.2	57 18.3	37 15.8	132 43.3	126 32.5
PERIDINIALES								
Pyrophacaceae (cells·cm ⁻³ , %)								
<i>Pyrophacus steinii</i>	19 11.4	44 22.9	52 21.6	80 17.2	69 22.2	52 22.2	44 14.4	58 14.9
Peridiniaceae (cells·cm ⁻³ , %)								
<i>Protoperidinium conicum</i>	5	6	4	8	7	4	1	5
<i>P. compressum</i>			1		8	+	1	
<i>P. divaricatum</i>	2	2	2	10	9	3	6	16
<i>P. latissimum</i>				+	+		+	2
<i>P. leonis</i>					+	2		
<i>P. oblongum</i>		+	+	+	+	3	+	+
<i>P. pentagonum</i>	+	+	+	+			+	+
<i>P. subinermis</i>	5	3	3	12	14	9	10	6
<i>P. spp.</i>	19	30	17	30	20	25	18	21
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	7	5	5	10	10	16	5	10
<i>Diplopelta parva</i>	2	4	5	4	7	6	3	19
<i>Zygabikodinium lenticulatum</i>		+	+					+
Gonyaulacaceae (cells·cm ⁻³ , %)								
<i>Gonyaulax polyedra</i>	+	7	1	4	4	3	4	6
<i>G. spp.</i>	15	16	15	43	33	27	21	35
<i>Protogonyaulax</i> sp.	2	+		1	1			
<i>Protoceratium reticulatum</i>	3	6	6	14	13	6	6	3
<i>Goniodoma pseudogoniaulax</i>	1	5	6	3	7	5	2	4
Other dinoflagellate cysts (cells·cm ⁻³ , %)		5 2.6	9 3.7	9 1.9	13 4.2	2 0.9	7 2.3	15 3.8

+: less than one cell·cm⁻³

CYSTS IN SURFACE SEDIMENTS OF OMURA BAY.

9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
325	397	335	596	470	364	355	390	515	207
231 71.1	307 77.3	250 74.6	480 80.5	335 71.3	274 75.2	236 66.8	254 65.1	380 73.8	157 75.8
94 28.9	90 22.7	85 25.4	116 19.5	135 28.7	90 24.8	119 33.2	136 34.9	135 26.2	50 24.2
38 11.7	22 5.5	30 9.0	44 7.4	76 16.2	34 9.4	68 19.2	62 15.9	71 13.8	15 7.3
105 32.3	219 55.2	177 52.8	325 54.5	180 38.3	97 26.6	83 23.4	115 29.5	250 48.5	93 44.9
62 19.1	40 10.1	41 12.2	77 12.9	64 13.6	86 23.6	75 21.1	72 18.5	71 13.8	18 8.7
68 20.9	55 13.9	55 16.4	68 11.4	74 15.7	80 22.0	63 17.7	66 16.9	72 14.0	41 19.8
6	5	4	6	8	7	5	11	15	9
2	+		+		2	+	3	3	
5	9	10	12	17	10	26	20	20	13
		+			+		+	+	
	+		+		+	+			
5	5	+	4	3	+	2		2	
		+		+	3	1	2		
6	9	6	5	9	3	6	6	11	6
24	21	19	23	24	30	12	11	10	6
4	4	7	7	3	9	5	5	3	2
14	2	9	11	9	14	6	8	8	4
2		+	+	1	2				1
47 14.5	45 11.3	31 9.3	67 11.3	56 11.9	54 14.8	55 15.5	57 14.6	35 6.8	18 8.7
3	2	+	6	4	1	4	4	+	+
25	21	21	43	33	39	29	37	22	13
3	2	+		+		3	+	3	
10	13	5	9	11	10	9	13	8	5
6	7	5	9	8	4	10	3	2	
5 1.5	16 4.0	1 0.3	15 2.5	20 4.3	13 3.6	11 3.1	18 4.6	16 3.1	22 10.6

