

한국 연안해역의 착편모조 분포

김형신¹ · 정민민*

¹제주대학교 기초과학연구소, *국립수산과학원 제주수산연구소

Distribution of Haptophyte Algae in Coastal Waters of Korea

Hyeung-Sin, Kim¹ and Min-Min, Jung*

¹Research Institute for Basic Science, Jeju National University, Ara-1 Dong, Jeju-Si, Jeju-Do 690-756, Korea
*Jeju Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute (NFRDI), 785, Wimi-ri, Namwon-up, Namjeju-gun, Jeju-do 699-800, Korea

Haptophyte algae were collected at 67 sites in the East Sea, the Yellow Sea and the South Sea of Korea from October 2002 to April 2003. In the Yellow Sea, the seawater samples occasionally were collected in nearshore pools during low tide events. Haptophyte algae also were observed in samples from lagoons that contained some degree of salts from the East Sea. Haptophyte algae consisted of *Prymnesium* sp. cf. *parvum*, *Chrysochromulina* spp. and *Phaeocystis globosa*.

Keywords: Haptophyte algae, *Prymnesium*, *Chrysochromulina*, *Phaeocystis*

서 론

Haptophyte algae(이하 '착편모조'로 표기)는 해양의 나노플랑크톤의 주요 구성요소로서 약 80속 300여종이 알려져 있으며(Kawachi, 2000), 연안 및 외양역과 담수 또는 기수역에서도 서식하고 있다(Green and Leadbeater, 1994). 종의 세포크기가 대부분 20 µm 이하로 매우 작은 편이며, 단세포성으로 되어 있다(Hoek et al., 1995; Moestrup and Thomsen, 1995). 우리나라에서는 아직까지 착편모조류에 관한 활발한 연구가 이루어지지 않고 있으나 일본, 미국, 덴마크, 스웨덴, 노르웨이 등과 같은 여러 나라에서는 착편모조에 관한 분류, 적조발생, 독성 등과 관련된 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Edvardsen, 1993; Granéli et al., 1993; Meldahl et al., 1993; Green and Leadbeater, 1994). 이처럼 활발한 연구가 이루어지고 있는 이유는 착편모조의 일부 종이 적조 원인 생물로서, 적조에 따른 경제적 피해 규모가 매우 크기 때문이다(Meldahl et al., 1995; Sabour et al., 2000). 그러나, 우리나라에서는 착편모조에 의한 적조현상은 아직까지 보고된 바 없다. 그렇다고 해서 우리나라에서 착편모조에 의한 적조가 지금까지 발생한 적이 없다고 단정지어 말할 수는 없다고 여겨진다. 왜냐하면 진술한 바와 같이 착편모조의 대부분 종이 세포크기가 20 µm 이하로 매우 작은 편이어서 사실상 다양한 해양 플랑크톤성 생물들이 혼재해 있는 해수에서 착

편모조를 구별해내기란 매우 어렵기 때문이다.

본 연구는 우리나라의 동·서·남해의 각 연안을 대상으로 어떤 해역에 착편모조가 출현하는지, 그리고 어떠한 종류의 착편모조가 분포하고 있는지 알아보기 위하여 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구에서는 2002년 10월부터 2003년 4월까지 수 차례에 걸쳐 우리나라의 동·서·남해의 각 연안 해역에서 착편모조를 채집하였다(Tables 1, 2, 3). 채집 방법은 각 해역의 표층에서 채수법으로 실시하였으며, 시료는 고정하지 않은 상태로 실험실로 옮겨서 염분 농도를 측정하고 광학 현미경(NIKON E200, Japan)을 이용하여 시료내의 착편모조 유무를 검색하였다. 검색된 세포는 속 또는 종 단계까지 분류하였다(Green et al., 1989; Fukuyo et al., 1995; Hoek et al., 1995; Moestrup and Thomsen, 1995; Chihara and Murano, 1997; Thronsen, 1997).

