

## 제주도 남부해역의 부유성 섬모충류의 종 구성과 계절 변동

김요혜 · 이준백\*  
제주대학교 해양학과

### Seasonal Variations and Species Composition of Planktonic Ciliates in the Southern Coastal Waters of Jeju Island, Korea

YO-HAE KIM AND JOON-BAEK LEE\*

Department of Oceanography, Cheju National University, Jeju 690-756 Korea

제주도 남부해역의 미세생물 먹이망 구조에 관한 연구의 일환으로써 부유성 유충섬모충(tintinnids)과 빈섬모충(aloricate oligotrichs)의 종 구성과 생물량의 계절 변화 특성에 대하여 중문주변해역의 6개 정점에서 1998년 7월부터 2000년 6월까지 매월 조사를 실시하였다. 조사기간 동안 출현한 유충섬모충은 총 39종으로 세포수 범위는 100 ~ 5,400 cells · l<sup>-1</sup> (평균 314 cells · l<sup>-1</sup>) 이었고 가을철과 겨울철에는 외양성 종류가 주로 우점하였으며 봄철과 여름철은 외양성 보다 연안성 종류가 우세하였다. 빈섬모충은 총 15종이 동정되었고 세포수 범위는 140 ~ 21,000 cells · l<sup>-1</sup> (평균 2,356 cells · l<sup>-1</sup>)로써 *Strombidium*속의 종들이 전 계절에 걸쳐 우점하였다. 계절에 따른 종 다양성과 생물량 변화는 유충섬모충의 경우 차이가 컸지만 빈섬모충은 큰 차이가 없었다. 유충섬모충의 계절별 수괴지표 특성은 연구해역의 해양환경변화에 따라 영향을 받고 있었으나 빈섬모충은 특이한 수괴지표 특성을 보이지 않았다. 해역별로 보면 외해역 보다는 해안역에서 세포수가 높았고 종 다양성도 높았다. 섬모충의 총 탄소량의 범위는 0.01 ~ 136.06 µgC · l<sup>-1</sup> (평균 5.01 µgC · l<sup>-1</sup>)로 탄소량과 세포수의 월별 변동이 반드시 일치하지는 않았다. 유충섬모충과 빈섬모충의 수심별 세포수 분포는 모두 20 m 층에서 가장 높았고 수직분포의 경향도 비슷하였으며, 엽록소 *a* 량의 수직분포와도 일치하고 있어 식물플랑크톤과 섬모충은 피식과 포식의 상관성을 보이고 있었다.

As part of study on the microbial food web in the southern Jeju Island of Korea, planktonic tintinnids and aloricate oligotrichs were investigated from July 1998 to June 2000 to understand seasonal variation and water mass indication with environmental factors. 39 species of tintinnids were identified representing 1 order, 11 families, 20 genera. Tintinnid abundance ranged from 100 to 5,400 cells · l<sup>-1</sup> (mean 314 cells · l<sup>-1</sup>), and oceanic species were mainly dominant in fall and winter season, while neritic species were a little predominant in spring and summer season. 15 species of aloricate oligotrichs were identified representing 1 order, 5 families, 7 genera, and many belonged to genus *Strombidium* which was most abundant and most frequently occurred in many months. Abundance of aloricate oligotrichs ranged from 140 to 21,000 cells · l<sup>-1</sup> (mean 2,356 cells · l<sup>-1</sup>). Species diversity and standing crops of tintinnids were quite different according to seasons, but few seasonal variations were detected in aloricate oligotrichs. In terms of water mass indication tintinnids represented obvious characteristics which were affected by marine environmental factors, but aloricate oligotrichs had no such apparent indication as tintinnids. Ciliates were more abundant and more diverse in inshore than in offshore station. Total carbon biomass of ciliates ranged from 0.01 to 136.06 µgC · l<sup>-1</sup> (mean 5.01 µgC · l<sup>-1</sup>). The carbon biomass, however, did not coincided with seasonal variations of abundance. Vertical profiles of mean abundance of both tintinnids and aloricate oligotrichs were similar, and had same trend as those of mean chlorophyll *a* concentration. It suggests that phytoplankton and ciliates reflected the prey-predator relationship in the study area.

**Key words:** Planktonic ciliates, Tintinnids, Oligotrichs, Seasonal variation

\*Corresponding author: jblee@cheju.ac.kr

## 서 론

해양생태계의 먹이망은 매우 다양한 생물종류에 의해 복잡하게 구성되어 있으며, 기존에는 식물플랑크톤-동물플랑크톤-어류라는 단순한 먹이사슬만을 생각하였으나 최근에 미세생물간의 고리(microbial loop)가 새롭게 부각되어 더 복잡한 구조로 되어있음이 밝혀졌다(Pomeroy, 1974). 부유성 섬모충류는 영양방식이 주로 종속 영양성이지만 때로는 혼합 영양성을 보이는 원생생물로서 편모류나 돌말류 등을 주로 포식하고(Heinbokel and Beers, 1979; Stoecker *et al.*, 1981, 1983, 1984), 요각류나 치어 등에 포식되는 등 해양 먹이 순환의 에너지 전달자로서 역할을 하고 있다(Takahashi and Hoskins, 1978; Gast, 1985). 먹이원으로써 이들의 중요성은 1) 요각류 *Acartia* 암컷의 경우 식물플랑크톤을 섭식했을 때 보다 섬모충류를 섭식 했을 때 난 생산이 25%이상 증가하고(Stoecker and Egloff, 1987), 2) 빗해파리의 유생시기에 이들을 섭식했을 때 가 다른 먹이원을 섭식했을 때 보다 초기 생존률이 높았으며(Stoecker *et al.*, 1987), 3) 넙치류 유생과 젤라틴성 동물플랑크톤의 섭이 실험에서 먹이의 크기가 비슷하다면 식물플랑크톤을 먹지 않고 원생동물만을 섭식한다(Blaxter *et al.*, 1983; Stoecker *et al.*, 1984)는 결과에서 잘 알 수 있다.

해양의 부유성 섬모충은 흔히 키틴질(chitin-like substance)의 껍데기(lorica, 종피 또는 피갑)를 갖는 유충섬모충(loricate ciliates = tintinnids)과 체세포만으로 이루어진 빈섬모충(aloric oligotrichs)으로 구분된다. 특히 유충섬모충은 수온과 밀접한 관계가 있어 수괴표층으로써 수괴분석과 해류분석에도 이용되고 있다(Hada, 1957; Kato and Taniguchi, 1993). 그러나 이와 같이 해양생태계에서 중요한 역할을 하는 섬모충류의 연구는 유충섬모충의 분류학적 연구(Yoo *et al.*, 1988; Yoo and Kim, 1990)와 생태학적 연구(Jeong, 1988) 이후 지금까지 우리나라 해역에서 미비한 실정이다. 특히 빈섬모충의 연구는 최근에 경기만에서 생태학적 연구(Lee and Choi, 2000)가 이루어졌을 뿐인데, 그 이유는 이들의 체세포 크기가 작고 매우 연약하여 고정과 염색을 할 때 세포가 터지거나 심한 수축으로 인해 종의 계수와 동정이 어려웠기 때문이었다. 그러나 본 연구에서 이용한 QPS 염색법(Montagnes and Lynn,

1993)은 이러한 단점을 극복하는 효과적인 방법으로 알려져 있다.