心に月1回～6回の頻度で長崎空港南部の面積約 20 km² の水域内 (Fig. 1) で行った。なお、この調査期間はシストの調査期間とは異っている。また、遊泳体の採集方法及び観察方法は飯塚・平山 (1983) によった。

結 果

1. シストの組成と分布

大村湾で出現が確認されたシストを Table 1 に示した。シストは研究の歴史的経緯から遊泳体とは別の独自の分類体系を有するので、Table 1 には両者の対応関係も示した。本研究で確認できたシストは5科13属27種 (遊泳体の分類体系に基づく) であった。

各測点に存在したシスト数 (生シストと空シストの合計) 及びその出現割合を Table 2 に示した。これから大村湾におけるシストの出現および分布の特徴は次のように要約される。

生シストと空シストを合計したシスト総数は 167～596 cells·cm⁻³ の範囲にあり、18 測点の平均は 348 cells·cm⁻³ であった。このうち、生シストは 36～179 cells·cm⁻³ (平均 102 cells·cm⁻³) の密度で、空シストは 117～480 cells·cm⁻³ (平均 246 cells·cm⁻³) の密度で存在した。シストは湾奥部と東部の測点 4 や津水湾口の測点 12, 13 で多産し、測点 1, 2, 3, 6 の湾口部で少ないという傾向があった。シスト総数に対する空シストの占める割合は 58.1～80.5% であり、特に津水湾内の測点 10, 12 や湾奥部の測点 14, 18 では空シストの占める割合が大きかった。*Polykrikos schwartzii* Bütschli (Pl. I, 1-2), *Pheopolykrikos hartmannii* (Zimmermann) Matsuoka & Fukuyo (Pl. I, 3-6), 及び *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall & Dale (Pl. I, 7-10) のシストの合計は何れの測点においてもシスト総数の 50% 以上を占めており、これら3種が大村湾のシスト群集中の優占種であるといえる。その他の種類ではゴニオラックス科のシスト (主に *Spiniferites** 属で構成される) がシスト総数の 6.8～18.7%, ペリディニウム科のシスト (*Brigantedinium** 属が多い) が 11.4～29.1% の範囲で出現し、両者とも測点 1, 2, 6 の湾口部で高い出現率を示した。

Fig. 2 にシストとして優占する上記3種の分布を示した。*Po. schwartzii* の生シストは主として湾口部に多く分布し、測点 4 で 53 cells·cm⁻³ の密度を記録したが、湾奥部での生シストの密度は 1～11 cells·cm⁻³ で極めて低かった。湾奥部では生シストよりも多数の空シストが存在していた。この傾向は特に測点 10, 11, 12, 13, 17 で顕著であった。*Ph. hartmannii* では生シストが 8～61 cells·cm⁻³ の密度で、空シストが 0～17 cells·cm⁻³ の密度で存在した。

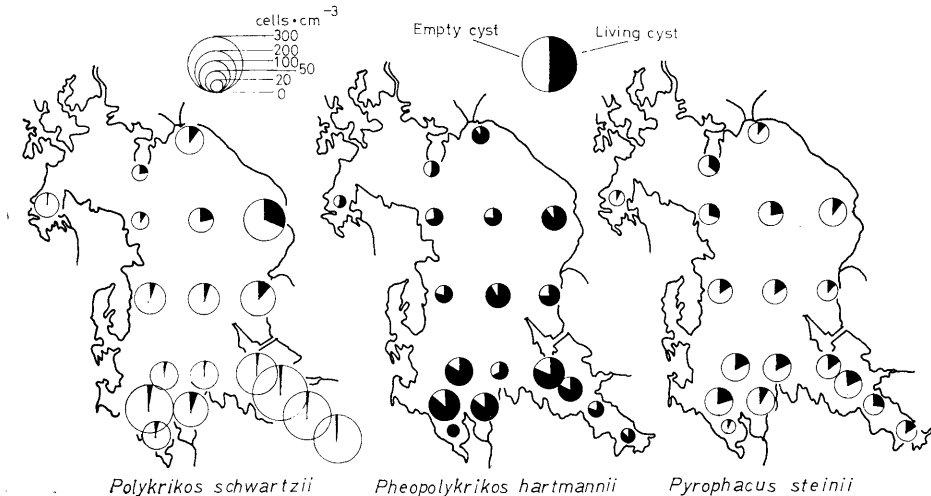


Fig. 2. Distribution of cysts of three predominant dinoflagellate species in the surface sediments of Omura Bay.