결 과

본 연구 기간 동안 우리나라 동해안의 24개 정점, 서해안의 17개 정점 그리고 남해안의 55개 정점 등, 총 96개 정점 중 동해안의 8개 정점, 서해안의 10개 정점 그리고 남해안의 49개 정점 등 총 67개 정점에서 착편모조의 출현이 확인되었다(Tables 1, 2, 3). 동해안과 남해안의 경우와는 달리 서해안은 조수간만

Table 1. Haptophyte algae occurring in the East Sea (C; *Chrysochromulina* spp., P; *Pr. sp. cf. parvum*, Ph; *Ph. globosa*, -; non-existence, blank; no sampling)

Sampling sites	Sampling date		Salinity (ppt)
	2002. 11.	2003. 01.	
Hwajinpo lake, St. 1	C-P	C	15
Hwajinpo lake, St. 2	-	-	
Hwajinpo lake, St. 3	-	-	
Hwajinpo lake, St. 4	-	-	
Kyoam-ri		C	
Ingu-ri		-	
Gyongpo lake, St. 1	P	C	10
Gyongpo lake, St. 2	-	-	
Oeongchi harbor		C	
Gisamun harbor		C	
Samchuk beach		-	
Samchuk harbor		-	
Songziho lake	-	-	0
Aninjin inlet		-	
Daejin harbor		-	
Jumunjin		-	
Hyangho lake	-		0
Gwangpo lake	-		0
Bongpo lake	-		0
Pomea lake	-		0
Cheongchoho lake	-		26
Yeongdeok harbor		C	
Hupo		Ph	
Gampo		C-P	

의 차가 심해 채수가 매우 불리한 조건이었다. 썰물 때에는 넓은 빨 군데군데 만들어진 물웅덩이에서 채수를 하기도 했으며, 이렇게 채수한 경우에도 착편모조가 채집되는 경우가 있었다. 반면 동해안에서는 해안선을 따라 만들어진 석호에서도 채집하였으며, 일정 염분이 검출된 일부 석호에서는 착편모조가 확인되었다.

이번에 우리나라 주변 해역에서 채집된 착편모조는 크게 *Prymnesium* sp. cf. *parvum*, *Chrysochromulina* spp. 및 *Phaeocystis globosa*의 3속으로 확인되었다. *Pr. sp. cf. parvum*은 동해안의 강원도 화진포, 경포호, 경상북도 감포 연안에서, 서해안에서는 충청남도의 제부도 연안, 대천항, 조금 나룻터 인근 연안, 그리고 남해안에서는 경남 통영군의 사량도 도선장 인근 연안, 전라남도 여수시 돌산도의 굴전 연안 및 낙포 부두 연안 해역에서 출현하였다. *Chrysochromulina*속은 동·서·남해의 전 연안 해역에 고루 분포하였다. 그러나 상기 두 속과는 달리 *Ph. globosa*는 경상북도 울진군 후포 연안에서만 출현하여 특이하였다. 전체적으로 *Chrysochromulina*속은 약 4종 이상, *Prymnesium*속과 *Phaeocystis*속은 각각 1종이었다(Figs. 1, 2).

본 연구에서 출현한 *Pr. sp. cf. parvum*의 형태적 특징은 광학 현미경 관찰을 토대로 한 스케치(Fig. 2D)를 통해 알 수 있듯이, 비교적 짧은 착편모(haptonema)를 가지고 있었다. 착편모는 분류학적 측면에서 볼 때 독특한 부속물로서 편모와는 다른 부착기능을 갖는 것으로 알려져 있으며(Kawachi et al., 1991),

Table 2. Haptophyte algae occurring in the Yellow Sea (C; *Chrysochromulina* spp., P; *Pr. sp. cf. parvum*, -; non-existence, blank; no sampling)

Sampling sites	Sampling date		Salinity (ppt)
	2003. 02.		
Sihwa lake	-		0
Daebu-do	-		
Jeabu-do	C-P		
Wolmi-do	C		
Ganghwa-daegyo	C		
Dongmak	C		
Cheonsuman A District Embankment	C		
Manripo harbor	C		
Daechun harbor	C-P		
Sabkyo lake outside	C		
Gunsan harbor	C		
Zogum	C-P		
Sunpung lake	-		
Mankyonggang-estuary	-		0
Gomso	-		
Sabkyo lake inside	-		0
Dongil salt farm	-		

