



# 제 출 문

한국과학재단 이사장 귀하

본 보고서를 2008년도 국제협력연구 결과보고서로 제출합니다.

2008 년 8 월 27 일

과제번호 : F01-2006-000-10010-0

연구과제명 : 한국과 일본 연안에 분포하는 섬모충 플랑크톤의  
동물상 비교

연구 책임자 : 소속      한국해양연구원  
                  성명      김 영 옥      (인)

## 연구계획서 요약

국내 연안 해역에서 섬모충플랑크톤을 분류, 동정하고 그 분포 특성을 조사하며 일본 연안 해역의 섬모충 플랑크톤 분포와 비교하여 차이점과 유사점을 파악하고자 하며, 아울러 연구결과를 바탕으로 한국과 일본이 공동으로 사용할 수 있는 섬모충 플랑크톤의 도감제작을 위한 데이터 베이스를 구축하고자 한다.

국내 연안 해역에서 플랑크톤 연구의 대표적 장소로 알려진 진해만 내에 위치한 거제 장목만을 조사수역으로 2006년 7월부터 2008년 6월까지 매 월 2회의 채집을 2년간 실시하여 섬모충플랑크톤의 종조성과 개체수를 조사하고 아울러 이들의 서식과 밀접한 수 환경요인(수온, 염분, 용존산소, pH, 클로로필 농도)을 측정하여 섬모충플랑크톤의 분포와 환경요인과의 관계를 파악한다. 섬모충플랑크톤의 종동정 및 개체수의 측정은 QPS(Quantitative Protargol Stain)염색법을 도입하여 동정이 어려워 간과되어 왔던 섬모충 분류군인 소모류(oligotrichs)의 정확한 분류, 동정을 실시하여 한국산 섬모충 플랑크톤의 정성 분석을 위한 방법론을 정립한다. 특히 2차년도에는 1차년도의 연구결과를 토대로 형태적 정보가 부족한 종류의 경우 개체수준의 염색법을 보완하며, 경우에 따라 전자현미경 관찰을 통해 세포 외형의 형태적 특징을 면밀히 관찰한다. 출현한 모든 종류는 영구 프레파라트를 제작하여 차후 관련연구의 귀중한 자료로 활용할 수 있도록 보관하며 동정된 섬모충은 서식 환경 자료와 함께 형태학적 특성 뿐 아니라 생태학적 특성도 포함된 기재를 통해 한국 연안 섬모충플랑크톤의 분포를 체계적으로 정리한다. 국내의 연구결과를 일본 연안에서 조사된 섬모충플랑크톤의 연구결과와 비교하여 지리적 차이점과 유사점을 파악하고 국내 고유종의 경우 지표생물로 활용 가치를 진단하고 한일 해산 섬모충 도감 또는 단행본 공동제작을 위한 기초자료로 활용한다.

## 연구결과 요약문 (국문)

분 야	생물	성 명	김 영 옥
과제번호	F01-2006-000-10010-0	소 속	한국해양연구원
중 심 어	섬모충, 플랑크톤, 형태적 분류, 생태적 특성, 장목만		
연구과제명	한국과 일본 연안에 분포하는 섬모충플랑크톤의 동물상 비교		

섬모충플랑크톤은 미세먹이망내의 최종 소비자로 부유생물의 주요 구성원으로 알려져 있으며 특히 연안 해역에서 풍부한 먹이환경으로 높은 생장률을 보이며 저차생산단계의 에너지를 효율적으로 상위단계로 전달한다고 알려져 있다. 이와 같은 섬모충플랑크톤의 중요성 때문에 일부 부영양화 해역에서 섬모충플랑크톤의 생태학적 연구 결과가 국내에서도 보고되기 시작하였으나 분류학적 정보의 제한으로 연구의 한계성에 부딪혀 왔으며 향후 보다 심도 있는 섬모충플랑크톤 연구를 위한 분류생태학적 연구 기반이 절실히 요구되고 있다.