제주도 남부해역은 동중국해와 연이어 있고 쿠로시오의 지류인 대마난류와 양자강 유입수의 영향을 받고 있어 계절적으로 해양학적 특성이 다르게 나타난다(방 등, 2001). 지금까지 이 해역의 플랑크톤연구는 소형(micro;  $20\ \mu\text{m}$ ) 이상 크기를 주요 대상으로 생태적인 연구가 대부분이며, 최근에 극미소(pico:  $0.2\sim 2\ \mu\text{m}$ )와 미소(nano:  $2\sim 20\ \mu\text{m}$ ) 플랑크톤에 대한 연구가 이루어졌다(신과 이, 2002). 본 연구는 연구해역의 미세생물 먹이망 구조를 밝히기 위한 연구의 일환으로써 저차 영양단계의 에너지 순환에서 중요한 역할을 하는 부유성 유충섬모충과 빈섬모충의 계절적인 변화와 종 조성의 생태학 변화특성을 파악하고자 하였다.

## 재료 및 방법

조사는 제주도 남부 중문주변의 해안역(inshore)에 3개(정점 1, 2, 3)와 외해역(offshore)에 3개(정점 4, 5, 6) 등 총 6개의 정점을 선정하여 1998년 7월부터 2000년 6월까지 2년간 매월 조사를 실시하였다(Fig. 1). 시료의 채집은 Niskin 채수기를 이용하여 해안역은 표층과 10 m층에서, 외해역은 표층, 10 m, 20 m, 30 m, 50 m, 75 m층에서 각각의 수심별로 100 ml 씩을 채수 한 후 Bouin용액으로 현장에서 고정시킨 후 실험실로 운반하여 Quantitative Protargol Stain 방법(일명 QPS법 또는 정량 한천포매도염색법: Montagnes and Lynn, 1993)에 의해 영구표본을 제작하였고 섬모충류의 계수와 동정은 광학현미경(Zeiss, Axioplan II)의 고배율( $\times 400\sim 1000$ )로 실시하였다.

유충섬모충의 동정은 Kofoid and Campbell(1929, 1939), Campbell(1942), Hada(1932a, b, c, 1935, 1937, 1938), Balech(1948, 1968), Taniguchi(1997) 그리고 Alder(1999)의 종 기재를 참고하였으며, 빈섬모충의 동정은 Maeda and Carey(1985), Maeda(1986) 그리고 Montagnes and Lynn(1991)의 종 기재를 참조하였다. 유충섬모충의 수괴지표 특성은 Hada(1932a, b, c, 1937, 1938)와 Balech(1948, 1968)의 문헌을 참조하였다.

세포수를 근거로 탄소 생물량(이하 탄소량)을 측정하였으며, 도식화한 세포 형태를 기준으로 측정된 각 세포의 길이와 폭에 의

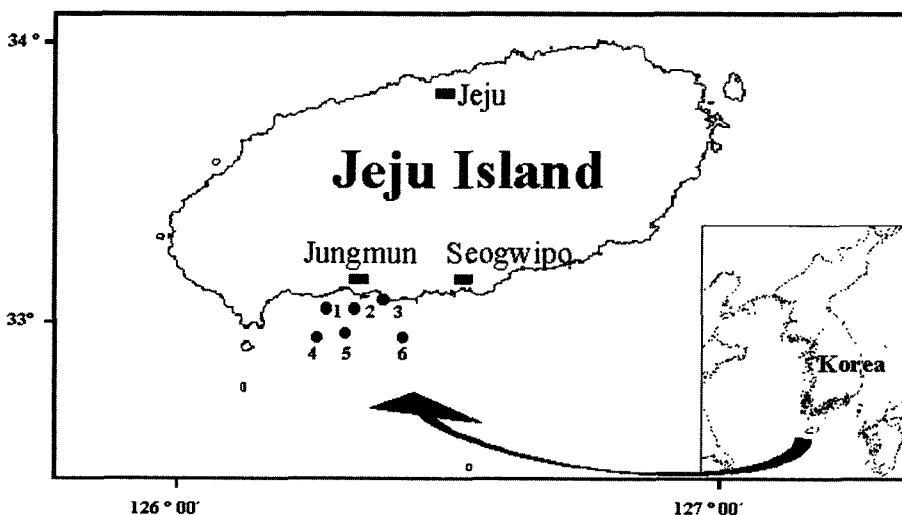


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the study area.

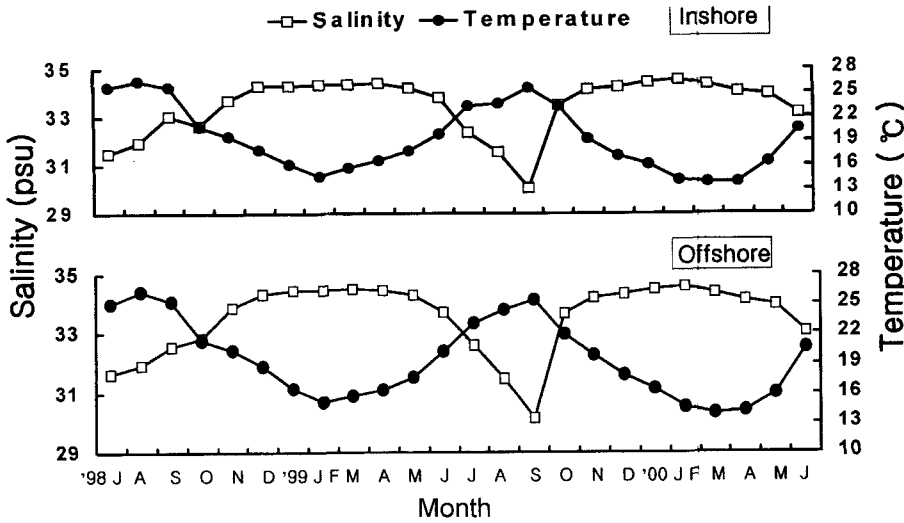


Fig. 2. Monthly variations of water temperature and salinity in the study area from August 1998 to June 2000.

해 체적(volume)을 구한 후, Putt and Stoecker(1989)의 carbon factor인  $0.19 \text{ pgC} \cdot \mu\text{m}^{-3}$ 를 이용하여 탄소량을 산출하였다. 또 식물플랑크톤의 엽록소 *a* 량 ( $\mu\text{gChl-}a \cdot \text{l}^{-1}$ )은 Parsons *et al.*(1984)의 방법에 따라 측정하였으며, 해양환경요인으로 수온과 염분은 CTD(SEB 19-03)를 이용하여 측정하였다.

### 결 과

#### 해양환경

조사기간 중 표층과 10 m층의 수온 범위는 해안역에서 13.7~27.1°C(평균 19.3°C)으로 2000년 3월 정점 2에서 가장 낮았고, 1998년 7월 정점 3에서 가장 높았다(Fig. 2). 외해역의 수온 범위는 13.9~27.3°C(평균 19.1°C)으로 2000년 3월 정점 5에서 가장 낮았고, 1998년 8월 정점 6에서 가장 높았으며 해안역과 외해역의 차이는 평균 0.2°C 정도로 미약하였다. 표층과 10 m층의 염분 범위는 해안역에서 29.6~35.6 psu (평균 33.5 psu)으로 1999년 9월 정점 1에서 가장 낮았고, 2000년 2월 정점 1에서 가장 높았다(Fig. 2). 외해역은 29.4~34.6 psu (평균 33.4 psu)의 범위로 1999년 9월 정점 6에서 가장 낮았고, 2000년 2월 정점 5에서 가장 높았다. 계절별로 보면 겨울철에 평균 34.2 psu인데 반해 여름철에는 평균 30.1 psu로 차이가 많았다.