이 연구 과정 중 광학현미경을 이용한 관찰에서도 착편모를 이용하여 기질에 부착하는 습성을 보였으나, 자유유영 활동을 하기도 하였다. 부착 가능한 기질 즉, 현미경 관찰 시에는 슬라이드글라스 표면이나 해수 중 부유물 입자 등에 부착하여 편모는 움직이지만 유영은 하지 않는 경우를 종종 볼 수 있다(Fig. 3). Fig. 2D에서 보는 바와 같이 *Pr. sp. cf. parvum*은 세포길이(8-10 μm) 보다 다소 길고 길이가 비슷한 두 개의 편모(세포길이의 약 1.5배)와 한 개의 짧은 착편모(세포길이의 약 1/4)를 가진다. 두 개의 편모는 유영을 하는 경우 또는 어떠한 부착기질에 부착한 상태로 유영을 하지 않는 경우에도 활발하게 파상운동을 하는 반면, 착편모는 편모와는 달리 어떠한 움직임도 없이 곧게 뻗은 상태를 유지하고 있는 것을 관찰 할 수 있었다. 그리고 *Pr. sp. cf. parvum*은 간단한 영양 배지(f/2 배지)에서도 세포 밀도가 최고 7.3×10^6 cells/ml의 고밀도로 빠르게 증식함을 알 수 있었다(Fig. 4).

*Chrysochromulina*속의 종들은 전술한 바와 같이 *Pr. sp. cf. parvum*이나 *Ph. globosa*와는 달리 비교적 광범위한 연안 해역에서 서식하였고 그 종류도 다양하였다(Figs. 1, 2A, B, C, E). *Chrysochromulina*속의 종들은 2개의 길이가 비슷한 편모와 1개의 착편모를 가진다. 편모는 종에 따라 그 길이에서 다소 차이를 보이며, Fig. 1과 2에 나타난 바와 같이 *Pr. sp. cf. parvum*이 비교적 짧은 착편모를 가지는 것과는 달리 *Chrysochromulina*속은 착편모의 길이가 종에 따라 달라서 그 길이가 세포길이의 거의 10배 이상에 달하는 종도 있었다(Figs. 1, 2B, E). 한편 세포길이 만큼의 착편모를 가지는 경우(Figs. 1, 2C)와 세포길이의 약 4~5배정도 길이의 착편모를 가지는 경우(Figs. 1, 2A) 등, 착편모나 편모의 길이가 매우 다양함을 알 수 있었다. 또한 이처럼 다양한 착편모들 중 Fig. 1과 2의 B, E와 같이 매우 긴 착

Table 3. Haptophyte algae occurring in the South Sea (C; *Chrysochromulina* spp., P; *Pr. sp. cf. parvum*, -; non-existence, blank; no sampling)

Sampling sites	Sampling date			Salinity (ppt)
	2002. 10.	2003. 01.	2003. 04.	
Eulsukdo-estuary	C		-	
Yeong-do, Dongsamjungri			C	
Yeong-do-daegyo	C			
Dadaepo			C	
Downstream of Suyeongcheun	C		-	23
Geoje-do, Hongpo inlet		C		
Geoje-do, Top inlet		C	C	
Geoje-do, sungpo inlet		C	C	
Namhae-gun, Zizyok-daegyo		C	C	
Goheung-gun, Naenaro-do-daegyo			-	
Goheung-gun, Haechang bay		C		
Goseong-gun, sangzokam		C		
Snmchunpo, Changsun-do ferry			-	
Samchunpo, harbor	C			
Sacheon, Deukho		C		
Jnhae, Sokchun harbor		C		
Masan harbor		C	C	
Goseong-gun, Saryang-do ferry		C	C	
Tongyung, Saryang-do ferry		C	P	
Tongyung, passenger ship terminal	C			
Tongyung, Miruk-do			-	
Geoje-do, Susang			C	
Geoje-do, Jangmok			C	
Geoje-do, Wahyeun beach			C	
Jnhae, Yonggil beach			-	
Namhae-gun, Mizo		-	C	
Goseong-gun, Danhangpo		-	C	
Yosu-si, Soho	C			
Yosu-si, Najin		C		
Yosu-si, Imok		C		
Yosu-si, Dolsan-do Gulzeun		C:P	-	
Goheung-gun, Geogum-do		C		
Goheung-gun, Yeanaro-do ferry		C	C	
Yosu-si, Sunso			C	
Yosu-si, Hitdo		C	C	
Yosu-si, Gyakum		C		
Yosu-si, Gumsung-ri		C		
Yosu-si, Dolsan-do Pyongsa		C		
Yosu-si, Dolsan-do Gumbong inlet		C		
Yosusi, Mansungri beach		C		
Yosu-si, Gongjungri ferry		C	C	
Yosu-si, Yongju		C		
Yosu-si, Sumdalcheun		C	C	
Yosu-si, Nakpo harbor		P		
Goheung-gun, Namyang		C		
Goheung-gun, Sorok-do harbor		C		
Jin-do-daegyo		C		
Wan-do-daegyo		C	C	
Yosu-si, Bulga		C		
Jin-do, Seumang harbor		C		
Wan-do, passenger ship terminal		C		
Gwangyang bay		-		
Gangjin, Janggea-do			-	
Dolsan-do, Bangjukpo beach			C	
Wan-do, Jungdo-ri			C	

