

새만금 해역에서 외편모조류 휴면포자의 시공간적 분포

박기홍 · 김근용 · 김창훈* · 김학균¹
부경대학교 양식학과, ¹국립수산과학원

Spatio-temporal Distribution of Dinoflagellate Resting Cysts at the Saemangeum Area

Gi-Hong PARK, Keun-Yong KIM, Chang-Hoon KIM* and Hak Gyoon KIM¹
Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea
¹National Fisheries Research and Development Institute, Busan 619-902, Korea

The spatio-temporal distribution of dinoflagellate resting cysts was investigated by palynological processing to understand the harmful algal bloom (HAB) potential in the sediment of the Saemangeum area in 2003. In total, thirty-two dinoflagellate species were identified, and their concentrations were in the range of 6-1,618 cysts·g⁻¹ (dry weight). The concentrations of resting cysts were higher in the spring (26 species, 64-1,101 cysts·g⁻¹) and summer (30 species, 81-1,618 cysts·g⁻¹) than in the autumn (32 species, 6-1,150 cysts·g⁻¹) and winter (24 species, 25-728 cysts·g⁻¹). The composition rate of the heterotrophic dinoflagellate species to the total, which is closely related to the eutrophication process, to ranged from 6 to 29% in the study area. The most dominant species was toxic *Alexandrium tamarense/catenella* (25%) followed by *Gonyaulax scrippsea* (9%) and toxic *Protoceratium reticulatum* (5%). Given the high abundance of the toxigenic dinoflagellate species, the Saemangeum area is considered to have the great potential for HABs in the future.

Key words: Dinoflagellate, Distribution, Resting cyst, Saemangeum

서론

최근 들어 외편모조류에 의한 적조 (harmful algal bloom 또는 red tide)는 산업화에 따른 연안해역의 부영양화와 이상 기후로 인해 발생 규모가 광역화되고 그 빈도도 또한 점차 증가하고 있다. 이러한 현상은 수산양식업에 막대한 피해를 줄뿐만 아니라 해양환경, 관광사업, 인류보건에도 문제를 야기하고 있어 지속적인 모니터링이 요구되고 있다 (Hallegraeff, 2003). 외편모조류 중 일부는 부적합한 환경조건에서 유성생식 과정을 통해 내구성 있는 휴면포자를 형성하고, 다시 환경이 좋아지면 발아하는 생활사를 가지는데, 현재까지 전체의 약 5%인 100여 종에서 이러한 휴면포자의 존재가 확인되었다 (Matsuoka and Fukuyo, 2000; Anderson et al., 2003). 이들은 적조발생 초기에 “씨앗개체군” 역할을 수행하는 것으로 알려져 있어 (Anderson, 1980), 이들의 생물지리적 분포는 적조 발생 장소와 시기를 예측할 수 있는 중요한 단서를 제공한다 (Anderson and Wall, 1978; Nehring, 1997; Anderson et al., 2003). 예를 들어, 마비성 패독 (PST: Paralytic Shellfish Toxins)을 생산하는 것으로 알려진 일부 *Alexandrium* 종들, *Gymnodinium catenatum* 및 *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*에 의한 적조는 대체로 그 형성기간이 짧아서 모니터링하기 어렵기 때문에, 이들의 경우에는 저질 내 휴면포자 분포 조사가 오히려 경제적이며 신뢰할 만하다 (Bolch, 1997).

지금까지 알려진 휴면포자 분포 조사 방법은 Panning 처리법 (Bolch and Hallegraeff, 1990), Primuline 형광 염색법 (Primuline-staining method; Yamaguchi et al., 1995), 해수/휴면포자/Sodium polytungstate (SPT)의 비중차이를 이용한 밀도구배원심법 (SPT-density gradient centrifugation method; Bolch, 1997), 그리고 고생물학적 방법 (Palynological processing; Matsuoka and Fukuyo, 2000; Cho and Matsuoka, 2001; Anderson et al., 2003)이 있으며, 실험 목적별로 처리 방법을 달리 해야 한다. 즉, 발아 실험을 할 경우에는 Panning 처리법과 밀도구배원심법을, *A. tamarense/catenella*와 같은 특정 종의 신속한 동정에는 Primuline 형광 염색법을, 출현종의 정량·정성 분포 파악에는 고생물학적 방법을 사용하는 것이 효과적이다.