2006년 7월부터 2008년 6월까지 거제도 장목만 내에 1개 정점을 선정하여 매월 2회의 현장조사를 통해 섬모충플랑크톤의 정량, 정성분석을 실시하였고, 관련 환경요인(수온, 염분, DO, Chl. *a*)을 동시에 측정하였다. 섬모충플랑크톤은 QPS 염색법으로 정성, 정량분석을 실시하였으며 Wilbert 염색법과 주사전자현미경을 이용하여 정밀 분석을 병행하였다.

조사기간 중 섬모충플랑크톤은 총 91종류가 관찰되었고 유충섬모류(tintinnids)가 22종, 소모류(oligotrichs)가 54종류, 기타 15종류로 구성되었다. 이 중 소모류 50종은 국내 미기록종이며 2종은 신종으로 정밀분석을 추가하고자 한다. 섬모충 플랑크톤 개체수는 6월에서 10월까지 20 ℃ 이상의 고수온기에 상대적 높은 개체수 출현을 보였으며 8월에  $4.0 \times 10^4$  cells L<sup>-1</sup>의 최고치가 기록되었다. 반면에 1월에서 4월까지 저수온기에는  $1.0 \times 10^4$  cells L<sup>-1</sup> 이하의 상대적 낮은 개체수가 관찰되었으며 특히 외양수가 유입되는 11월에는 150 cells L<sup>-1</sup>로 급격한 개체수 감소가 확인되었다. 우점종의 천이는 단기간에 변화하는 기회주의적 특성이 뚜렷하였으며 수온이 높은 시기에는 *Pelagostrombilidium* sp.와 함께 다양한 종류가 공존하는 반면, 수온이 낮은 동계에는 *Strombilidium orientale*만이 우점종으로 출현하였다. 이 밖에 전계절에 걸쳐 출현하는 광온성 종류로 *Strombilidium tressum*과 *S. compressum*이 관찰되었다.

국내 장목만과 일본의 나가사키 근해 이사하야만에서 연구결과는 섬모충플랑크톤의 출현종수와 종류 그리고 개체수의 계절적 변동 특성은 매우 유사하였으며 외양역의 영향을 더 받는 일본의 이사하야만에서 외양성 종류가 보다 다양하게 출현하였다. 차후 정밀조사를 추가하여 신종과 국내 미기록종에 대한 발표 및 기후변화와 관련된 장기모니터링의 접근으로 섬모충플랑크톤 연구를 본 과제 결과와 연계 발전시키고자 한다.

## 연구결과 요약문 (영문)

Field	Biology	Author	Kim, Young-Ok
Project No.	F01-2006-000-10010-0	Organization	KORDI
Keywords	Ciliates, Plankton, Morphology, Ecological characteristics, Jangmok Bay		
Title	Faunistic comparison of ciliate plankton between Korean and Japanese coastal waters		

Planktonic ciliates have long been thought to be major consumers of nano- and picoplankton as well as important prey of mesozooplankton, thus acting as a critical link between microbial and macroscopic components of marine food webs. However, few studies have reported on planktonic ciliates in Korean coastal waters, although ciliates play an important role in coastal ecosystem. Taxonomical information of planktonic ciliates, especially oligotrich ciliates, is quite limited in our country, which is preventing the development of ciliate study in future.

Ciliate plankton samples were collected biweekly from July 2006 to June 2008 in Jangmok Bay of Geoje Island. Species composition and abundances were analyzed by quantitative protargol stain(QPS) and environmental parameters were also examined. Wilbert's staining and SEM observation were additionally done to get the detail morphology of ciliate cells.

A total of 91 ciliate species occurred during the study period, consisting of 22 tintinnid, 54 oligotrich, and 15 other species. Among them, 50 oligotrich species are first recorded in Korean water and two oligotrich species are tentatively described as new species. Higher ciliate abundances appeared from June to October during the warm season (> 20 °C) and the maximum ( $4.0 \times 10^4$  cells L<sup>-1</sup>) in August, while the lower abundances during the cold season. The minimum abundance was in November when the inflow of warm oceanic water was detected. The dominant species succession was very clear and opportunistic. *Pelagostrombilidium* sp. and several species were co-dominant in summer while a single species, *Strombilidium orientale* occurred in winter. *Strombilidium tressum* and *S. compressum* as a eurythermal species were observed during all seasons.