편모를 가지는 좋은 유영 도중 coiling 현상을 보이기도 한다 (Figs. 1, 2B).

이번 연구에서 관찰된 *Ph. globosa*의 세포들은 완벽한 구형

의 젤라틴질 군체(colony) 형태를 만들었고(Figs. 1, 2F), 하나의 군체 안에는 수 십개의 세포가 고르게 분포하였다.

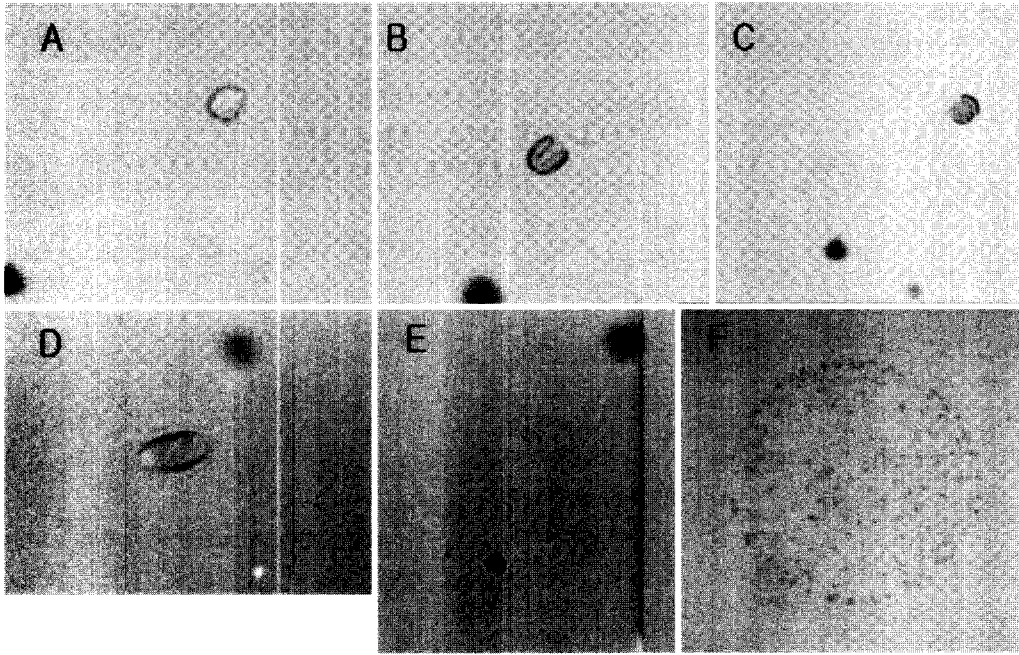


Fig. 1. Haptophyte algae from coastal waters of Korea (A, C and E; *Chrysochromulina* spp. with the haptonema extended, B; *Chrysochromulina* sp. with the haptonema tightly coiled, D; *Pr.* sp. cf. *parvum*, F; *Ph. globosa*).