우리 나라에서 휴면포자 분포 조사는 적조가 많이 발생하는 남해 연안을 중심으로 이루어져 왔으나, 최근 황해에서도 적조가 발생하여 그 조사 범위가 더욱 확대되고 있는 실정이다 (Kim et al., 2001). 특히, 새만금 해역에서 ‘새만금간척개발사업’에 따른 해양환경의 변화와 해양생태계에 대한 전반적인 연구가 활발히 진행되고 있는데, 이 해역에 방조제가 완공되면 남북으로의 해수 흐름이 제한되고 하천수가 고군산 열도 남쪽의 신시갑문과 가력갑문으로만 유출되어 고군산 열도를 기준으로 남쪽과 북쪽의 해양환경이 크게 바뀔 뿐만 아니라 (MAF, 1999; MOMAF, 2003a, 2003b) 적조 발생에도 유리한 조건이 형성 될 가능성이 있다 (Yoo et al., 2002). 본 연구는 황해의 대규모 간척사업이 시행되고 있는 새만금 해역에서

*Corresponding author: chkpknu@hanmail.net

저질 내 외편모조류 분포량을 정점별, 계절별로 정량·정성 분석하여 이 지역에서의 적조 발생 잠재력을 예측하였다.

재료 및 방법

본 조사에 사용된 시료는 8개 정점 (Fig. 1)에서 Van Veen Grab 채니기를 이용하여 표층 3 cm의 저질을 채집한 후, 분석 전까지 암냉소에 보관하였으며 고생물학적 방법 (Cho and Matsuoka, 2001)으로 처리하였다. 저질의 함수비를 측정하기 위해 먼저 골고루 섞은 저질을 70°C에서 12 시간 건조시켜 무게 (3회 평균값)를 구하였다. 동일한 시료를 15 mL 원심튜브에 1-2 mg 정도 넣고 무게를 측정 후 10 mL의 10% HCl을 첨가하고 24 시간 방치하여 저질 내의 탄산질 (유공충, 패각 등)을 제거하였다. 이후 시료를 증류수로 세척한 후 10 mL의 47% HF를 첨가하고 24 시간 방치하여 규산질 (모래, 진흙 입자, 규조류 등)을 녹였다. 다시 증류수로 세척한 시료를 Ultrasonic Cleaner (5210, BRANSON)를 이용하여 30 초간 초음파 처리하고, 125 μm Nylon mesh에 여과한 뒤, 20 μm Nylon mesh 위에 걸러진 입자를 모아 증류수를 일정량 첨가하였다. 준비된 시료는 1-0.5 mL씩 덜어 도립현미경 (Axiovert 200, ZEISS)으로 검경하고 Matsuoka and Fukuyo (2000)에 따라 동정하였다. 시료 처리 과정에서 형태가 변하여 식별하기 어려운 휴면포자는 미동정 종에 포함시켰다. 최종 휴면포자 개체수는 아래의 식에 따라 저질 내 수분을 제외한 건조량으로 환산하였다.

$$\text{cysts} \cdot \text{g}^{-1} = N \cdot \{W(1-R)\}^{-1}$$

N: 관찰된 휴면포자 수, W: 처리된 저질 무게,
R: 저질의 함수비

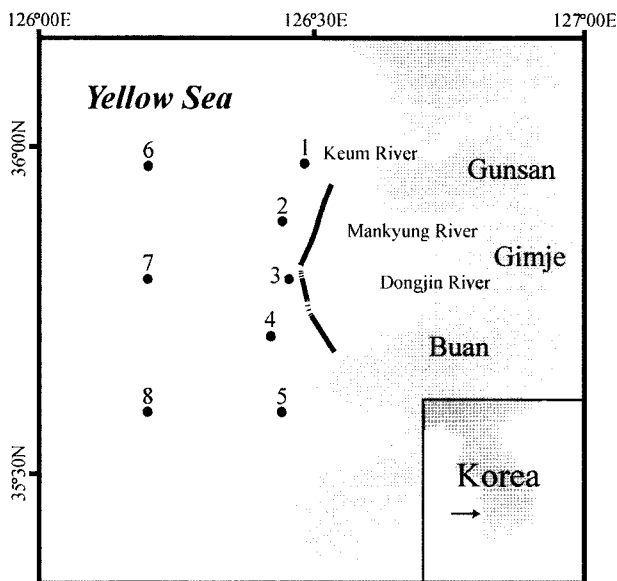


Fig. 1. The study area showing the location of sampling stations (solid lines, a dike; broken lines, entrances of a dike).