cm^{-3} の密度で存在し、生シストが空シストよりも多く出現した。その生シストは湾中央部から湾奥部にかけての測点 (たとえば測点 8, 13, 15, 16, 17) に多く存在する傾向があった。また、*Py. steinii* では生シスト、空シスト共に出現率は全測点で同程度であり、前 2 種に見られたような生シストと空シストの出現数での著しい

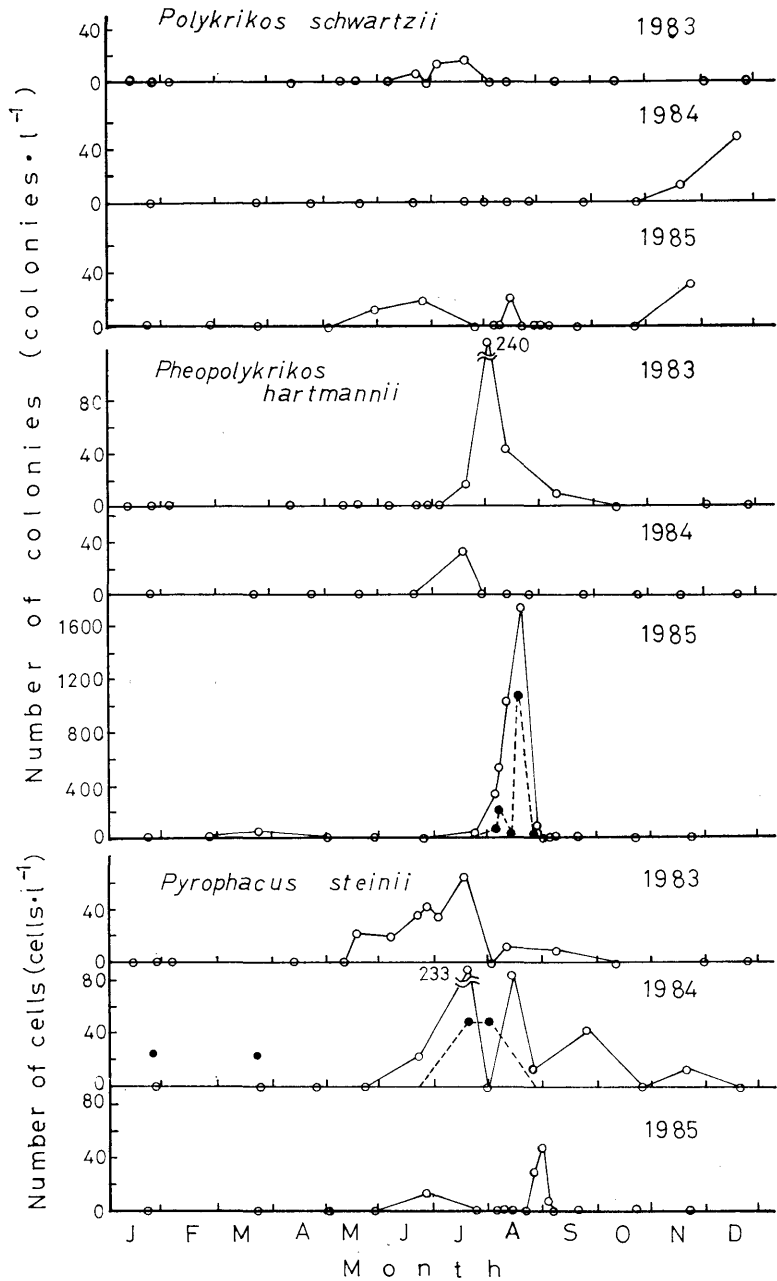


Fig. 3. Seasonal distribution of motile forms (solid line) and living cysts (dotted line) of three dinoflagellate species in the plankton collected in Omura Bay (1983-1985).