The study results on species composition and abundance pattern from Jangmok Bay were similar with the results from Japanese water (Ishahaya Bay). Oceanic species occurred more abundantly in Ishahaya Bay because the bay is opened toward Pacific Ocean. Additional examination will be progressed to publish the first record and new species. Based on this study, a long-term monitoring of planktonic ciliates may extend the knowledge to understand ciliate ecology in Korea.

# 목 차

I. 서론	
1. 연구배경 .....	1
2. 연구목적 .....	3
3. 연구범위 .....	4
II. 연구방법	
1. 조사해역과 조사시기 .....	5
2. 섬모충플랑크톤 시료채집 및 환경요인 분석 .....	6
3. 섬모충플랑크톤 형태학적 특징 분석 .....	7
4. 섬모충플랑크톤 생태학적 특징 분석 .....	9
III. 결과	
1. 조사해역의 수환경 변동 .....	10
2. 섬모충플랑크톤의 출현종수 변동 .....	13
3. 섬모충플랑크톤의 개체수 변동 .....	15
4. 섬모충플랑크톤의 우점종 변동 .....	16
5. 섬모충플랑크톤 생물상의 분류학적 기재 .....	20
IV. 고찰	
1. 국내 타 해역에서 섬모충플랑크톤 분포와 비교 .....	37
2. 일본의 섬모충플랑크톤 분포와 비교 .....	38
3. 향후 연구결과의 활용 전망 .....	39
V. 결론 .....	40
VI. 인용문헌 .....	41
연구수행관련 논문발표 목록서 .....	45
자체평가서 .....	47

# I. 서론

## 1. 연구배경

수서생태계의 에너지 흐름은 일차생산자인 식물플랑크톤을 동물플랑크톤이 포식하고 이어 치어의 순으로 연결되는 에너지의 일방통행인 고전적 먹이사슬 (grazing food chain)의 개념으로 오랫동안 인식되어 왔다. 그러나 미소플랑크톤(microplankton) 중심으로 전개되었던 식물플랑크톤 내에 미세(nanoplankton)와 초미세 플랑크톤(picoplankton)의 생물량이 큰 부분을 차지함이 알려지면서 새로운 에너지 흐름의 경로인 미세먹이망 (microbial loop)의 개념이 도입되었고 수서생태계의 에너지 흐름이 재해석되기 시작했다 (1) (그림 1). 미세먹이망 내에서 미소동물플랑크톤 (microzooplankton)은 요각류(copepoda)와 같은 동물플랑크톤의 먹이로서, nanoplankton의 포식자로서 즉, 두 그룹의 중간단계에서 효율적으로 에너지를 전달해 주는 중요한 역할을 담당하고 있다. 특히, 미소동물플랑크톤의 대부분을 차지하고 있는 섬모충플랑크톤(ciliate plankton)은 박테리아와 작은 식물플랑크톤을 주로 포식하며 미세먹이망의 최종 소비자로서 고차생산단계로의 효율적 에너지 전달자로 알려져 있다 (2, 3, 4). 이 같은 섬모충은 다양한 서식 환경 속에서 탁월한 생존전략을 가지고 적응해온 원생생물의 한 분류군으로 8,000 여종의 다양한 종류로 구성되어 으며, 수중의 플랑크톤 생활 뿐 아니라 저서 환경에서도 다양한 종류의 수직분포와 청정수역에서부터 오염수역에 이르기까지 광범위한 수평분포를 보이고 있는 생물군이다 (5).