결과 및 고찰

조사 해역의 외편모조류 휴면포자 분포 조사는 2003년 2, 5, 8, 11월에 계절별로 8개 정점에서 실시하였다 (Fig. 1). 동계인 2월에는 총 24종이 25-728 cysts·g⁻¹ 범위로 출현하였으며, Stns 2, 6, 7에서 분포량이 많았으나, Stns 1, 3, 4에서는 상대적으로 적었다 (Table 1). 해역의 부영양화와 관련이 있다고 알려진 전체 출현종에 대한 타가영양성 종의 분포비 (Matsuoka, 1999; Cho and Matsuoka, 2001; Dale, 2001; Matsuoka, 2001)는 분포량이 가장 적었던 Stns 3, 4를 제외하면 8-141 cysts·g⁻¹로 12-29%를 차지하였고, *Gonyaulax scrippsea*, *A. tamarense/catenella*, *Gonyaulax spinifera*, *Gonyaulax verior*, *Scrippsiella trochoidea*, *Protoceratium reticulatum*이 각각 12%, 9%, 6%, 6%, 6%, 6%로 우점하였다. 이중 많은 종이 조류독을 생산한다고 알려진 *Alexandrium* 속에 속하는 종 (Balech, 1995; Landsberg, 2002)은 전체의 38% (Stn 2에서 최대 310 cysts·g⁻¹)를 차지하였다 (Figs. 2, 3). 춘계인 5월은 총 26종이 64-1,101 cysts·g⁻¹ 범위로 출현하였으며, Stns 1, 5, 6, 8에서 분포량이 많았으나 Stns 3, 4에서는 상대적으로 적었다 (Table 1). 타가영양성 종은 7-153 cysts·g⁻¹로 6-18%를 차지하였고, *A. tamarense/catenella*, *G. scrippsea*가 각각 42%, 7%로 우점하였으며, *Alexandrium* 속은 전체의 62% (Stn 6에서 최대 781 cysts·g⁻¹)를 차지하였다 (Figs. 2, 3). 하계인 8월에는 총 30종이 81-1,618 cysts·g⁻¹ 범위로 출현하였으며, 전 정점 최대 출현양인 1,618 cysts·g⁻¹의 Stn 6를 포함한 Stns 1, 2, 7, 8에서 분포량이 많았지만, Stns 3, 4는 100 cysts·g⁻¹ 이내로 적었다 (Table 1). 타가영양성 종은 28-181 cysts·g⁻¹로 11-22%를 차지하였고, 우점종으로는 2월과 5월에 관찰되었던 *A. tamarense/catenella*, *G. scrippsea*, *P. reticulatum* 외에 *Diplopelta parva*가 각각 30%, 8%, 6%, 5%로 우점하였다. 이중 *Alexandrium* 속은 전체의 50% (Stn 6에서 전 정점 최대 1,006 cysts·g⁻¹)를 차지하였다 (Figs. 2, 3). 추계인 11월의 휴면포자 분포는 4계절 중 가장 다양한 총 32종이 6-1,150 cysts·g⁻¹ 범위로 출현하였으며, Stns 2, 5, 6, 7에서 분포량이 많았으나 Stns 1, 3, 4에서 11 cysts·g⁻¹ 이하로 가장 적었다 (Table 1). 타가영양성 종은 57-229 cysts·g⁻¹로 전체의 15-28%를 차지하였고, *A. tamarense/catenella*, *G. scrippsea*, *Pheopolykrikos hartmannii*, *D. parva*, *G. spinifera*, *P. reticulatum*이 각각 16%, 10%, 6%, 5%, 5%, 5%로 우점하였으며, *Alexandrium* 속은 전체의 37%이었다 (Figs. 2, 3).

새만금 해역에서 휴면포자 분포 변화는 각 계절별 평균 383, 518, 512, 385 cysts·g⁻¹로 5월과 8월, 2월과 11월이 서로 유사하였으며 (Fig. 3), 정점별로는 방조제 의해 북부 지역인 Stn 6에서 휴면포자 분포량이 연중 가장 많았고, 배수갑문 앞의 Stns 3, 4에서는 6-125 cysts·g⁻¹ 범위로 현저히 적었다. 이러한 결과는 2호 방조제 양단 (신시배수갑문, 가력배수갑문)의 빠른 해류 때문인 것으로 사료되며 고군산 열도 남부해역의 퇴적물이 모래질펄에서 모래질로 변한 침식현상 (MOMAF, 2003b)과 잘 일치하고 있다. 한편, 군장국가 산업

Table 1. Spatio-temporal distribution of dinoflagellate resting cysts in the sediment of the Saemangeum area in 2003; Asterisk (*): heterotrophic species