違いは認められなかった。

2. シスト優占種に対応する遊泳体の出現

大村湾表層堆積物中に優占する3種のシストに対応するそれぞれの遊泳体の出現状況を Fig. 3 に示した。 *Po. schwartzii* の主な出現期間は6月下旬から8月中旬までで、最大出現数は水柱（水深 18 m）の平均にして 20 colonies \cdot l $^{-1}$ であった。しかし、1984年にはこの期間に遊泳体の出現は見られなかった。遊泳体は1984年と1985年には冬季（11~12月）にも出現したが、出現期間は夏季（6~8月）よりも短かかった。しかし、その時の最大出現数は水柱の平均数にして 50 colonies \cdot l $^{-1}$ を記録し、夏季の値よりも多い。なお、浮遊中の生シスト（形成後まだ沈降せずに浮遊状態にあるシストを指す）は3年間の調査では発見されなかったが、過去のプランクトン調査では数は少ないものの夏季に出現することが知られている（飯塚、未発表）。 *Ph. hartmannii* の3年間における主な出現期間は6月中旬から10月下旬までで、8月に最も多く出現した。最大出現数は1985年に水柱の平均で 1600 colonies \cdot l $^{-1}$ に達した。遊泳体は1985年の3月下旬にも出現したが、その数は少なかった。また、遊泳体の出現が多い1985年には浮遊中の生シストも観察され、その時期は遊泳体出現盛期に集中した。生シストの最大出現数は水柱の平均で 1200 cells \cdot l $^{-1}$ であった。 *Py. steinii* の3年間における主な出現期間は5月下旬から9月下旬までで、その最盛期は7月中旬にあった。1984年には浮遊中の生シストが遊泳体出現最盛期の7月中旬から下旬に見られ、最高で 50 cells \cdot l $^{-1}$ が記録された。1月と3月には底層水中で生シストが少数確認された。しかし、その数が少ないこと及び遊泳体の存在が認められないことなどから、この時期に生シストが形成されたのではなく、海底に沈積した生シストがまき上げられていた可能性が高い。

以上のように大村湾では堆積物中で優占するシストに対応する遊泳体の出現時期は年によって若干の違いはあるが夏季に集中し、その期間は短かく、出現細胞数は少なかった。また、シストとして優占する3種の遊泳体は何れも植物プランクトン群集中では優占種となることはなく、少数出現種にとどまるという特徴をもっていた。

考 察

1. シスト分布の特徴

大村湾において優占するシスト3種はそれぞれ異なる分布を示した (Fig. 2)。 *Po. schwartzii* や *Ph. hartmannii* は湾奥部や津水湾に多く出現するが、 *Py. steinii* は湾全域でほぼ均一に分布する。従ってシストを形成する赤潮原因種ではシストの分布を把握することによって赤潮初期発生の場所を探し出すひとつの手がかりが得られると考えられる。

現在までに報告されているシストの大きさはほとんど直径 20~100 μ m の範囲にあることから、シストは底質が微細粒子で構成される海底に集積しやすいことが知られている (DALE 1976, BALCH et al. 1983)。このことは大村湾においても同様である。鎌田ほか(1980)によると大村湾の底質は湾口部を除いて中央粒径値が 8 ϕ (= 1/256 mm) 以下の微細粒堆積物からなる。中央粒径値 8 ϕ 以上の測点 1, 2, 3, 6, 7 及び 18 ではシストが 167~305 cells \cdot cm $^{-3}$ の範囲で出現するのに対し、8 ϕ 以下の他の測点では 311~596 cells \cdot cm $^{-3}$ の範囲にあり、シストは後者に多く分布する傾向が認められた。中央粒径値が 8 ϕ 以下の測点の中でもシストが特に多数存在した水域は *Gymnodinium* 赤潮の多発する水域でもあり、赤潮多発水域にシストが多数存在する現象は興味深い。