국외에서 해산 섬모충플랑크톤의 분류학적 연구는 비교적 중 동정이 용이한 유충섬모충 (tintinnids)이 가장 먼저 체계적으로 정리되었다 (6, 7). 유충섬모충의 분류 기준인 피갑 (lorica)의 가변성 때문에 분류학적 문제점이 제시되기도 하였으나 현재까지도 Kofoid와 Campell의 단행본이 활용되고 있으며 일본의 경우도 1930년대부터 유충섬모충의 연구가 시작되어 Hada (8, 9, 10, 11, 12)에 의해 여러 해역으로부터 분류학적 보고가 출간되었다. 한편, 연약한 세포를 지닌 소모류 (oligotrichs)는 형태분석의 난점으로 1980년대부터 체계적 정리가 시작되었으며 연구방법론의 보완과 수정을 거듭하면서 현재까지도 신종의 보고와 같은 분류학적 결과가 축적되고 있다. 일본의 경우 Maeda에 의해 소모류의 분류학적 기재를 시작하였으며 (13, 14), 일본 해산플랑크톤도감에 수록된 섬모충의 분류학적 정리가 있으나 세포 외형만을 근거로 기재되어 형태적 변이가 심한 소모류의 분류학적 활용에는 미흡한 실정이다 (15). 1990년대부터 캐나다 연구팀이 세포 염색법을 통해 해산 섬모충 연구의 분류학적 재기재 및 신종의 추가 나아가 분류 체계를 새롭게 정리하여 많은 관련 논문의 시리즈가

발표되었고(16, 17, 18, 19), 이들 문헌을 근거로 소모류의 분류학적 연구 논문이 세계 각처에서 발표되었다. 따라서 국외에서는 도감을 비롯하여 여러 해역에서 분류학적 연구의 단행본이 출판되어 관련 연구자들에게 유용한 정보를 제공하고 있으며 기존의 식물과 동물로만 이분된 플랑크톤 연구에서 벗어나 섬모충플랑크톤의 부분까지 포함하는 부유생태계 연구의 방향으로 전환되어 섬모충플랑크톤의 분류생태학적 연구는 필수적인 연구과제로 포함시키고 있다.

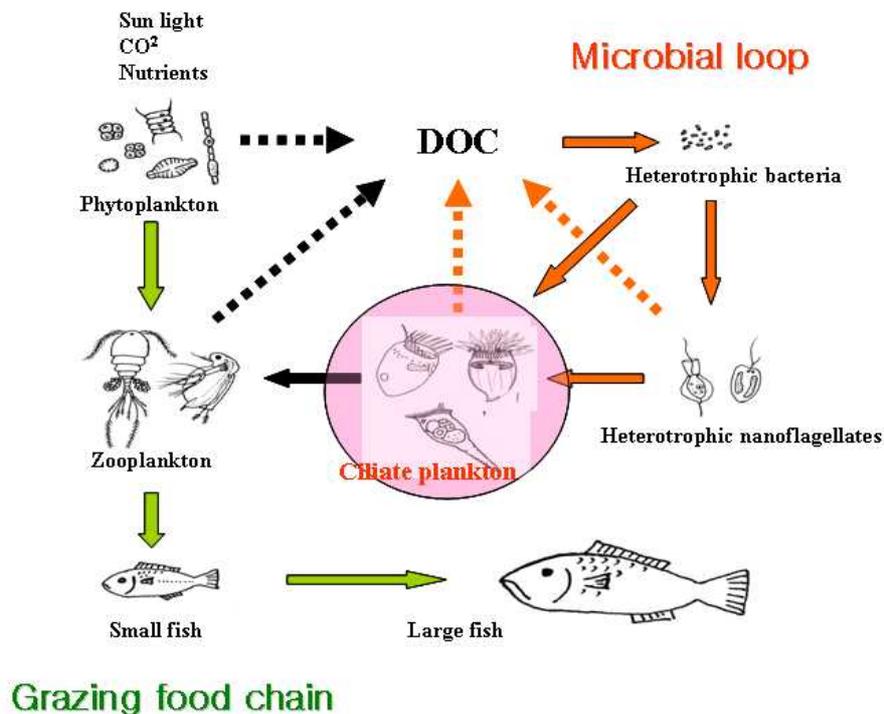


그림 1. 수서생태계 내에서 에너지 흐름과 섬모충플랑크톤의 위치

섬모충플랑크톤은 세포의 연약한 특성 때문에 이들의 채집, 분리, 동정의 연구방법은 다른 분류군의 플랑크톤에 비해 많은 어려움을 안고 있다. 따라서 국내 해산 부유성 섬모충에 관한 연구는 비교적 다루기 쉬운 유충섬모류에 한정되어 연안해역에서 1980년대 후반기부터 시작되었다. 유충섬모류의 분류학적 연구는 내만의 진해만과 영일만에서 본 주관연구자에 의해 국내 처음으로 발표되었으며 (20, 21), 이어 남해, 동해, 동중국해의 넓은 해역에 걸친 분류학적 기재가 발표되었다 (22). 생태학적 연구는 마산만, 경기만, 섬진강 하구의 내만수역에서 먼저 보고 되었으며 (23, 24, 25), 이어 외해에서도 섬모충플랑크톤의 분포가 보고되었