#### 유충섬모충의 종조성과 동태

유충섬모충의 출현종은 총 39종으로 1목, 11과, 20속이었다(Table 1). 이 중 15개월 이상 출현하여 높은 출현빈도를 보인 종은 *Salpingella laminata*와 *S. subconica* 이었으며 1999년 춘계를 제외하고 거의 모든 계절에 출현하였다. 또한 8개월 이상의 출현 빈도를 보인 종으로는 *Amphorides quadrilineata* 그리고 미동정종인 *Tintinnopsis sp.*와 *Salpingella sp.* 등 3종이었고, 그 외 종들은 7개월 이하의 출현 빈도를 보였다(Table 1). 월별 출현종수는 1999년 10월에 31종으로 가장 많았으며 1999년 3월과 2000년 3월에 1종으로 가장 적었으나 1999년 2월에는 한 종도 출현하지 않았다. 계절별 출현종수의 변화를 보면 봄철(3~5월)에 1~12종이었으나

여름철(6~8월)로 가면서 5~23종으로 증가하다가 가을철(9~11월)에는 6~31종으로 가장 많았고, 다시 겨울철(12~2월)에 들자 4~12종으로 감소하는 경향을 보였다. 참고 문헌을 근거로 출현종의 수피지표 특성을 구분해 보면 외양종이 37종(66%), 연안종이 19종(34%)이었다(Table 1). 외양종과 연안종의 계절적 출현빈도율 변화는 겨울철에 연안종이 24%, 외양종이 76%으로 외양종의 우세한데 비해 봄철부터는 연안종이 40%, 외양종이 60%로 연안종이 증가하고 있었다(Fig. 3).

조사기간중 유충섬모충의 세포수 범위는  $100 \sim 5,400 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$  (평균  $314 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ ) 으로서 1999년 10월 정점 3에서 가장 높았다(Fig. 4). 정점별 연평균은 정점 1이  $407 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ , 정점 2가  $184 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ , 정점 3은  $301 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ , 정점 4는  $255 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ , 정점 5는  $287 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ , 정점 6은  $347 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 정점 1이 가장 높고 정점 2가 가장 낮아 같은 해안역의 정점간 편차가 크게 나타났다. 그러나 해안역의 연평균은  $297 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ , 외해역의 연평균은  $292 \text{ cells} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 해안과 외해의 해역간 차이는 거의 없었다.

유충섬모충의 우점종은 월별 세포수의 점유율에서 20%이상 차지하는 종을 기준으로 선정하였다. 이 중 *Salpingella laminata*는 8달에 걸쳐 우점하여 가장 우점빈도가 높았다(Fig. 5). 월별 우점종의 동태를 보면 연안성의 *Favella taraikaenis*, *F. ehrenbergii*, *Tintinnopsis parvula*, *Stenosemella nivalis* 등이 2월부터 5월까지 우점하였고 역시 연안성인 *Codonellopsis orthoceras*, *Eutintinnus fraknoii*, *E. tubulosus*, *E. turgescens* 등은 7월부터 10월까지 우점하고 있었다. 반면 외양성인 *Amphorides quadrilineata*, *Dadayiella ganemedes*, *Salpingella laminata*, *S. subconica* 등은 전 계절에 걸쳐 1~2종씩 고르게 우점하였다.

#### 빈섬모충의 종조성과 동태

빈섬모충의 출현종수는 총 15종으로 1목, 5과, 7속이었으며(Table 2), *Strombidium*속이 6종으로 가장 많은 종수를 차지하였다. 이 중 미동정된 *Strombidium sp.*가 20개월 이상 거의 모든 계절에 출현하였고, *Lohmanniella oviformis*, *Tontonia simplicidens*, *Strobilidium multinucleatum*, *S. neptuni*, *Laboea strobila*가



Table 1. (continued)

Species name	Month	1998					1999					2000													
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
<i>Tintinnopsis radix</i>																		*				*			N
<i>Tintinnopsis parvula</i>									*	*			*												N
<i>Tintinnopsis</i> sp.		*										*	*	*	*	*		*		*	*	*			N
<i>Undella claparedei</i>																		*							O
<i>Undella</i> sp.																	*	*							O
Number of species		5	9	6	6	3	4	5	-	1	3	7	6	15	23	12	31	10	14	12	4	1	12	8	9

Note: N, Neritic species; O, Oceanic species based on Hada (1932a, b, c, 1937, 1938) and Balech(1948, 1968).

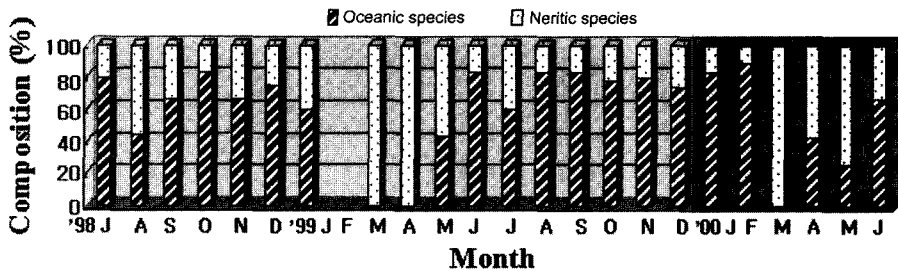


Fig. 3. Composition percentage of oceanic and neritic species of tintinnids in the study area.

Table 2. Occurrence list of aloricate oligotrichs in the study area from July 1998 to June 2000

Species name	Month	1998					1999					2000													
		J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J
<i>Laboea strobila</i>		*	*	*				*		*	*	*		*	*										*
<i>Leegaardiella ovalis</i>			*							*	*			*	*							*			
<i>Lohmanniella oviformis</i>		*	*	*	*	*	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*		*					
<i>Strombidium bilobum</i>																						*	*		*
<i>Strombidium constrictum</i>																	*		*						
<i>Strombidium dalum</i>			*	*	*	*	*									*		*				*			
<i>Strombidium epidemum</i>		*	*	*	*	*		*	*		*		*												
<i>Strombidium sulcatum</i>							*	*		*		*		*											
<i>Strombidium tressum</i>			*					*	*	*		*	*	*								*	*		*
<i>Strombidium</i> sp.		*	*			*	*	*	*		*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Strobilidium multinucleatum</i>		*	*	*	*	*	*								*	*	*					*			*
<i>Strobilidium neptuni</i>		*	*		*	*				*		*	*	*	*	*	*								*
<i>Strobilidium spiralis</i>					*	*		*		*		*	*	*	*	*	*					*			*
<i>Strobilidium</i> sp.			*		*				*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Strombidinopsis multiauris</i>							*										*								
<i>Tontonia grandis</i>				*	*																				
<i>Tontonia simplicidens</i>		*				*	*	*	*		*	*	*	*	*	*	*	*							
<i>Tontonia</i> sp.			*																						
Number of species		7	10	7	8	6	7	7	4	3	9	6	7	3	5	6	9	3	4	1	2	5	5	2	5

10~16 개월 이상의 출현빈도를 보였으며 이외 종들은 10개월 미만의 출현 빈도를 보였다. 월별 출현종수를 보면 1998년 8월에 10종으로 가장 많았고 2000년 1월에 1종으로 가장 적었다. 많은 종이 전 계절에 걸쳐 출현하고 있어 계절별 출현종 분포가 비교적 뚜렷한 유충섬모충류와 다른 특징을 보였다.