2. シスト群集の特徴

松岡 (1985) は塩酸やフッ化水素酸などを用いる花粉学的手法で大村湾をはじめ対馬暖流域の内湾性表層堆積物中のシスト群集を明らかにしている。それによると大村湾では *Spiniferites bulloideus* (Deflandre & Cookson) Sarjeant*, *Spiniferites mirabilis* (Rossignol) Sarjeant*, *Operculodinium centrocarpum* (Deflandre & Cookson) Wall*, *Tuberculodinium vancampoeae* (Rossignol) Wall* 及び *Po. schwartzii* が優占する。今回の分析結果と比較すると *Py. steinii* のシストである *T. vancampoeae** や *Po. schwartzii* が優占する点では共通するが、 *S. bulloideus**, *S. mirabilis**, *O. centrocarpum** が優占する点では異なっている。この相違は分析方法の違いに起因するものと考えられる。すなわち、今回はシストを濃縮する方法として超音波処理した底質に対して篩を用いたが、花粉学的手法では薬品により処理した底質を篩で濃縮している。後者では薬品処理の結

果シスト表面や突起物の間に付着している鉱物質の微細粒子を完全に除去できるのに対して、前者ではそれが必ずしも十分ではない。従って前者の方法では *Spiniferites** 属や *Operculodinium** 属のように多くの突起物を備えたシストの同定を難しくしている。

このように分析方法の違いによってみかけ上シスト群集に差を生ずることは、群集解析の問題点として十分に考慮されねばならないと共に、用いた分析方法を明示することも必要であろう。

3. シスト群集中の優占種とその遊泳体

WALL & DALE(1968)は *Gonyaulax digitale* (Pouchet) Kofoid, *Protoceratium reticulatum* (Claparède & Lachmann) Bütschli 及び *Peridinium oblongum* (Aurivillius) Paulsen の遊泳体とシストの出現状況を報告し、シストの形成は多くの場合その遊泳体の繁殖時期、特に対数増殖期ないし定常期に起こることを示した。また、DALE (1976) はノルウェーの Trondheimsfjord において 1963~1971 年の 8 年間に出現した主なプランクトンと堆積物中のシスト群集の比較を行っている。これによれば、1964 年を除くと出現プランクトンの 70% 以上を *Scrippsiella* 属が占め、同様にシスト群集全体でもこの属のシストの割合は 70% 以上であった。従ってプランクトンとシストの両者の出現傾向は一致するものと結論した。

大村湾では優占 3 種のシスト形成は夏季に集中し、遊泳体の出現盛期に一致しており、WALL & DALE(1968) の報告と同様の傾向を示すものである。一方、シストとして最優占する *Po. schwartzii* の遊泳体は 1980~1981 年の出現状況は明らかではないが、1983~1985 年にはこの海域で優占的に出現することはなく、DALE (1976) の結果とは一致していない。このようなプランクトン群集と底質のシスト群集の組成上の差異は、プランクトンからのシストの生産量に関係しているものと考えられるが、プランクトンとして出現する渦鞭毛藻のすべてがシストを形成するのではなく(福代・松岡, 1983)、また、シストを形成する種類でもそのすべてが容易にシストを形成するとは限らないこと、また、生活環の大部分をシストの状態で過すプランクトンの存在も推察されていること、などの理由で両者の組成に差異が生ずる場合も十分あり得ると考えられる。

大村湾では冬季に 2~3 カ月間にわたり桁網を用いたマナモコ漁業が行われている(松宮 1984)。これによって底質は機械的に攪乱される。また一方では底生生物による生物攪拌がある。このような堆積後の攪拌についてはシストが形成されてから海底に堆積する経過と共にシストの分布を論じる上で、また特に下層にあるシストは発芽する可能性が少ないことも合わせて十分に考慮する必要がある。補足的な研究としてマナモコ漁業実施期間に湾内の数測点において泥中におけるシストの鉛直分布(0~10 cm)を調査した。その結果測点によってはシスト数に上下の差が認められなかった。これは桁網による攪拌の影響によって表層付近に堆積していたシストが鉛直的に分散したためとも考えられる。このようにシストが海底に堆積した後の物理的・生物的攪乱がシストの鉛直分布におよぼす影響については将来さらに検討を加える必要がある。