다 (26, 27). 한편 소모류와 같이 어려운 종류의 연구는 2000년 이후에 비로소 연구결과가 발표되었다. 소모류의 분류학적 연구는 서해에서 주로 수행되었으며 신종 발표가 거듭됨으로 국내 연안의 고유종(endemic species) 존재를 입증하였으며 나아가 이에 관한 활용 가능성을 열었다 (28, 29, 30). 1980년 후반부터 시작된 섬모충플랑크톤의 연구는 현재까지 꾸준히 발전하고 있으나 아직도 시료의 채집 및 처리 과정의 부적합과 종의 분류와 동정의 부정확함으로 연구 결과의 신뢰도가 약화되어 있다. 현 시점에 섬모충과 같은 원생생물의 연구 부진은 시료 자체가 갖는 어려움에 원인이 있지만 전문 연구인력 부족이 가장 큰 원인이다. 따라서 본 과제를 통해 섬모충플랑크톤 연구분야의 학술적, 인적 연구기반을 확충하고자 한다.

## 2. 연구목적

최근의 여러 연구의 결과, 섬모충플랑크톤은 양적, 질적인 면에서 동물플랑크톤의 질 높은 먹이가 되는 동시에 미세플랑크톤의 포식자로서 해양생태계에서 그 역할이 크게 대두되고 있다 (31, 32). 그럼에도 불구하고 섬모충플랑크톤 중에 주요 분류군인 소모류는 21세기 현 시점까지 분류동정조차도 미개척 분야인 것이 국내의 실정이다. 섬모충플랑크톤의 분류학적 조사부터 뒷받침되어야 보다 신뢰할 수 있는 관련 생리, 생태학적 연구가 가능하며 나아가 해양생태계에서 이들의 역할을 구체적으로 파악할 수 있다. 국외 여러 연구에 비하면 황무지와 같은 국내 해산 섬모충의 분류학적 연구를 향상시키기 위해 본 연구는 다음과 같은 과학기술적 측면의 향상을 목표로 접근하고자 한다. **첫째**, 섬모충플랑크톤의 채집 및 분석법을 체계화하고자 한다. 세포의 고정법 및 염색방법을 최적화하며 특히 세포의 손상이 비교적 큰 무피성 섬모충(naked ciliates)의 분석방법을 개발하여 국내 연안 해역에 분포하는 섬모충의 출현종을 정확히 분류, 동정할 수 있는 기반을 마련한다. **둘째**, 섬모충플랑크톤의 분류학적 기재의 틀을 확립하고자 한다. 형태학적 특징을 중심으로 서술하는 기술 방식위에 구체적인 생태학적 정보를 포함하는 기재로 업그레이드 시키고자 한다. **셋째**로 섬모충플랑크톤의 지리적 다양성을 측정하기 위한 데이터 베이스를 구축하고자 한다. 온대 북동해역의 지리적 근접성을 지닌 일본 연안수역에서 섬모충플랑크톤의 조사 결과 (일본측 연구팀 결과)와 비교하여 국내의 고유종을 선별하며 국내연안수역의 지표성을 가늠하고자 한다.

본 연구결과 국내 섬모충플랑크톤 출현종의 종동정과 형태적 정보가 정확히 기재됨으로 섬모충 종동정의 획기적인 진보가 예측되며 더불어 섬모충 우점종과 개체수의 변화가 정확

히 파악될 것이다. 나아가 섬모충 출현종의 변화와 물리, 화학, 생물학적 수환경요인과의 관계를 밝힘으로 출현종의 생태학적 분류를 시도할 것이며 환경변화에 가장 민감한 섬모충 종류를 선별하여 지표생물로의 활용 가능성도 미래 연구로 연결 될 것이다.