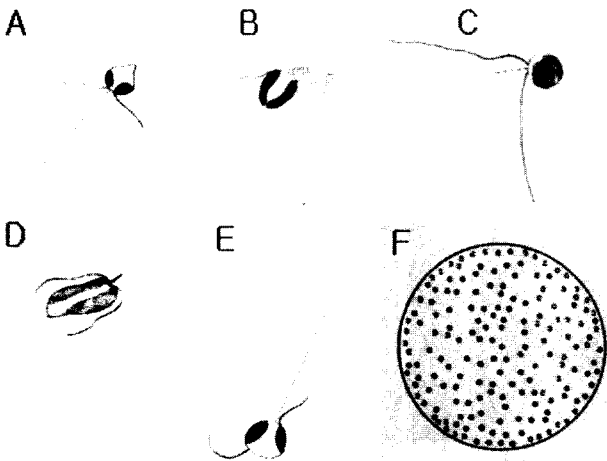


Fig. 2. Drawings of haptophyte algae of Figure 1.

고 찰

이번 연구에서 우리나라 동·서·남해의 약 67개 정점에서 착편모조의 출현이 확인되었다. 이 조사결과는 하나의 채집 정점을 대상으로 1~2회 정도의 채집을 실시한 결과이며, 이와 달리 채집 정점별 채집횟수를 늘리면 우리나라 연안 해역에 서식하고 있는 착편모조의 종류 및 계절적인 종 변화 양상, 서식 해역의 특성 등을 보다 구체적으로 파악할 수 있을 것으로 판단되며 이를 토대로 착편모조에 관한 중요한 생태학적 자료를 얻을 수 있으리라 생각된다.

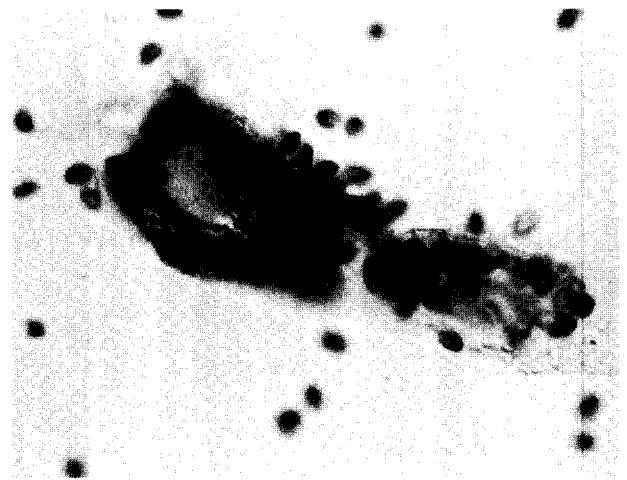


Fig. 3. *Pr.* sp. cf. *parvum* cells sticking to particles by the haptonema.

이번 조사에서 *Pr.* sp. cf. *parvum*, *Chrysochromulina* spp. 및 *Ph. globosa* 등의 착편모조가 우리나라 연안 해역에 서식하고 있음을 확인할 수 있었다. 동해안의 여러 정점을 조사하는 과정에서 강원도 일원의 석호 즉, 화진포 및 경포호에서는 *Pr.* sp. cf. *parvum* 및 *Chrysochromulina* spp.의 출현이 확인된 반면, 송지호, 향호, 광포호, 봉포, 포메호 및 청초호에서는 그 어떠한 착편모조도 출현하지 않았다. 이번 결과에서 알 수 있었던 것은 *Pr.* sp. cf. *parvum* 및 *Chrysochromulina* spp.의 출현이 확인된 화진포 및 경포호의 염분농도는 각각 15 ppt, 10 ppt로 낮았고, 이들 조류의 서식이 확인되지 않은 다른 석호들은 청초호(26 ppt)를 제외하고는 모두 완전 담수화된 상태였다는 사실이다. 서해안에서도 시화호 및 삼교호 안쪽의 담수화된 수역에