謝 辞

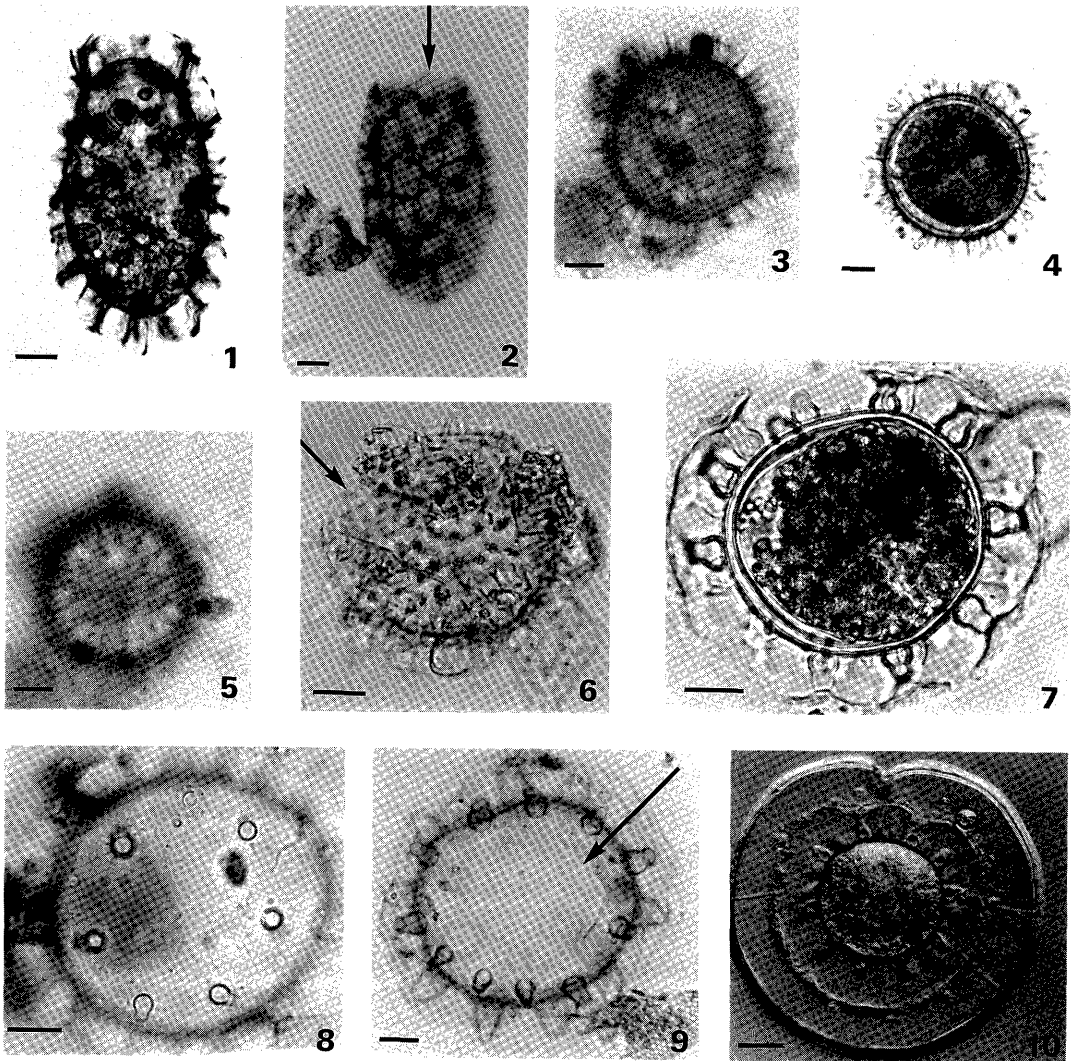
本研究を進めるにあたり、種々御助言、御討論いただいた東京大学農学部福代康夫博士に感謝致します。また、試料の採集にあたって御協力いただいた長崎大学水産学部海洋環境学研究室の 1980-1981 年度の大学院生諸氏にお礼申し上げます。