### 3. 연구범위

#### 1) 국내 시료 분석 작업

국내 연안에 분포하는 섬모충플랑크톤의 모니터링을 통하여 i) 섬모충 정밀 형태분석을 통한 출현종의 종동정, ii) 수환경의 변화에 출현과 소멸이 뚜렷한 민감종 선별, iii) 계절적인 변화에 따른 섬모충 우점종의 천이, iv) 섬모충 동일 종류 내에 나타나는 시기별 형태변화를 파악하여 형태적 분류의 수렴화 가능성을 타진한다. 국내에 출현하는 섬모충 플랑크톤의 종류를 형태학적 특성과 생태학적 특성을 종합하여 정리하며 차후 정밀 분석을 위한 기반 자료를 구축한다 (그림 2).

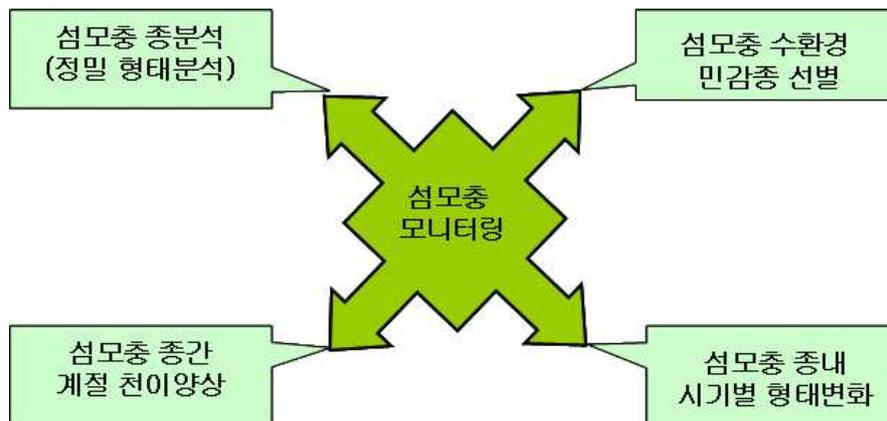


그림 2. 섬모충플랑크톤의 모니터링을 통한 주요 연구범위

#### 2) 한일 공동 분석 작업

일본 측 연구자의 결과를 비교하여 섬모충플랑크톤의 출현종을 비교하여, i) 두 지역간에 출현종 구성의 차이를 파악하며, ii) 각 지역에만 출현하는 고유종 (endemic species)의 분포를 탐색하여 수괴의 지표성 여부를 탐색하며, iii) 두 지역간의 종간 형태적 차이와 자매종 (sibling species)의 가능성을 조사하여 차후 유전학적 비교분석의 기초 자료를 확보한다.

## II. 연구방법

### 1. 조사해역과 조사시기

국내의 대표적 부영양화 해역으로 알려진 진해만은 미세먹이망의 구조가 타 해역에 비해 잘 발달되어 있으리라 판단되며 따라서 미세먹이망의 주요 구성원인 섬모충의 다양한 출현이 예상된다. 경비가 많이 소모되는 방법을 지양하여 주관연구자의 소속기관인 한국해양연구원 남해연구소의 인접해역인 진해만내 장목만을 조사수역으로 설정하였다. 섬모충플랑크톤은 돌발적인 대발생과 급속한 소멸을 보이는 기회주의적인 출현양상을 보이는 생물군이다. 본 연구는 섬모충의 생물량보다 종구성에 초점을 둔 분류학적 연구이므로 조사정점의 수를 줄이는 대신 시료의 채집 빈도를 높여 조사하였다. 따라서 본 연구의 조사 시기는 2006년 7월부터 2008년 6월까지 2연동안 거제도 장목만에 선정된 한 개의 정점에서 매월 2회 현장조사를 실시하였다 (그림 3).