Species	Station	February								May							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Gonyaulacales																	
<i>Alexandrium tamarense/catenella</i>	-	71	3	4	7	66	90	41	438	185	7	63	171	613	40	237	
<i>Alexandrium</i> spp. (spherical)	-	239	28	24	73	228	211	91	49	50	18	16	250	168	96	110	
<i>Gonyaulax elongata</i>	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gonyaulax scrippsea</i>	8	111	14	4	37	44	108	44	8	32	11	-	46	108	53	47	
<i>Gonyaulax spinifera</i>	-	61	14	12	20	29	56	6	49	4	4	-	19	27	-	21	
<i>Gonyaulax spinifera</i> complex	-	-	-	4	3	-	-	19	-	-	4	-	5	-	-	-	
<i>Gonyaulax verior</i>	-	47	-	16	17	48	56	-	16	18	-	-	32	30	37	13	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	-	17	-	-	-	7	-	-	8	-	4	-	-	7	6	21	
<i>Protoceratium reticulatum</i>	-	74	31	4	-	22	39	6	8	11	-	4	74	7	31	13	
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	
<i>Pyrophacus steinii</i>	-	10	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	9	-	3	-	
Gymnodiniales																	
<i>Cochlodinium</i> sp.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gymnodinium catenatum</i>	-	13	3	-	-	4	4	-	-	7	-	-	5	7	-	-	
<i>Gymnodinium impudicum</i>	-	3	-	-	-	15	4	6	16	4	4	8	28	13	6	17	
<i>Pheopolykrikos hartmannii</i>	-	27	-	-	-	18	22	22	8	7	4	-	23	27	22	30	
<i>Polykrikos kofoidii/schwartzii</i> complex*	-	20	7	-	13	18	9	-	-	7	-	-	-	13	6	-	
Peridinales																	
<i>Diplopetta parva</i> *	-	24	-	-	13	29	17	25	20	7	7	-	69	7	3	34	
<i>Diplopsalis lenticula</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Protoperidinium americanum</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Protoperidinium claudicans</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Protoperidinium conicum</i> *	-	20	-	-	10	15	4	6	-	-	-	-	5	20	9	4	
<i>Protoperidinium leonis</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	
<i>Protoperidinium oblongum</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Protoperidinium pentagonum</i> *	-	7	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Protoperidinium</i> sp. (spherical, brown)*	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	7	-	-	3	
<i>Protoperidinium</i> spp.*	-	50	10	4	27	26	34	19	19	7	-	-	35	24	6	39	
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	12	57	10	-	13	40	30	22	32	21	4	-	9	24	9	34	
<i>Zygabikodinium lenticulatum</i> *	-	20	-	4	7	26	26	13	-	7	-	-	37	7	3	17	
Unidentified	4	20	3	-	3	11	4	6	-	-	-	-	-	-	12	4	
Heterotrophic species (%)	-	16	14	11	29	18	12	19	8	8	11	-	18	6	11	15	
Total		25	892	125	75	242	648	728	326	686	374	64	90	828	1,101	356	643

단지 (군산지구) 앞의 Stns 1, 2는 특이적으로 큰 폭의 변화량을 보이고 있어, 금강 희석수의 계절적 변동과 4공구 물막이 공사로 인해 저질의 재배치가 일어나고 있음을 추측할 수 있다.

전체 와편모조류 휴면포자 분포량은 전 정점에서 총 32종이 6-1,618 cysts·g⁻¹ 범위로 출현하였는데, 이러한 결과는 황해 외해에서 조사한 12종의 4,598-7,566 cysts·g⁻¹ (Cho and Matsuoka, 2001)보다 출현종 수는 다양하였지만 분포량은 최대 5배 정도 적었으며, 남해 외해에서 31종의 660-2,600 cysts·g⁻¹ (Cho et al., 2003)보다 분포량이 적었다. 남해 내만 해역과 비교했을 때, 보성만에서 19종의 184-672 cysts·g⁻¹ (Cho et al.,

2003)와는 출현종 수와 분포량이 2배 정도 많았지만, 광양만에서 25종의 115-2,188 cysts·g⁻¹ (Kim et al., 2003a)보다 분포량에서 약간 적었다.

해양 환경의 부영양화 진행과 관련이 있는 전체 출현종에 대한 다가영양성 종의 비율 (Matsuoka, 1999; Cho and Matsuoka, 2001; Dale, 2001; Matsuoka, 2001)은 휴면포자의 분포량이 가장 낮았던 Stns 3, 4를 제외한 전체에서 6-29%를 차지하였다. 이러한 결과는 본 조사 정점과 동일한 위도에 위치한 황해 외해 정점 (0.5%; Cho and Matsuoka, 2001)보다는 현저히 높지만, 남해 외해 (21-46%; Cho et al., 2003)보다는 2배 정도 낮았다. 남해 내만 해역과 비교했을 때, 가막만

Table 1. (continued)