조사기간 중 세포수 범위는 140~21,000 cells·l<sup>-1</sup>(평균 2,356 cells·l<sup>-1</sup>)으로 1998년 10월 정점 1과 2000년 3월 정점 2에서 가장 높았다(Fig. 4). 정점별로 보면 정점 1은 3,314 cells·l<sup>-1</sup>, 정점

2는 2,683 cells·l<sup>-1</sup>, 정점 3은 3,182 cells·l<sup>-1</sup>, 정점 4는 1,087 cells·l<sup>-1</sup>, 정점 5는 1,994 cells·l<sup>-1</sup>, 정점 6은 1,841 cells·l<sup>-1</sup>로 해안역 정점에서 비교적 높은 세포수를 보였고 외해역 정점에서는 모두 낮았다. 해역별 연평균은 해안역이 3,060 cells·l<sup>-1</sup>, 외해역이 1,651 cells·l<sup>-1</sup>으로 해안이 외해에 비해 2배 정도의 높은 세포수를 보였다. 조사기간 중 우점종의 동태는 1998년 8월에 *Laboea strobila*, 1998년 9월에 *Tontonia grandis*, 1999년 2월에 *Strombidium tressum*, 2000년 3월에 *Strombidium dalum* 그리고 2000년 5월에 *S. tressum*으

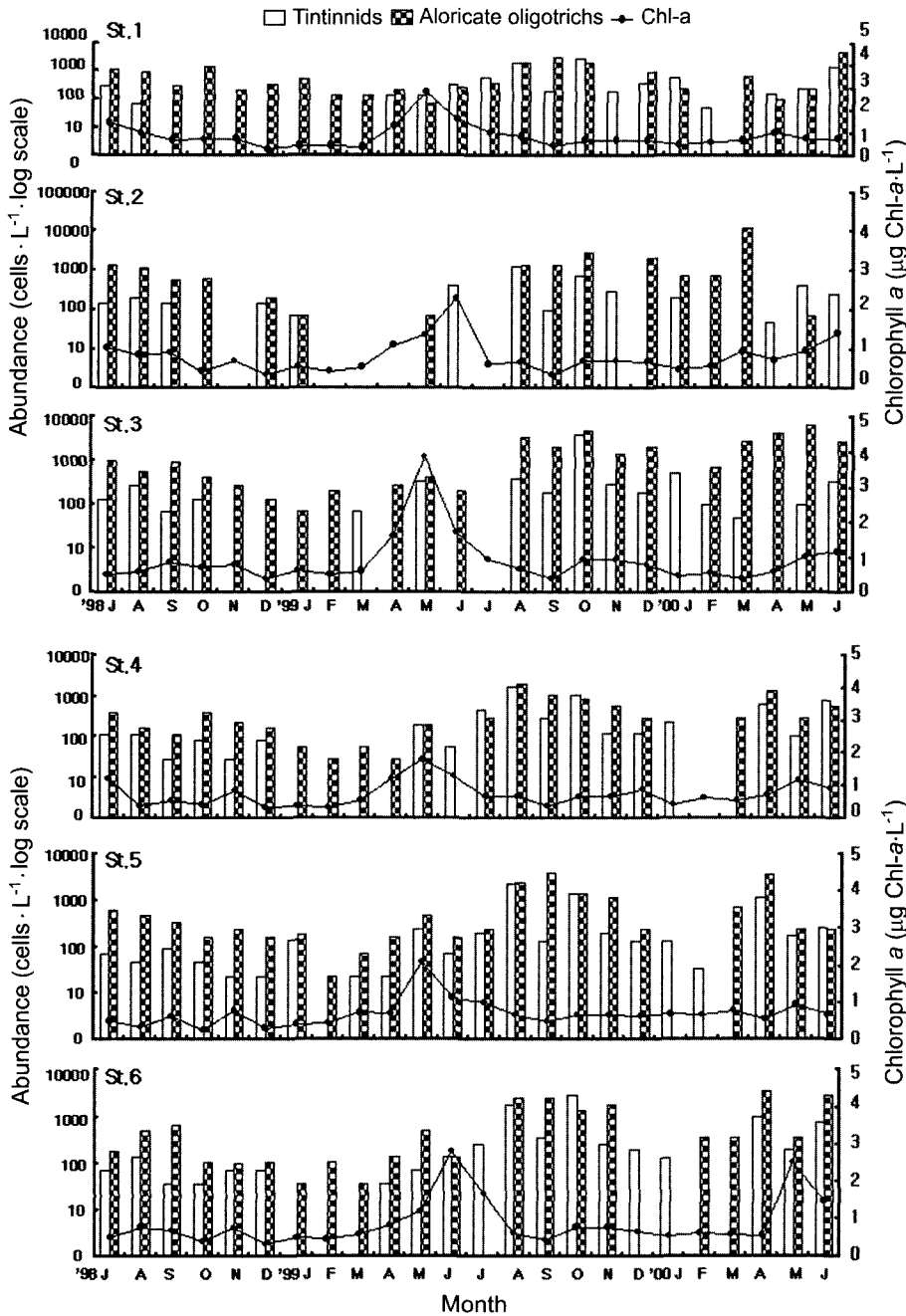


Fig. 4. Monthly variations of abundance of tintinnids and aloricate oligotrichs and chlorophyll a concentration in the study area.

로 우점종이 계절에 따라 달라지는 경향을 보이고 있으며(Fig. 6), 미동정종인 *Strombidium* sp.가 19개월에 걸쳐 우점하고 있는 특징을 나타내었다.

**탄소생물량**

유충섬모충과 빈섬모충의 탄소량을 합한 총 량은 0.01~136.06  $\mu\text{gC} \cdot \text{l}^{-1}$ (평균 5.01  $\mu\text{gC} \cdot \text{l}^{-1}$ )로 1999년 10월 정점 3에서 가장 높았고, 999년 1월 정점 6에서 가장 낮았다(Fig. 7). 세포수와 탄소량을 비교하면 2000년 4월에 세포수는 27,900  $\text{cells} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았지만 탄소량은 5.28  $\mu\text{gC} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 낮았던 반면, 1999년 10월에는 탄소량이 136.06  $\mu\text{gC} \cdot \text{l}^{-1}$ 로 가장 높았지만 세포수는 17,800  $\text{cells} \cdot \text{l}^{-1}$ 에

불과해 세포수에 근거하여 탄소량이 계산되었으나 두 개의 값이 반드시 일치하지는 않았다.