引 用 文 献

- ANDERSON, D. M. & D. WALL, 1978. Potential importance of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiating toxic dinoflagellate blooms. *J. Phycol.*, **14**: 224-234.
- ANDERSON, D. M., D. G. AUBREY, M. A. TYLER & D. W. COATS, 1982a. Vertical and horizontal distribution of dinoflagellate cysts in sediments. *Limnol. Oceanogr.*, **24**: 757-765.
- ANDERSON, D. M., D. M. KULIS, J. A. ORPHANOS & A. R. CEURVELS, 1982b. Distribution of the toxic dinoflagellate *Gonyaulax tamarensis* in the Southern New England region. *Estuar. coast. Shelf Sci.*, **14**: 447-458.
- BALCH, W. M., P. C. REID & S. C. SURREY-GENT, 1983. Spatial and temporal variability of dinoflagellate cyst abundance in a tidal estuary. *Can. J. Fish. aquat. Sci.*, **40** (Suppl. 1):

- 244-261.
- DALE, B., 1976. Cyst formation, sedimentation, and preservation: factors affecting dinoflagellate assemblages in recent sediments from Trondheimsfjord, Norway. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **22**: 39-60.
- DAVEY, R. J., 1970. Palynology and Paleo-environmental studies, with special reference to the continental shelf sediments of South Africa, pp. 331-347. In *Proc. 2nd Plank. Conf.*, (ed. FARIACCI, A.). Tecnoscienza, Roma.
- 福代康夫, 1980. 渦鞭毛藻類のシスト. 赤潮マニュアル I (安達六郎・入江春彦編): pp. 40-46. 赤潮研究会分類班.
- FUKUYO, Y., 1985. Morphology of *Protogonyaulax tamarensis* (Lebour) Taylor and *Protogonyaulax catenella* (Whedon and Kofoid) Taylor from Japanese coastal waters. *Bull. mar. Sci.*, **37**: 529-537.
- 福代康夫・松岡数充, 1983. 渦鞭毛藻類のシスト. 沿岸域保全のための海の環境科学 (平野敏行編): pp. 389-403. 恒星社厚生閣, 東京.
- 飯塚昭二, 1983. 赤潮の話—発生条件と構成種一, 遺伝, **37**: 8-12.
- 飯塚昭二・平山和次, 1983. 大村湾. 沿岸域保全のための海の環境科学 (平野敏行編): pp. 324-342. 恒星社厚生閣, 東京.
- 鎌田泰彦・近藤 寛・堤 由美子, 1980. 九州西部伊万里湾・大村湾の底質と CHN 組成. 長崎大学教育学部自然科学研究報告. **31**: 63-82.
- 小林 聡, 1982. 大村湾表層堆積物における渦鞭毛藻類のシストに関する研究. 長崎大学大学院水産学研究科修士論文, 94 pp.
- 小林 聡・松岡数充, 1984. *Protoperidinium conicum* (Gran) Balech (Dinophyceae) のシストと遊泳体. 藻類, **32**: 251-256.
- LEWIS, C. M., C. M. YENTSCH & B. DALE, 1979. Distribution of *Gonyaulax excavata* resting cysts in sediments of the Gulf of Maine, pp. 235-238. In *Proc. 2nd Int. Conf. on Toxic Dinoflagellate Blooms* (eds. TAYLOR, D.L. & H.H. SELIGER). Elsevier/North-Holland, N.Y.
- 松宮義晴, 1984. 長崎県大村湾におけるナマコ資源の解析. 長崎大学水産学部研究報告, No. 55: 1-8.
- MATSUOKA, K., 1976. Recent thecate and fossilized dinoflagellates off Hachinohe coast, northeastern Japan. *Publ. Seto mar. biol. Lab.*, **23**: 351-369.
- MATSUOKA, K., 1981. Dinoflagellate cysts and pollen in pelagic sediments of the northern part of the Philippine Sea. *Bull. Fac. Liberal Arts, Nagasaki Univ.*, **21**: 59-70.
- MATSUOKA, K., 1985. Cyst and thecate forms of *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall et Dale, 1971. *Trans. Proc. Palaeont. Soc. Japan, N.S.*, **140**: 240-262.
- 松岡数充, 1985. 対馬暖流域の表層堆積物における渦鞭毛藻シストの分布. 第四紀研究, **24**: 1-12.
- MATSUOKA, K., S. KOBAYASAI & S. IIZUKA, 1982. Cysts of *Protoperidinium divaricatum* (Meunier) Parke et Dodge 1976 from surface sediments of Omura Bay, West Japan. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, **38**: 109-118.
- REID, P. C., 1972. Dinoflagellate cyst distribution around the British Isles. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **52**: 939-944.
- REID, P. C., 1974. Gonyaulacacean dinoflagellate cysts from the British Isles. *Nova Hedwigia*, **25**: 579-637.
- REID, P. C., 1975. A regional sub-division of dinoflagellate cysts around the British Isles. *New Phytol.*, **75**: 589-603.
- REID, P. C., 1978. Dinoflagellate cysts in the plankton. *New Phytol.*, **80**: 219-229.
- REID, P. C. & R. HARLAND, 1977. Studies of Quaternary dinoflagellate cysts from the North Atlantic, pp. 147-169. In *Contribution of Stratigraphic Palynology with Emphasis on North America* (ed. ELSIK, W.C.). American Association of Stratigraphic Palynologists, Cont. Ser., No. 5A.
- STEIDINGER, K. A., 1975a. Basic factors influencing red tides, pp. 153-162. In *Proc. 1st Int. Conf. on Toxic Dinoflagellate Blooms* (ed. LOCICERO, V. R.). Mass. Sci. Technol. Foundn., Wakefield, Mass.
- STEIDINGER, K. A., 1975b. Implication of dinoflagellate life cycles on initiation of *Gymnodinium breve* red tides. *Envir. Lett.* **9**: 129-139.
- WALL, D., 1975. Taxonomy and cysts of red-tide dinoflagellates, pp. 249-255. In *Proc. 1st Int.*