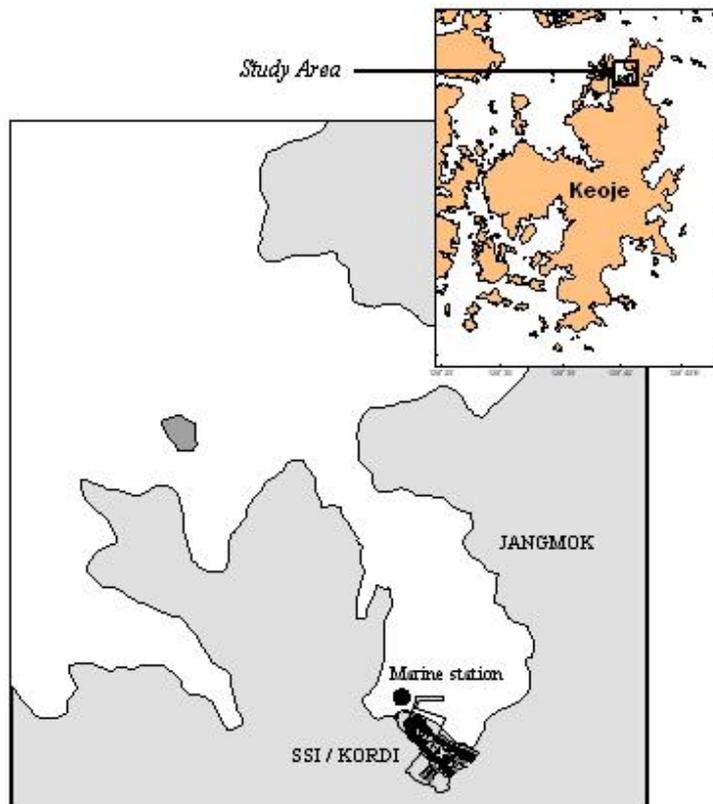


그림 3. 조사해역 (거제도 장목만)의 위치와 조사정점

## 2. 섬모충 시료채집 및 환경요인 분석

1). 표층 (수심 0.5 m)에서 Van Dorn 채수기를 이용하여 해수를 채수한 후 선상에서 다음에 의거하여 고정하였다. 플라스틱 시료병 (300ml)에 Bouin's soln.을 최종농도가 5 %가 되도록 주입하고 이어 Glacial acetic acid를 최종농도가 1%가 되도록 주입하였다. 두 용액을 시료병에 넣은 후, 채수된 해수를 전체 부피가 300ml 되도록 천천히 주입하였다. 이렇게 고정된 시료는 실험실로 운반하여 섬모충의 정량, 정성용 시료로 사용하였다.

2). 살아있는 세포의 형태와 유영패턴 관찰을 위해 플랑크톤 네트 (20  $\mu\text{m}$ )로 생시료를 채집한다. 고정된 세포의 경우 살아 있는 세포의 형태적 특징의 일부가 소실될 우려가 있으므로 정확한 형태적 특징을 기술하기 위해서 아울러 신중의 보고 시 살아있는 세포의 유영패턴을 관찰 기재함을 권고하고 있으므로 살아있는 세포의 채집을 병행하였다.

3). 자가형광법을 통해 섬모충의 종류에 따른 종속영양성과 혼합영양성을 파악하기 위해, 1)에서 채취된 해수 시료중 300ml을 따로 취해 중성 포르말린으로 최종농도 2 %로 고정한 후 빛이 투과되지 않도록 알루미늄 호일로 싸 후 냉암소에 보관하였다.

4). 섬모충플랑크톤 출현종의 형태적 특징 뿐 아니라 생태학적 특징의 조사를 위해 관련 수환경요인을 측정하였다. 물리, 화학적 환경요인으로 수온, 염분, pH와 용존산소를 CTD와 YSI를 이용하여 현장에서 직접 측정하였다 (그림 4). 아울러 섬모충의 분포에 가장 민감한 생물학적 요인으로 먹이생물요인을 파악하기 위해 chlorophyll *a*의 농도를 아세톤 추출법에 의하여 크기 분획별 (< 3  $\mu\text{m}$ , 3-20  $\mu\text{m}$ , > 20  $\mu\text{m}$ )로 분석하였다.