**식물플랑크톤과의 관계**

섬모충의 주요 먹이원이 되는 식물플랑크톤과의 상관관계를 알아보기 위해 섬모충 세포수와 엽록소 a 값을 월별동태(Fig. 7)와 수심별(Fig. 8)로 비교하였다. 조사기간 중 엽록소 a 량은 해안역에서 0.29~5.38  $\mu\text{gChl-a} \cdot \text{l}^{-1}$ (평균 0.86  $\mu\text{gChl-a} \cdot \text{l}^{-1}$ ) 범위였으며, 1999년 5월 정점 3(표층)에서 가장 높았고 1998년 12월 정점 1(표층)에서 가장 낮았다(Fig. 4). 외해역은 0.01~4.62  $\mu\text{gChl-a} \cdot \text{l}^{-1}$ (평균 0.75  $\mu\text{gChl-a} \cdot \text{l}^{-1}$ )의 범위로 1999년 5월 정점 5(표층)에서

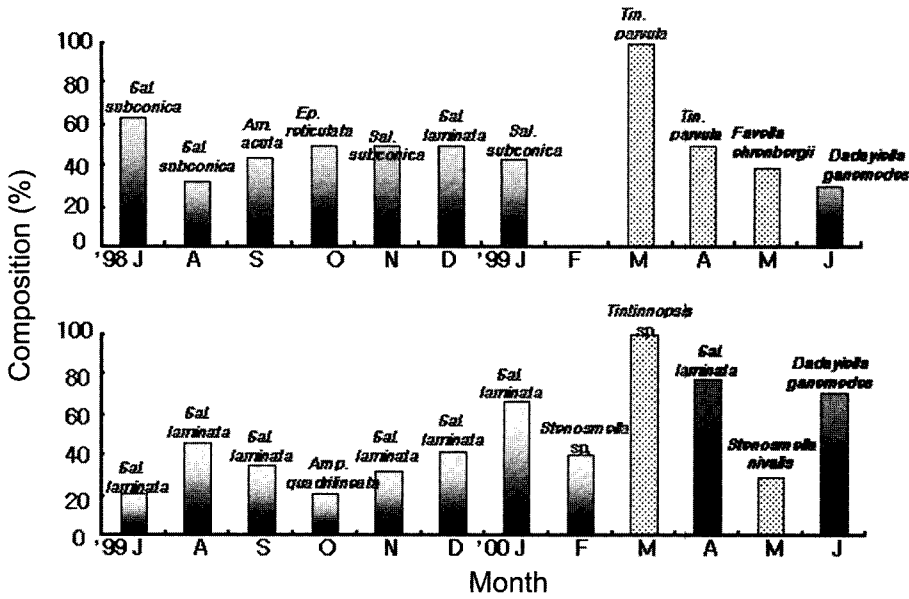


Fig. 5. Composition percentage of dominant tintinnids in the study area.

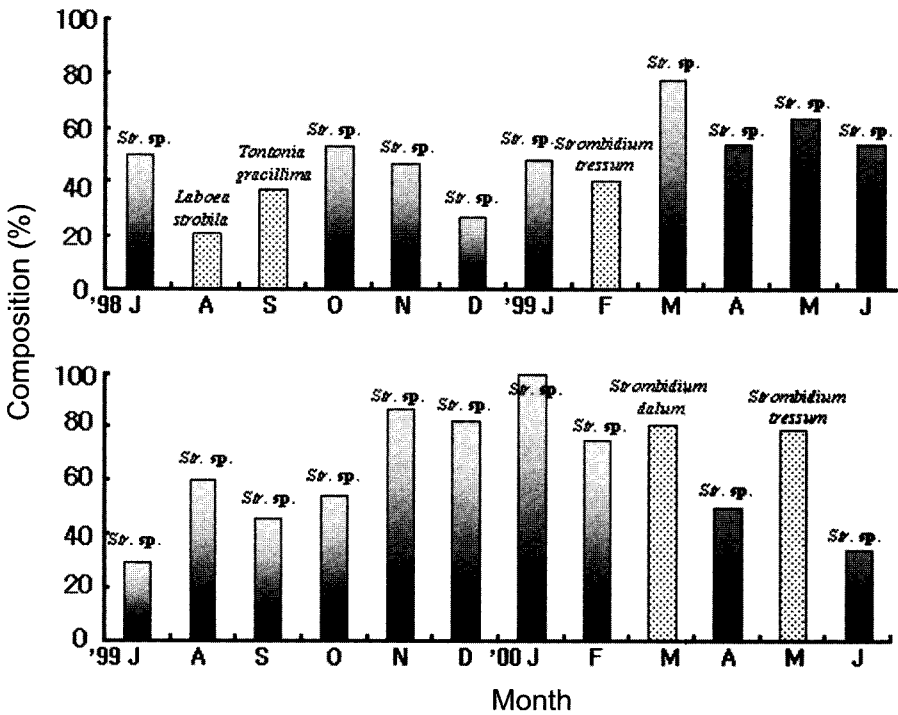


Fig. 6. Composition percentage of dominant aloricate oligotrichs in the study area.

가장 높았고 1999년 1월 정점 6(30 m)에서 가장 낮았으며 해안역 평균이 외해역 평균보다 0.11  $\mu\text{gChl-a} \cdot \text{L}^{-1}$  정도 높았다. 엽록소 a 량의 계절별 평균은 봄(1.04)>여름(1.04)>가을(0.62)>겨울(0.51  $\mu\text{gChl-a} \cdot \text{L}^{-1}$ )순으로 감소하였고, 섬모충의 계절별 평균 세포수는 가을(5,502)>여름(4,972)>봄(4,505)>겨울(1,242  $\text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$ )순으로 감소하여 식물플랑크톤은 봄철과 여름철에, 섬모충은 가을철과 여름철에 증가하고 있고 두 그룹 모두 겨울철에는 감소하였다.

섬모충과 엽록소량의 수심별 평균을 비교해 보면 유층섬모충의 경우 20 m층에서 평균 384  $\text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 가장 높고 그 이하 수심으로 갈수록 감소하였다(Fig. 8). 빈섬모충도 20 m층에서 718  $\text{cells} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 가장 높았고 그 이하 수심으로 갈수록 낮아져 유층섬모충 수직

분포와 같은 경향을 보였다(Fig. 8). 이러한 섬모충의 수직 분포 경향은 엽록소 a 량의 수직 분포와 일치하고 있었다(Fig. 8).

## 고찰

연구해역의 외해역은 연중 고온, 고염의 대만류 영향을 직접 받지만 계절에 따라 영향력에 차이가 있고 여름철에는 저염분의 중국의 대륙연안수가 밀려 들어와 이상저염분현상을 일으키기도 하며(서 등, 1999), 황해 저층냉수가 여름철과 가을철에 영향을 미치고 있다(Kim et al., 1991). 또 해안역은 중문 관광단지가 인접해 있고 중문천과 포구로부터 육상수가 유입되어 형성된 제주도