- Conf. on Toxic Dinoflagellate Blooms* (ed. LOCICERO, V.R.). Mass. Sci. Technol. Foundn, Wakefield, Mass.
- WALL, D. & B. DALE, 1968. Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridiniales. *Micropaleontology*, **14**: 265-304.
- WALL, D., B. DALE, G. P. LOHMANN & W. K. SMITH, 1977. The environmental and climatic distribution of dinoflagellate cysts in modern marine sediments from regions in the north and south Atlantic Oceans and adjacent seas. *Mar. Micropaleontol.*, **2**: 121-200.
- WILLIAMS, D. B., 1971. The occurrence of dinoflagellates in marine sediments, pp. 231-243. In *Micropaleontology of the Oceans* (eds. FUNNEL, B. M. & W. R. RIEDEL). Cambridge Univ. Press, Cambridge.



Explanation of Plate I

Dominant dinoflagellate cysts in Omura Bay.

1-2. *Polykrikos schwartzii* Bütschli.

1: living cyst, 2: empty cyst, showing tremic archeopyle (arrow).

3-6. *Pheopolykrikos hartmannii* (Zimmermann) Matsuoka & Fukuyo.

3: living cyst, 4: living cyst under incubation, 5: living cyst, 6: empty cyst, showing chasmic archeopyle (arrow).

7-10. *Pyrophacus steinii* (Schiller) Wall & Dale

(= *Tuberculadinium vancampoae* (Rossignol) Wall*).

7: living cyst, 8: empty cyst, apical surface, 9: empty cyst, showing hypocystal archeopyle (arrow), 10: living planktonic cyst enclosed by theca.

Scale bar: 10 μ m