Species	Station	August								November							
		1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
Gonyaulacales																	
<i>Alexandrium tamarense/catenella</i>	157	134	-	4	66	716	44	107	5	80	-	-	65	207	58	69	
<i>Alexandrium</i> spp. (spherical)	66	101	-	12	78	290	87	205	3	107	-	-	133	211	68	114	
<i>Gonyaulax elongata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
<i>Gonyaulax scrippsea</i>	22	60	4	12	27	121	32	67	-	27	4	-	60	130	55	34	
<i>Gonyaulax spinifera</i>	-	4	-	8	8	48	24	13	-	4	-	-	60	72	13	9	
<i>Gonyaulax spinifera</i> complex	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	4	22	10	9	
<i>Gonyaulax verior</i>	7	-	-	8	12	97	12	18	-	36	-	-	34	27	15	26	
<i>Lingulodinium polyedrum</i>	7	-	4	-	-	8	8	4	-	-	-	-	9	9	-	3	
<i>Protoceratium reticulatum</i>	33	78	-	-	4	48	32	31	-	31	-	3	43	45	23	14	
<i>Pyrodinium bahamense</i> var. <i>compressum</i>	7	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	4	9	5	-	
<i>Pyrophacus steinii</i>	4	-	-	-	8	12	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	
Gymnodiniales																	
<i>Cochlodinium</i> sp.	-	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	9	13	5	3	
<i>Gymnodinium catenatum</i>	4	-	-	-	-	4	-	13	-	27	-	3	4	31	48	9	
<i>Gymnodinium impudicum</i>	4	7	-	-	-	-	8	22	-	-	-	-	-	4	5	3	
<i>Pheopolykrikos hartmannii</i>	-	22	-	4	23	56	36	36	3	31	4	-	26	81	40	14	
<i>Polykrikos kofoidii/schwartzii</i> complex*	-	7	-	4	4	-	8	-	-	4	-	-	-	4	6	-	
Peridinales																	
<i>Diplopelta parva</i> *	17	78	-	4	27	36	20	9	-	27	-	-	22	58	28	17	
<i>Diplopsalis lenticula</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	9	4	8	3	
<i>Protoperidinium americanum</i> *	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	
<i>Protoperidinium claudicans</i> *	18	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	
<i>Protoperidinium conicum</i> *	-	4	-	-	-	76	20	36	-	9	-	-	4	67	20	14	
<i>Protoperidinium leonis</i> *	-	-	-	-	-	-	8	-	-	4	-	-	-	9	3	-	
<i>Protoperidinium oblongum</i> *	5	-	-	-	-	4	-	-	-	4	-	-	9	13	8	4	
<i>Protoperidinium pentagonum</i> *	-	-	-	-	-	4	4	4	-	-	-	-	-	4	3	3	
<i>Protoperidinium</i> sp. (spherical, brown)*	15	7	73	-	-	16	-	-	-	3	-	-	22	21	26	8	
<i>Protoperidinium</i> spp.*	17	15	-	-	8	36	12	9	-	15	-	-	38	24	17	6	
<i>Scrippsiella trochoidea</i>	22	41	-	4	-	28	28	45	-	13	-	-	17	45	5	20	
<i>Zygabikodinium lenticulatum</i> *	10	4	-	12	8	8	16	13	-	9	-	-	9	4	18	-	
Unidentified	-	7	-	4	12	-	4	9	-	4	-	-	-	4	-	6	
Heterotrophic species (%)	20	20	89	33	16	11	22	11	-	18	-	-	19	20	28	15	
Total	413	570	81	85	289	1,618	401	641	11	454	7	6	581	1,150	481	388	

(23-46%; Lee et al., 1999)과 대단위 공업시설이 있는 광양만 (0-3 cm, 30-54%; Kim et al., 2003b)에 비해 최대 2배 정도 낮았다. 본 조사 해역은 부영양화가 진행되었을 것이라고 예상되는 남해 내만 지역들에 비해 타가영양성 종의 비율이 낮지만, 지속적인 모니터링을 통해 해역내의 부영양화 진행과정을 관찰할 필요가 있다.

조사 해역에서 연중 우점하는 종들은 *A. tamarense/catenella*, *G. scrippsea*, *P. reticulatum*이었다. 이중 많은 종이 조류독을 생산한다고 알려진 *Alexandrium* 속에 속하는 종 (Balech, 1995; Landsberg, 2002)은 계절별로 각각 147, 314, 258, 140 cysts·g⁻¹로 분포하였고 전체의 46%를 차지하였다 (Fig. 3). 이 결과는 황해 외해, 남해 외해 및 남해 내만에서 *Gonyaulax* spp.가