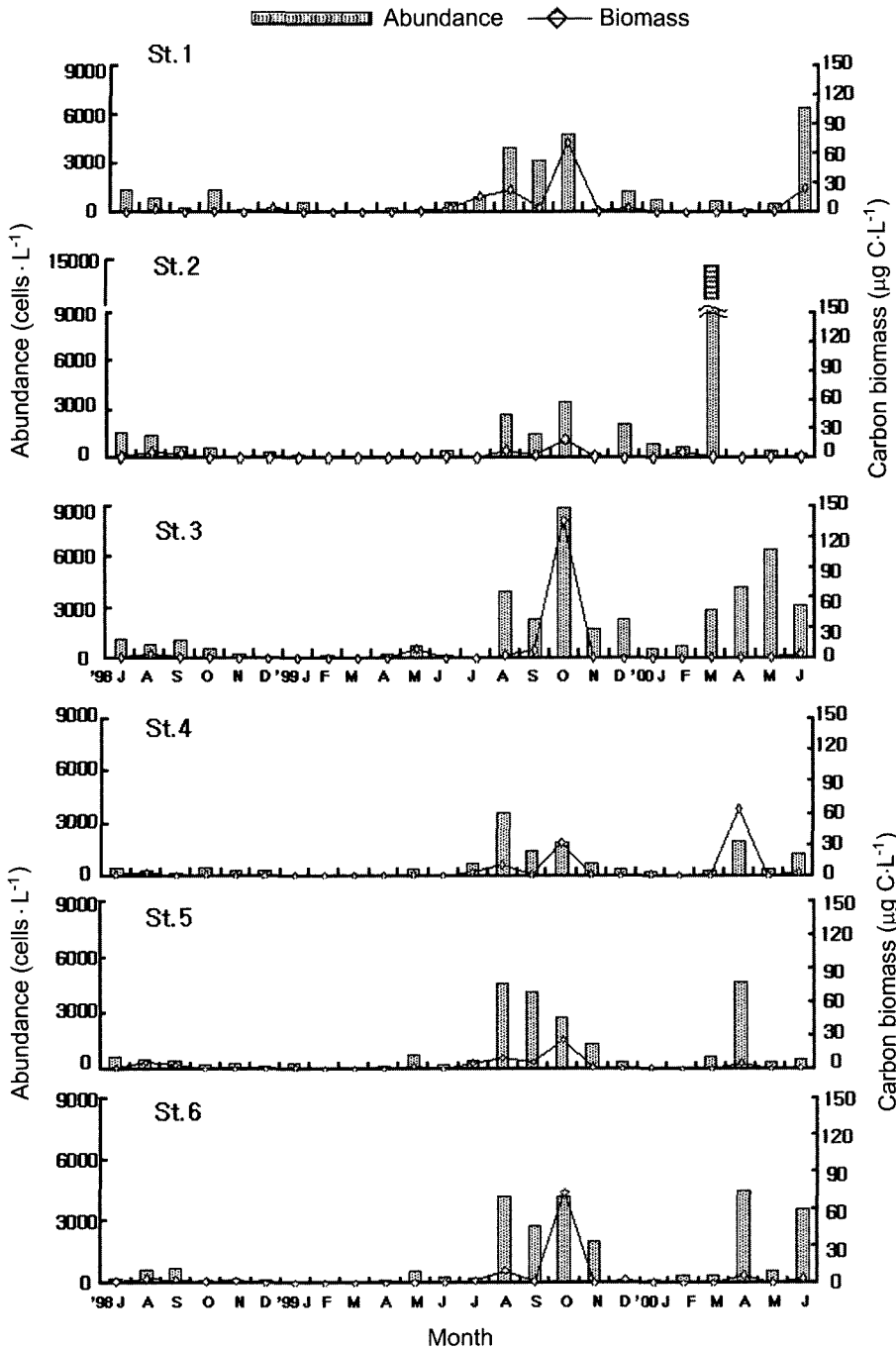


Fig. 7. Monthly variation of total abundance and total carbon biomass of ciliates in the study area.

연안수의 영향도 받고 있어 연구해역은 복잡한 해황의 특성을 나타내고 있다(방 등, 2001). 이러한 해황은 섬모충의 계절동태에 영향을 미치고 있다고 생각되는데 연구해역에서 출현한 유종섬모충의 수괴지표 특성은 대부분이 외양성을 보이고 있으며 대표적인 종으로 *Amphorides quadrilineata*, *S. laminata*, *S. subconica* 등이 모든 계절과 수심에서 고르게 분포하고 있는데 이것은 연구해역이 연중 대마난류의 영향권에 있기 때문이라 생각된다. 반면 대표적인 연안성인 *Favella taraiensis*, *F. ehrenbergii*, *Tintinnopsis parvula*, *Stenosemella nivalis* 등은 주로 봄철과 여름철에 걸쳐 해안역과 외해역에 걸쳐 모두 분포되고 있는데 이러한 원인은 이 시

기에 제주도를 지나는 대마난류수의 세력이 약화되고(Beardsley and Limeburner, 1983; Byun and Chang, 1988; Pang et al., 1992), 이른 봄부터 내륙으로부터 흘러들어 오는 해동수와 제주도 지형적 원인으로 특이하게 발생하는 봄장마(지역명: 고사리장마)에 의해 육상 유입수가 증가하여 해안역 뿐만 아니라 외해역까지 영향을 미침으로써 외양성 종류가 줄어들고 상대적으로 연안성 종류가 증가하기 때문이라 생각된다. 우리나라 해역에서 유종섬모충의 수괴지표성 연구로는 영일만에서 가을철에 동해안으로 북상하는 대마난류의 영향을 받아 외양성이 연안성보다 우세하다는 보고가 있지만(Yoo and Kim, 1990), 전 세계적인 자료에 비해 아주 미약



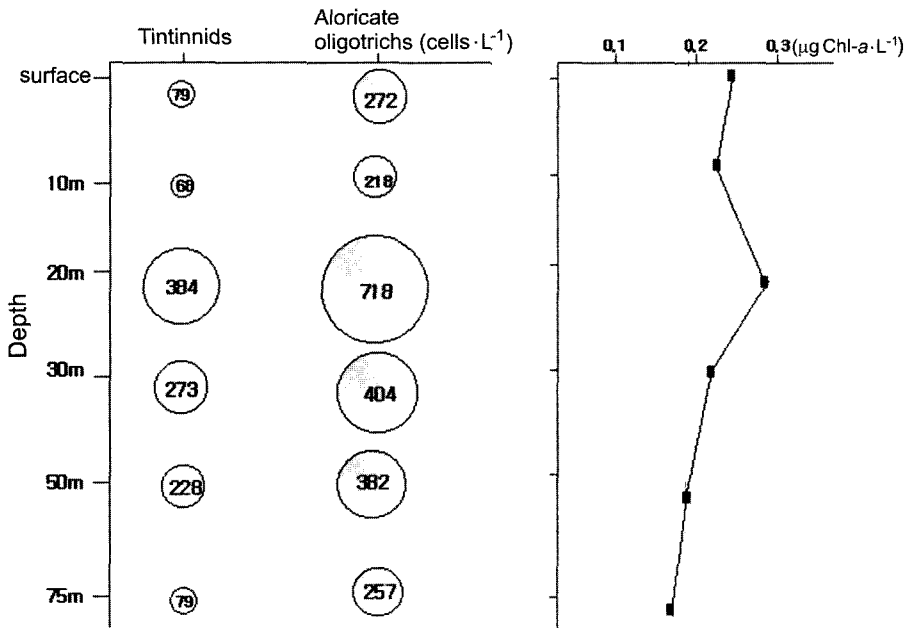


Fig. 8. Vertical profiles of mean abundance of ciliates and mean chlorophyll a concentration in the study area during the study period.

하여 앞으로 많은 해역에서 연구되어야 한다고 생각된다.

반면 빈섬모충의 경우 유종섬모충과는 달리 전 세계적으로도 연구 보고가 아주 적어 외양성과 연안성 종의 명확한 구분이 어려우나 본 해역에 출현된 종류는 대개 연안성으로 적용된 종류라 볼 수 있다. 특히 여름철에 양자강 입구에서 적조를 일으키는 종류로 보고된 *Laboea strobila*(Lee et al., 1999)는 조사해역에서도 1998년 8월에 우점종으로 나타났다. 이것은 1998년도 여름철에 발생한 장마가 다른 해보다 기간이 길어 강수량이 많았고 이 시기에 대만류의 세력도 약해져 양자강의 저염수가 제주도 서남부 해역까지 영향을 미쳐 이 지역 수산양식에 큰 피해를 준 기간(서 등, 1999; 방 등, 2001)으로 양자강수의 유입에 의한 영향과 관련이 있는 것으로 생각된다. 본 연구의 조사 수심이 비교적 표층 가까이에서 이루어져 심층의 자료가 없지만 Inoue(1974), Kondo(1985)와 윤 등(1991)에 의해 여름철의 제주도 남서 해역에는 침강된 황해 저층 냉수가 존재하는 것으로 보고되어 심층에서의 섬모충 조사가 이루어진다면 본 연구해역에 출현된 종들과는 다른 생태학적 특성을 갖고 있을 것으로 생각된다.