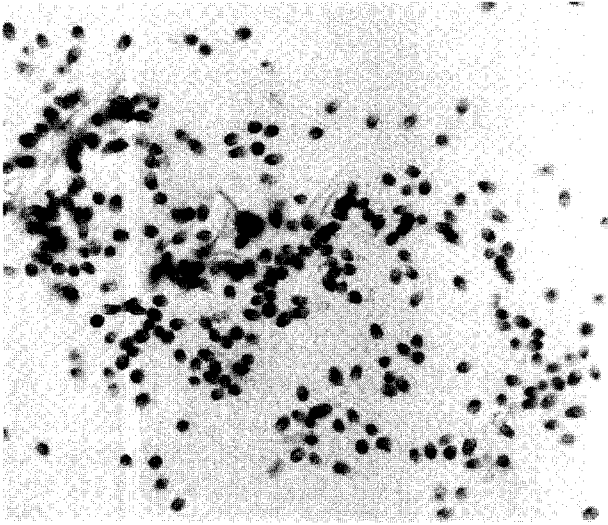


Fig. 4. High density cells of *Pr. sp. cf. parvum* in the laboratory culture.

서 착편모조의 출현을 확인할 수 없었다. 이러한 조사 결과로 미루어 볼 때, 착편모조는 일정 농도의 염분을 필요로 하는 것으로 추정되었다. 앞으로 담수역을 대상으로 한 착편모조의 서식 여부의 지속적인 조사와 실험실내에서의 배양 실험을 통해 염분 농도와 착편모조의 생존 능력과의 관계를 밝힐 수 있을 것으로 판단된다.

그리고 *Pr. sp. cf. parvum*은 실험실 내에서 간단한 영양 배지를 이용하여 최고 7.3×10^6 cells/ml의 고밀도로 빠르게 증식하였다(Fig. 4. 미발표 자료). 실험실 내에서의 배양을 통해 착편모조의 생리학적 또는 독성학적 측면의 연구는 물론 최근에 활발하게 연구되고 있는 미세 조류의 세포질로부터 유용 물질을 추출하기 위한 다양한 연구에도 이용 가능할 것으로 판단된다.

전술한 바와 같이 *Chrysochromulina*속은 착편모나 편모의 길이가 매우 다양함을 알 수 있었다. Parke et al. (1959)의 보고에 의하면 *C. strobilus*의 경우는 세포 길이는 약 $8 \mu\text{m}$ 인데 반해 착편모의 길이는 $100 \mu\text{m}$ 이상 달한다고 한다. 이처럼 긴 착편모는 유영 도중 coiling 현상을 보이기도 한다(Figs. 1, 2B). 즉, *Chrysochromulina*의 경우는 *Pr. sp. cf. parvum*과는 달리 기질에 부착하기보다는 주로 유영활동을 하는데, 유영 도중 장애물 등에 부딪혔을 경우 갑자기 정지하며 동시에 착편모를 코일처럼 감고 잠시 멈추어 있다가 다시 길게 펴고는 유영을 다시 시작한다. 물론 이와 같은 coiling 현상이 일어날 때 잠시 동안 착편모의 끝을 기질(현미경 관찰시 슬라이드 글라스)에 부착하는 것을 관찰할 수 있었다. 또한 혼합영양종(mixotrophic species)인 *C. hirta*는 먹이 입자를 잡아채는 중요한 역할을 착편모가 맡는다고 보고하였다(Kawachi et al., 1991).

*Phaeocystis*속의 종들은 단일 세포의 형태와 수 십개의 세포가 젤라틴질로 둘러싸이는 군체의 형태로 세대 교번하는 것으로 알려졌다(Lancelot and Rousseau, 1994). 이번 연구에서는 단일세포는 관찰할 수 없었고 단지 젤라틴질로 둘러싸인 군체

의 형태만이 관찰되었다.