우점하는 것과는 (Cho and Matsuoka, 2001; Cho et al., 2003; Kim et al., 2003a) 다른 경향을 나타냈다. 특히 마비성 패독을 생산하며 전 세계적으로 널리 분포하는 *A. tamarense/catenella*는 전체의 25% (Fig. 3)로 최우점 하였으며, yessotoxin (YTX) 과 그 유도체를 생산하는 *P. reticulatum* (Satake et al., 1999)이 전체의 5%를 차지하였다. 또한 *Gymnodinium catenatum*, *Lingulodinium polyedrum*, *Pyrodinium bahamense* var. *compressum*과 같은 유독 종들 (Landsberg, 2002)도 소량으로 분포 하였다. 이중 *P. bahamense* var. *compressum*은 태평양과 인도양의 아열대 지역에서 발견되는 온대성 종으로 국내에서는 본 조사에서 최초로 보고되었다. 이 종의 휴면포자는 가늘고 긴 원통형에 끝부분이 capitate형 돌기물을 가지고 있어 *P.*

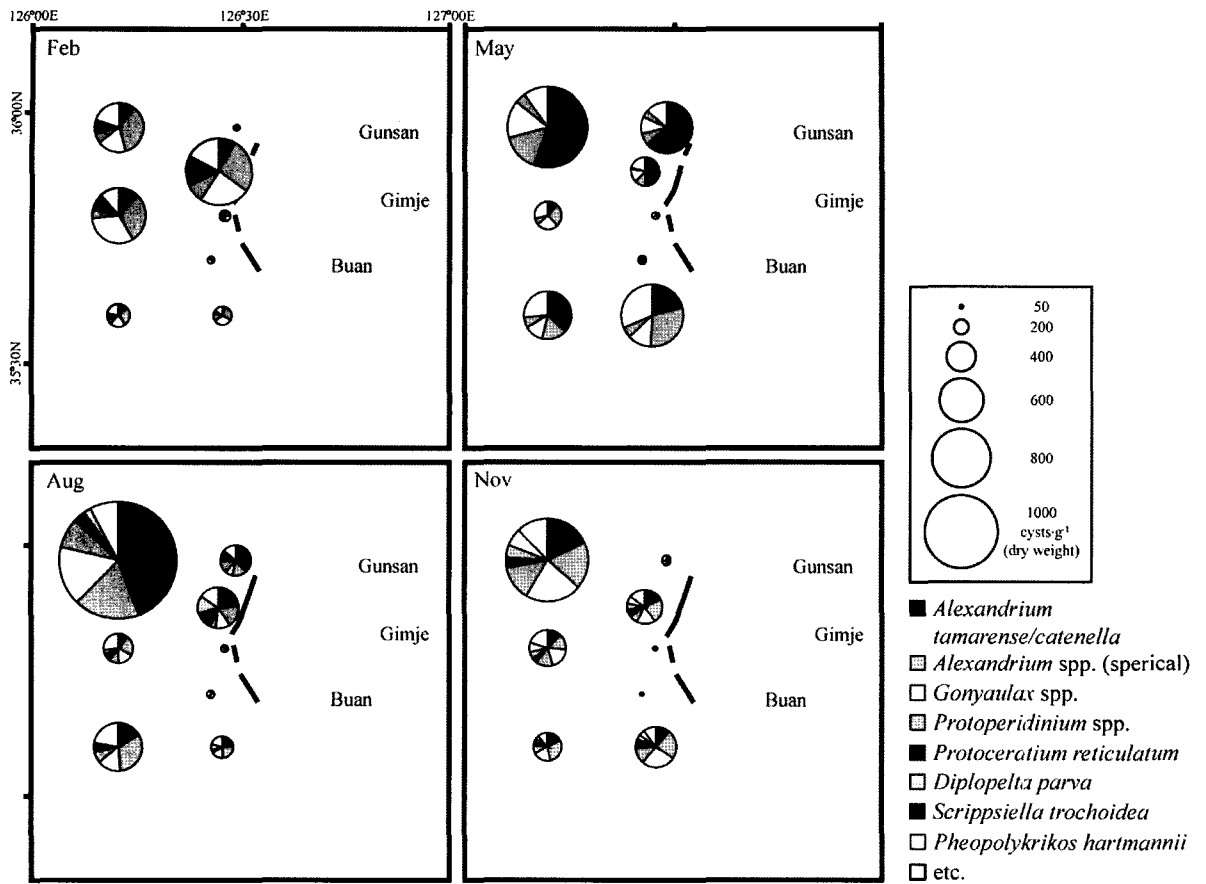


Fig. 2. Spatio-temporal distribution of dinoflagellate resting cysts in the sediment of the Saemangeum area in 2003.