섬모충의 계절적 동태 특징은 유종섬모충의 경우 가을철에 출현 종수가 가장 다양하고 가장 높은 생물량을 보이고 있으며 겨울철에는 종 다양성과 생물량이 가장 낮아 계절에 따른 차이가 분명하였고, 수괴지표 특성도 가을철과 겨울철에는 외양성이 주로 출현된 반면 봄철과 여름철에는 외양성과 연안성이 함께 출현하는 계절적 특성을 보이고 있었다. 그러나 빈섬모충의 경우는 계절에 따른 종 다양성과 생물량의 변화가 크지 않았다. 다만 *Laboea strobila*와 *Tontonia simplicidense*가 여름철에 특이하게 우점하고 있는 반면 30 µm이하의 작은 종들은 주로 겨울철에 우점하고 있는 특징을 나타내었다. 따라서 섬모충의 수괴지표성을 유종섬모충류가 빈섬모충류보다 훨씬 더 잘 나타내고 있다고 평가된다.

연구해역의 총 섬모충 세포수는 100~21,000 cells · l<sup>-1</sup> 범위로서 동중국해에서의 10~2,080 cells · l<sup>-1</sup>(Suzuki, 2000)와 경기만에서의 3,230~8,320 cells · l<sup>-1</sup>(Lee and Choi, 2000) 범위 보다 높은 세포수를 보였는데 이는 본 연구는 매월 채집이 이루어진 반면 다른 해역에서는 계절별 채집으로 인하여 연중 변화를 보여주지 못했기 때문이다. 그러나 탄소량의 범위는 부영양 해역인 경기만의 12.4±11.6 µgC · l<sup>-1</sup>(Lee and Choi, 2000)보다는 낮은 평균값을 보였다. 또한 총 세포수와 총 탄소량의 계절변동 양상이 일치하지 않았는데(Fig. 7) 이는 100~200 µm이상 크기의 유종섬모충에 비해 15~25 µm의 크기의 빈섬모충들이 우점함으로써 높은 세포수에도 불구하고 탄소량이 낮게 계산되었기 때문이다.

섬모충은 해양에서 중요한 포식자로서 식물플랑크톤을 주 섭이원으로 이용하여 이들의 관계는 밀접하다고 알려져 있다(Beers and Stewart, 1970; Sorokin, 1978; Lynn and Montagnes, 1991). 본 연구에서도 엽록소량이 높은 수심에서 섬모충류 또한 높은 세포수를 보이고 있어 섬모충류의 분포는 식물플랑크톤 분포에 큰 영향을 미치고 있다고 할 수 있다. 그러나 해양에서의 미세생물 먹이망을 이해하는데 본 연구와 같이 현장자료가 현상을 해석하는데 중요하지만 각각 종에 대한 영양성과 피식-포식의 관계를 설명하는데 한계가 있어 보다 정확한 이들의 관계는 배양실험을 통해 뒷받침되어야 한다고 생각된다.

## 사 사

이 논문은 2001년도 제주대학교 BK21 교육개혁지원비에 의해 연구되었으며 공동저자인 김요혜는 제주대학교 BK21 연구조교 프로그램의 지원을 받아 연구를 수행하였다. 섬모충류 동정에 도움을 주신 김영옥 박사님과 T. Suzuki 교수님께 감사드리며 심사해 주신 두분께 감사드립니다.