지금까지의 연구에 의하면 착편모조인 *Prymnesium*, *Chrysochromulina* 및 *Phaeocystis*의 몇몇 종은 독성을 포함하고 있는 것으로 알려져 있으며(UNESCO, 2003), 또한 이들 착편모조가 원인종이 되어 발생하는 대발생으로 인한 경제적 손실은 물론 환경적 측면에서의 오염 등은 다양한 사회적 문제를 초래하는 것으로 알려져 있다(Moestrup, 1994). 즉, 독성을 가지고 있는 몇몇 종들은 어류 또는 이매패류 등 다양한 수서생물에 대해 죽음에까지 이르게 되는 치명적인 영향을 미친다(Walne, 1970; Green and Leadbeater, 1994; Wikfors et al., 2000). 또한 *Phaeocystis*가 원인이 되어 발생하는 대발생은 해당 해역의 어패류에 대한 피해는 물론 그 외에 그물 등에 달라붙어 악취의 원인이 되기도 하며, 해수 표면에 거품을 일으켜 미관상 좋지 않은 결과를 초래하고, 더욱이 DMS (dimethylsulfide)를 생성하여 간접적으로는 산성비의 원인이 되기도 한다(Moestrup, 1994). DMS를 생성하는 종으로는 *Phaeocystis* 이외에도 *Emiliania huxleyi*, *Pr. parvum* 등이 알려져 있다. 이번 연구기간 동안에 채집된 착편모조 역시 전술한 바와 같은 독성을 가지는 종들과 동일한 속이며, 특히 여수 및 통영 연안 등, 매년 상습 적조 발생으로 잘 알려진 남해의 여러 연안 해역에서 그 서식이 확인되었다.

결 론

착편모조는 해양의 나노플랑크톤의 주요 구성요소이며, 그 일부 종은 적조 원인 생물로서, 이들 조류가 원인이 되어 발생하는 적조현상으로 인한 경제적 피해 규모가 매우 큰 것으로 알려져 있다. 이러한 이유로 이미 일본, 미국, 스웨덴, 노르웨이 등과 같은 여러 나라에서는 착편모조에 관한 분류, 적조발생, 독성 등과 관련된 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

이번 연구에서 우리나라 연안 해역에서도 수종의 착편모조의 서식을 확인할 수 있었다. 이들 종들은 여러 다른 나라에서 이미 수서생물에 치명적인 독성을 가지며, 대발생의 원인이 되는 등 다양한 문제의 원인 종으로서 주목받고 있는 종들과 동일 속에 속함을 알 수 있었다. 따라서 앞으로 지속적인 채집과 전자현미경적 관찰을 통해 우리나라 연안 해역에 서식하는 착편모조의 정확한 종 분류와 모니터링이 필요한 것으로 판단된다. 또한 이 보고서를 시작으로 좀더 많은 연구자들이 착편모조에 대해 관심을 가질 수 있게 되기를 바라며, 더 나아가 앞으로의 연구를 위한 기초자료로서 이용되어질 수 있게 되기를 바란다.

사 사

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원(KRF-2002-075-C00021)에 의하여 연구되었으며, 이 자리를 빌어 깊은 감사사를 전합니다.