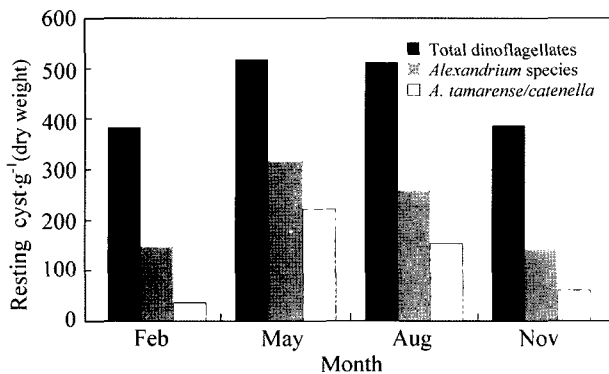


Fig. 3. Seasonal distribution of resting cysts of total dinoflagellates, *Alexandrium* species and *A. tamarense/catenella* in the sediment of the Saemangeum area in 2003.

*reticulatum*과 혼동될 수 있지만, 크기가 더 크고 돌기물이 휘어져 있어 *P. reticulatum*과 구분된다 (Matsuoka et al., 1989; Fukuyo et al., 1990; Steidinger and Tangen, 1997). 실제로 포자로부터 발아해 나온 영양세포는 상각과 하각의 높이가 거의 동일하여 깊은 횡구와 납작한 외부형상을 하고 있었을 뿐만 아니라 6-8 세포의 연쇄군체를 형성하여 전형적인 *P. baha-*

mense var. *compressum*의 형태를 보였다 (미발표 자료). *G. catenatum*의 휴면포자는 전체의 2% 미만 (11월 Stn 7에서 최대 48 cysts·g⁻¹)을 차지하였지만, 1988년 호주 Tasmania Esperance 항에서 이 종의 휴면포자가 1% (3 cysts·g⁻¹)임에도 불구하고 (Bolch and Hallegraeff, 1990) 그 해에 이 종에 의한 적조가 발생하여 양식 조개류 내 2,052 μg PSP·100 g⁻¹에 달하는 마비성 패독이 검출된바 있다 (Hallegraeff et al., 1995). 본 조사 해역에서도 분포량이 많은 *A. tamarense/catenella*, *P. reticulatum* 뿐만 아니라 분포량이 적은 *G. catenatum*, *L. polyedrum*과 같은 종들에 대해서도 지속적인 모니터링이 요구된다.

사 사

이 연구는 2003년 해양수산부 '새만금 해양환경보전대책을 위한 조사연구'의 지원에 의하여 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