## 참고문헌

- 방익찬, 홍창수, 오경희, 2001. 제주도 중문 연안역의 물리해양환경에 대한 연구. 한국해양학회지 '바다', 6: 211-217.
- 서해립, 조양기, 서호영, 김대환, 1999. 1996년 제주도에 나타난 대형 저서 동물의 대량 폐사: 물리해양학적 요인. 한국환경생물학회지, 17: 175-182.
- 신범, 이준백, 2002. 제주 중문 연안역의 초미세, 미소, 소형플랑크톤 시·공간적 분포. 한국해양학회지 '바다', 7: 78-86.
- 윤용훈, 박용향, 봉종현, 1991. 황해 저층냉수의 특성과 남하에 대한 제조명. 한국지구과학학회지, 12: 25-37.
- Alder, V.A., 1999. Tintinninea. In: South Atlantic Zooplankton Vol. 1, edited by Boltovskoy, D., Backhuys Publishers, pp. 321-384.
- Balech, E., 1948. Tintinninea de Atlantica. *Comun. Mus. Argent. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" Inst. Nac. Invest. Cienc. Nat. Zool.*, 7: 1-23, 107 figs.
- Balech, E., 1968. Algunas especies nuevas o interesantes de Tintinnidos del Golfo de Mexico y Caribe. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" Hidrobiologia*, 2: 165-197, 47 figs.
- Beardsley R.C. and R. Limeburner, 1983. Structure of the Changiang River Plume in the East China Sea during June 1980: Sedimentation on the Continental Shelf with Special Reference to the East China Sea. *Acta Oceanologica Sinica*, China Ocean Press, Beijing, pp. 243-260.
- Beers, J.R. and G.L. Stewart, 1970. The ecology of the plankton off La Jolla, California, in the period April through September, 1969. Pt. IV. Numerical abundance and estimated biomass of microzooplankton. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.*, 17: 67-87.
- Blaxter, J.H.S., D. Danielson, E. Moksness and V. Øyestad, 1983. Description of the early development of the halibut *Hippoglossus hippoglossus* and attempts to rear the larvae past first-feeding. *Mar. Biol.*, 93: 99-107.
- Byun, S.K. and K.I. Chang, 1988. Tsushima current water at entrance of the Korea Strait in autumn. *Prog. Oceanogr.*, 21: 295-296.
- Campbell, A.S., 1942. The Oceanic Tintinninea of the Plankton Gathered during the Last Cruise of the Carnegie. *Publ. Carnegie Inst. Wash.*, 537: i-v, 163 pp.
- Gast, V., 1985. Bacteria as a food source for microzooplankton in the Schlei Fjord and Baltic Sea with special reference to ciliates. *Mar. Ecol., Prog. Ser.*, 22: 107-120.
- Hada, Y., 1932a. Descriptions of two new neritic Tintinninea, *Tintinnopsis japonica* and *Tintinnopsis kofoidii* with a brief note on a unicellular organism parasitic on the latter. *Proc. Imp. Acad.*, 8: 209-212, 3 figs, in text.
- Hada, Y., 1932b. The Tintinninea from Sea of Okhotsk and its neighbourhood. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, Ser. 4, 2(1), 37-59.
- Hada, Y., 1932c. Report of biological survey of Mutsu Bay. 26. The pelagic Ciliata. suborder Tintinninea. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 4th Ser., Biol., 7: 553-573.
- Hada, Y., 1935. On the pelagic Ciliata, Tintinninea, from the East Indies with consideration on the character of the plankton in the seas. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 4: 242-252.
- Hada, Y., 1937. The fauna of Akkeshi Bay. 4. The pelagic Ciliata. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, Ser. 4, Zool., 5: 143-216.
- Hada, Y., 1938. Studies on the Tintinninea from the western tropical Pacific. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. 6, Zool.*, 6: 82-190.
- Hada, Y., 1957. The Tintinninea useful microplankton for judging oceanographical conditions. *Inform. Bull. Planktol. Japan*, 5: 10-12.
- Heinbokel, J.F. and J.R. Beers, 1979. Studies on the function role of tintinnids in the southern California Bright. III. Grazing impact of natural assemblages. *Mar. Biol.*, 52: 23-32.
- Inoue, N., 1974. Oceanographic characteristics in the Western Sea of Japan. In: *Tsushima Warm Current*, edited by Japan Fishery Society, Fishery Science Series 5. pp. 27-41.
- Jeong, H.J., 1988. An Ecological Study on Marine Tintinnids in Cheonsu Bay, Korea. Ms thesis, Seoul Nat. Univ., Seoul, 60 pp.
- Kato, S. and A. Tanicuchi, 1993. Tintinnid ciliates as indicator species of different water masses in the western North Pacific Polar Front. *Fish. Oceanogr.*, 2: 166-174.
- Kim, K., H.K. Rho and S.H. Lee, 1991. Water masses and circulation around Cheju-Do in summer. *J. Oceanol. Soc. Korea*, 26: 262-277.
- Kofoid, C.A. and A.S. Campbell, 1929. A conspectus of the marine and freshwater ciliata belonging to the suborder Tintinninea, with descriptions of new species principally from the Agassiz Expedition to the eastern tropical Pacific 1904-1905. *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 34: 1-403.
- Kofoid, C.A. and A.S. Campbell, 1939. Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. Fish Commission Steamer "Albatross", from October, 1904, to March, 1905. The Ciliata: The Tintinninea. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 84: 1-473.
- Kondo, M., 1985. Oceanographic investigations of fishing grounds in the East China Sea and the Yellow Sea-I. Characteristics of the mean temperature and salinity distributions measured at 50m and near the bottom. *Bulletin of Seikai Regional Fisheries Research Laboratory*, 62: 19-66.
- Lee, J.B., B. Shynn and D.W. Kang, 1999. Water mass properties and phytoplankton community dynamics in the East China Sea in the summer seasons, 1997-1998. In: Proc. of the 2nd Int'l Workshop on Oceanography and Fisheries in the East China Sea, edited by Matsuno, T., K. Matsuoka and J. Ishizaka, Nagasaki Univ., Japan, pp. 25-26.
- Lee, W.J. and J.K. Choi, 2000. The role of heterotrophic protists in the planktonic community of Kyeonggi Bay, Korea. *J. Korean Soc. Oceanogr.*, 35: 46-55.
- Lynn D.H. and D.J.S. Montagnes, 1991. Global production of heterotrophic marine planktonic ciliates. In: *Protozoa and Their Role in Marine Processes*, edited by Reid, P.C., C.M. Turley and P.H. Burkil, Springer-verlag, New York, pp. 281-307.
- Maeda, M. and P.G. Carey, 1985. An illustrated guide to the species of the Family Strombidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free swimming protozoa common in the aquatic environment. *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo*, 19: 1-68.
- Maeda, M., 1986. An illustrated guide to the species of the Families Halteriidae and Strombidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free swimming protozoa common in the aquatic environment. *Bull. Ocean Res. Inst. Univ. Tokyo*, 21: 1-67.
- Montagnes, D.J.S. and D.H. Lynn, 1991. Taxonomy of choreotrichs, the major marine planktonic ciliates, with emphasis on the alor-

- icate forms. *Mar. Microbi. Food. Webs*, **5**: 59–74.
- Montagnes, D.J.S. and D.H. Lynn, 1993. A quantitative protargol stain (QPS) for ciliates and other protists. In: *Aquatic Microbial Ecology*, edited by Kemp, P.F., B.F. Sherr, E.b. Sherr and J.J. Cole, Lewis Publishers, Boca Raton, pp. 299–240.
- Pang, I.C., H.K. Rho and T.H. Kim, 1992. Seasonal variations of water mass distributions and their causes in the Yellow Sea, the East China Sea and the adjacent seas of Cheju Island. *Bull. Korean Fish. Soc.*, **25**: 151–163.
- Parsons, T.R., Y. Maita and C.M. Lalli, 1984. *A Manual of Chemical and Biological Methods for Seawater Analysis*. Pergamon Press, Oxford, 173 pp.
- Pomeroy, L.R., 1974. The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience*, **24**: 499–504.
- Putt, M. and D.K. Stoecker, 1989. An experimentally determined carbon:volume ratio for marine 'oligotrichous' ciliates from estuarine and coastal waters. *Limnol. Oceanogr.*, **34**: 1097–1103.
- Sorokin, Y.I., 1978. Description of primary production and heterotrophic microplankton in the Peruvian upwelling region. *Oceanology Wash.*, **18**: 62–71.
- Stoecker, D., R.R.L. Guillard and R.M. Kavee, 1981. Selective predation by *Favella ehrenbergii* (Tintinnida) on and among dinoflagellates. *Biol. Bull.*, **160**: 136–145.
- Stoecker, D., L.H. Davis and A. Provan, 1983. Growth of *Favella* sp. (Ciliata: Tintinnina) and other microzooplankters in cages incubated *in situ* and comparison to growth *in vitro*. *Mar. Biol.*, **75**: 293–302.
- Stoecker, D., L.H. Davis and D.M. Anderson, 1984. Fine scale of spatial correlations between planktonic ciliates and dinoflagellates. *J. Plankton Res.*, **6**: 829–842.
- Stoecker, D., and D.A. Egloff, 1987. Predation by *Acartia tonsa* Dana on planktonic ciliates and rotifers. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **110**: 53–68.
- Stoecker, D., P.G. Verity, A.E. Michaels and L.H. Davis, 1987. Feeding by larval and post-larval ctenophores on microzooplankton. *J. Plankton Res.*, **9**: 667–683.
- Suzuki, T., 2000. Microbial Components in the East China Sea. In: *Proc. The 5<sup>th</sup> Int'l Symp. on Mar. Sci. 'Marine Environmental Study on the East China Sea and Yellow Sea'*, edited by Ahn, J. Y. and S. K. Yang, Cheju National Univ., Jeju, pp. 55–65.
- Takahashi, M. and K.D. Hoskins, 1978. Winter condition of marine planktonic populations in Saanich Inlet. B. C., Cannada. II. Micro-zooplankton. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **32**: 27–37.
- Taniguchi, A., 1997. Suborder Tintinnina. In: *An Illustrated Guide to Marine Plankton in Japan*, edited by Chihara, M. and M. Murano, Tokai Univ. Press, Japan, pp. 421–483.
- Yoo, K.I., D.Y. Kim and Y.O. Kim, 1988. Taxonomical studies on tintinnids (Protozoa: Ciliata) in Korean coastal waters. 1. Chinhae Bay. *Korean J. Syst. Zool.*, **4**: 67–90.
- Yoo, K.I. and Y.O. Kim, 1990. Taxonomical studies on tintinnids (Protozoa: Ciliata) in Korean coastal waters 2. Yongil Bay. *Korean J. Syst. Zool.*, **6**: 87–122.

---

2002년 12월 12일 원고접수

2003년 2월 25일 수정본채택

담당편집위원: 서해립