요 약

2002년 10월부터 2003년 4월까지 우리나라 동·서·남해의 96개 정점을 대상으로 착편모조를 채집한 결과 총 67개 정점에서 착편모조가 채집되었다. 서해안은 조수간만의 차가 심해서 썰물인 때에는 빨 군데군데에 만들어진 불웅덩이에서 채수를 하기도 하였다. 그리고 동해안을 따라 만들어진 석호에서도 채수를 하였으며, 일정 염분이 검출된 석호에서는 착편모조의 출현을 확인할 수 있었다. 즉, 이번 연구에서 *Prymnesium* sp. cf. *parvum*, *Chrysochromulina* spp. 및 *Phaeocystis globosa*의 3속의 착편모조가 우리나라 연안 해역에 서식하고 있음을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- Chihara, M. and M. Murano, 1997. An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan. Toukai Univ. 1630 pp. (in Japanese)
- Edvardsen, B., 1993. Toxicity of *Chrysochromulina* species (Prymnesiophyceae) to the Brine Shrimp, *Artemia salina*. (in) Toxic Phytoplankton Blooms in the sea, (eds) T. J. Smayda and Y. Shimizu, Elsevier, pp. 681–686.
- Fukuyo, Y., H. Takano, M. Chihara and K. Matsuoka, 1995. Red Tide Organisms in Japan. Uchida Rokakuho. 407 pp. (in Japanese)
- Granéli, E., E. Paasche and S. Y. Maestrini, 1993. Three years after the *Chrysochromulina polylepis* bloom in Scandinavian waters in 1988: some conclusions of recent research and monitoring. (in) Toxic Phytoplankton Blooms in the sea, (eds) T. J. Smayda and Y. Shimizu, Elsevier, pp. 23–32.
- Green, J. C., K. P. Nielsen and P. Westbroek, 1989. Phylum Prymnesiophyta. (in) Handbook of Protoctista, (eds) L. Margulis, J. O. Corliss, M. Melkonian, D. J. Champman and H. I. McKhann, Jones and Bartlett Publishers, BOSTON, pp. 293–317.
- Green, J. C. and B. S. C. Leadbeater, 1994. The Haptophyte Algae. Systematics Association Special Volume No. 51. Clarendon Press, Oxford, 446 pp.
- Hoek, C., D. G. Mann and H. M. Jahn, 1995. Algae. Cambridge University Press, 640 pp.
- Kawachi, M., 2000. Haptophyte Algae. Monthly Kaiyou, **21**: 51–56 (in Japanese).
- Kawachi, M., I. Inouye, O. Maeda and M. Chihara, 1991. The haptonema as a food-capturing device: observations on *Chrysochromulina hirta* (Prymnesiophyceae). Phycologia, **30**: 563–573.
- Lancelot C. and V. Rousseau, 1994. Ecology of *Phaeocystis*: the key role of colony forms. (in) The Haptophyte Algae, (eds) J. C. Green and B. S. C. Leadbeater, The Systematics Association, pp. 229–245.
- Meldahl, A. S., B. Edverson and F. Fonnum, 1993. The effect of *Prymnesium*-toxin on neurotransmitter transport mechanism: The development of a sensitive test method. (in) Toxic Phytoplankton Blooms in the sea, (eds) T. J. Smayda and Y. Shimizu, Elsevier, pp. 895–900.
- Meldahl, A. S., J. Kvernstuen, G. J. Grاسبakken, B. Edvardsen and F. Fonnum, 1995. Toxic activity of *Prymnesium* spp. and *Chrysochromulina* spp. tested by different test methods. (in) Harmful Marine Algal Blooms. Proceedings of the Sixth International conference on Toxic Marine Phytoplankton, (eds) P. Lassus, G. Arzul, E. Erard, P. Gentien and C. Marcaillou, pp. 315–320.
- Moestrup, Ø., 1994. Economic aspects: 'blooms', nuisance species, and toxins. (in) The Haptophyte Algae, (eds) J. C. Green and B. S. C. Leadbeater, The Systematics Association, pp. 265–285.
- Moestrup, Ø. and H. A. Thomsen, 1995. Taxonomy of toxic haptophytes (Prymnesiophytes). (in) Manual on Harmful Marine Microalgae, (eds) G. M. Hallegraeff, D. M. Anderson and A. D. Cembella, UNESCO, pp. 319–338.
- Parke, M., I. Manton and B. Clarke, 1959. Studies on marine flagellates. V. Morphology and microanatomy of *Chrysochromulina strobilus* sp. nov. J. Mar. Biol. Ass. U. K., **38**: 169–188.
- Sabour B., M. Laudiki, B. Oudra, S. Oubraim, B. Fawzi, S. Fadlaoui, M. Chlaida and V. Vasconcelos, 2000. Blooms of *Prymnesium parvum* associated with fish mortalities in a hypereutrophic brackish lake in Morocco. Harmful Algae News, The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO, **21**: 8–9.
- Throdsen, J., 1997. The planktonic marine flagellates. (in) Identifying Marine Phytoplankton, (ed.) C. K. Tomas, ACADEMIC PRESS, pp. 591–730.
- UNESCO. 2003. IOC Taxonomic Reference List of Toxic Plankton Algae, IOC, UNESCO, pp. 49.
- Walne, P. R., 1970. Studies on the food value of nineteen genera of algae to juvenile bivalves of the genera *Ostrea*, *Crassostrea*, *Mercenaria* and *Mytilus*. Fishery Investigations, London, **26**: 1–62.
- Wikfors, G. H., J. H. Alix, S. E. Shumway, S. Barcia, J. Cullum and R. M. Smolowitz, 2000. Experimental exposures of bay scallops to cultures of suspected harmful microalgae. J. Shellfish Res., **19**(1): 639.

원고접수 : 2004년 2월 24일

수정본 수리 : 2004년 4월 22일

책임편집위원 : 이정열