참 고 문 헌

Anderson, D.M. and D. Wall. 1978. Potential importance

- of benthic cysts of *Gonyaulax tamarensis* and *G. excavata* in initiation toxic dinoflagellate blooms. *J. Phycol.*, 14, 224-234.
- Anderson, D.M. 1980. Effects of temperature conditioning on development and germination of *Gonyaulax tamarensis* (Dinophyceae) hypnozygotes. *J. Phycol.*, 16, 166-172.
- Anderson, D.M., Y. Fukuyo and K. Matsuoka. 2003. Cyst methodologies. In: Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraef, G.M., D.M. Anderson and A.D. Cembella, eds. Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, France, pp. 165-189.
- Balech, E. 1995. The Genus *Alexandrium* Halim (Dinoflagellata). Sherkin Island Marine Station, Sherkin Island, Co. Cork, Ireland. 151 pp.
- Bolch, C.J. and G.M. Hallegraef. 1990. Dinoflagellate cysts in Recent marine sediment from Tasmania, Australia. *Bot. Mar.*, 33, 173-192.
- Bolch, C.J.S. 1997. The use of sodium polytungstate for the separation and concentration of living dinoflagellate cysts from marine sediments. *Phycologia*, 36, 472-478.
- Cho, H.J. and K. Matsuoka. 2001. Distribution of dinoflagellate cysts in surface sediments from the Yellow Sea and East China Sea. *Mar. Micropaleontol.*, 42, 103-123.
- Cho, H.J., C.H. Kim, C.H. Moon and K. Matsuoka. 2003. Dinoflagellate cysts in Resent sediment from the southern coastal waters of Korea. *Bot. Mar.*, 46, 332-337.
- Dale, B. 2001. Marine dinoflagellate cysts as indicators of eutrophication and industrial pollution: A discussion. *Sci. Total Environ.*, 264, 235-240.
- Fukuyo, Y., H. Takano, M. Chihara and K. Matsuoka. 1990. Red Tide Organisms in Japan, An Illustrated Taxonomic Guide. Uchida Rokakuho, Tokyo, Japan, pp. 407.
- Hallegraef, G.M. 2003. Harmful algal blooms: a global overview. In: Manual on Harmful Marine Microalgae. Hallegraef, G.M., D.M. Anderson and A.D. Cembella, eds. Intergovernmental Oceanographic Commission, UNESCO, France, pp. 19-49.
- Hallegraef, G.M., M.A. McCausland and R.K. Brown. 1995. Early warning of toxic dinoflagellate blooms of *Gymnodinium catenatum* in southern Tasmanian waters. *J. Plankton Res.*, 17, 1163-1176.
- Kim, H.G., C.S. Jung, W.A. Lim, C.G. Lee, S.Y. Kim, S.H. Youn, Y.C. Cho and S.G. Lee. 2001. The spatio-temporal progress of *Cochlodinium polykrikoides* blooms in the coastal waters of Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 34, 691-696. (in Korean)
- Kim, S.Y., C.H. Moon and H.J. Cho. 2003a. Relationship between dinoflagellate cyst distribution in surface sediments and phytoplankton assemblages from Gwangyang Bay, a southern coastal area of Korea. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 8, 111-120. (in Korean)
- Kim, S.Y., C.H. Moon and H.J. Cho. 2003b. Vertical distribution of dinoflagellate cysts in sediments from Gwangyang Bay, Korea. *J. Kor. Fish. Soc.*, 36, 290-297. (in Korean)
- Landsberg, J.H. 2002. Effects of algal blooms on aquatic organisms. In: Reviews in Fisheries Science. Stickney, R.R. ed. CRC Press, Boca Raton, pp. 118-125.
- Lee, M.H., J.B. Lee, J.A. Lee and J.G. Park. 1999. Community structure of flagellates and dynamics of resting cysts in Kamak Bay, Korea. *Algae*, 14, 255-266. (in Korean)
- Matsuoka, K., Y. Fukuyo and C.L. Gonzales. 1989. A new discovery of cysts of *Pyrodinium bahamense* var. *compressum* from the Samar Sea, Philippines. In: Red Tides, Biology, Environmental Science and Toxicology. Okaich, T., Anderson, D.M. and Nemoto, T. eds. Elsevier Sci. Publ., New York. pp. 301-304.
- Matsuoka, K. 1999. Eutrophication process recorded in dinoflagellate cyst assemblages- a case of Yokohama Port, Tokyo Bay, Japan. *Sci. Total Environ.*, 231, 17-35.
- Matsuoka, K. and Y. Fukuyo. 2000. Technical Guide for Modern Dinoflagellate Cyst Study. WESTPAC-HAB, Asian Natural Environmental Science Center, Tokyo, pp. 29.
- Matsuoka, K. 2001. Further evidence for a marine dinoflagellate cyst as an indicator of eutrophication in Yokohama Port, Tokyo Bay, Japan. Comments on a discussion by B. Dale. *Sci. Total Environ.*, 264, 221-233.
- MAF (Ministry of Agriculture and Forestry). 1999. Studies on tidal land reclamation and creation of environment amenity. Ministry of Agriculture and Forestry, pp. 346-347. (in Korean)
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 2003a. Integrated preservation study in the oceanic environment in the Saemangeum area (1st year): hydrography and water movement. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, pp. 205. (in Korean)
- MOMAF (Ministry of Maritime Affairs and Fisheries). 2003b. Integrated preservation study in the oceanic environment in the Saemangeum area (1st year):

- marine geological processes from tidal flats to inner shelf. Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, pp. 76-124. (in Korean)
- Nehring, S. 1997. Dinoflagellate resting cysts from Recent German coastal sediments. *Bot. Mar.*, 40, 307-324.
- Satake, M., T. Ichimura, K. Sekiguchi, S. Yoshimatsu and Y. Oshima. 1999. Confirmation of yessotoxin and 45,46,47-trinoryessotoxin production by *Protoceratium reticulatum* collected in Japan. *Nat. Toxins* 7, 147-150.
- Steidinger, K.A. and K. Tangen. 1997. In: Identifying Marine Phytoplankton, Dinoflagellates. Tomas, C.R. ed. Academic Press, California, USA. pp. 387-590.
- Yamaguchi, M., S. Itakura, I. Imai and Y. Ishida. 1995. A rapid and precise technique for enumeration of resting cysts of *Alexandrium* spp. (Dinophyceae) in natural sediment. *Phycologia*, 34, 207-214.
- Yoo, Y.D., H.J. Jeong, J.H. Shim, J.Y. Park, K.J. Lee, W. Yih, H.K. Kweon, S.J. Pae and J.K. Park. 2002. Outbreak of Red Tides in the coastal waters off the Southern Saemankeum areas, Jeonbuk, Korea 1. Temporal and spatial variations in the phytoplankton community in the Summer-fall of 1999. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 7, 129-139. (in Korean)

2004년 4월 27일 접수
2004년 6월 26일 수리