그림 4. 장목만 현장 수환경 측정

### 3. 섬모충 형태학적 특징 분석

#### 1) 섬모충의 분류 동정 및 계수

Bouin's soln.으로 고정된 시료는 섬모충 세포의 염색을 통해 섬모열의 배열과 핵의 모양에 근거한 Quatitative Protargol Stain (QPS)법에 의해 분석한다 (33, 34) (그림 5). 염색된 섬모충 세포는 영구 프레파라트로 제작한 후, 광학현미경 고배율 (400/1000x)하에서 섬모충을 동정하고 계수한다. 개체수가 적은 종류의 경우 Wilbert method (35)에 의해 개체 수준의 세포 염색 후 섬모 배열의 정밀 관찰을 통해 종동정을 실시 하였다 (그림 6).

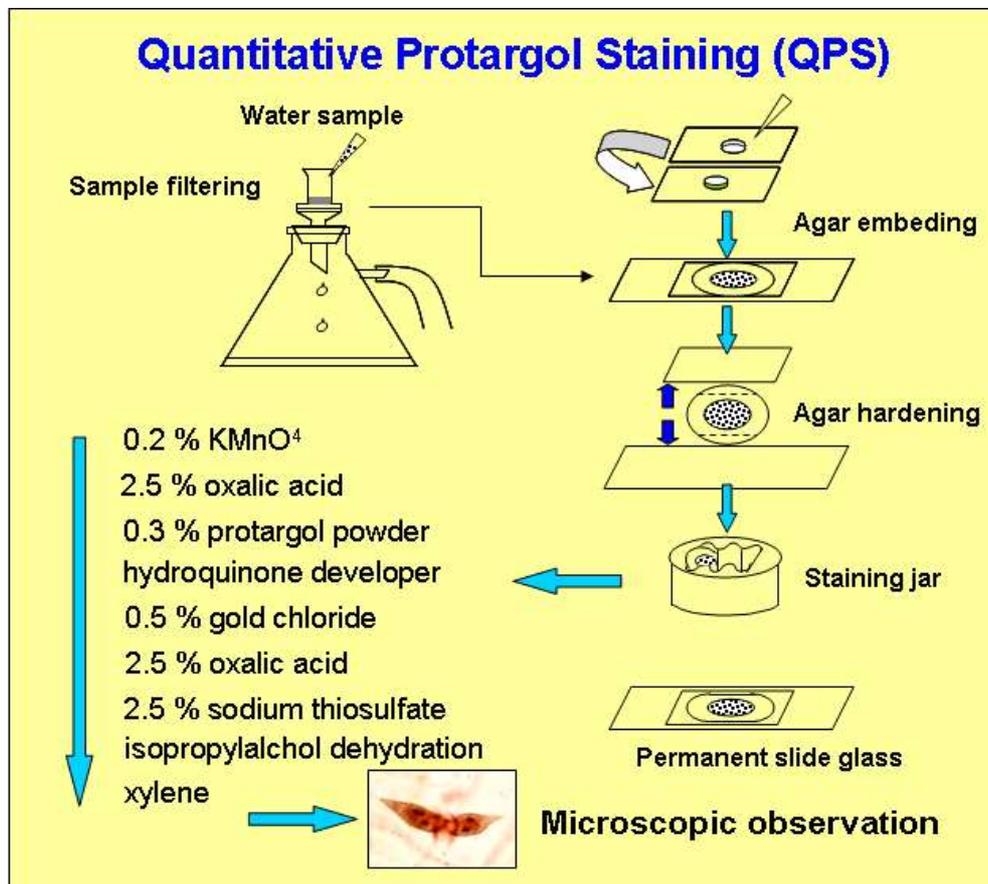


그림 5. 섬모충 세포의 QPS 염색과정

## 2) 섬모충의 live cell 분석

Microcapillary technique을 이용하여 네트로 채집된 농축시료로부터 섬모충플랑크톤을 분리한 후 염색된 세포에서 관찰되지 않는 살아있는 개체의 형태적 특징 즉, 자연색깔, protrusion 유무, extrusome에 의한 먹이 포획방법, 그리고 유영패턴 (jumping, tumbling, spiralling, smooth turning)의 특징을 관찰하였다.

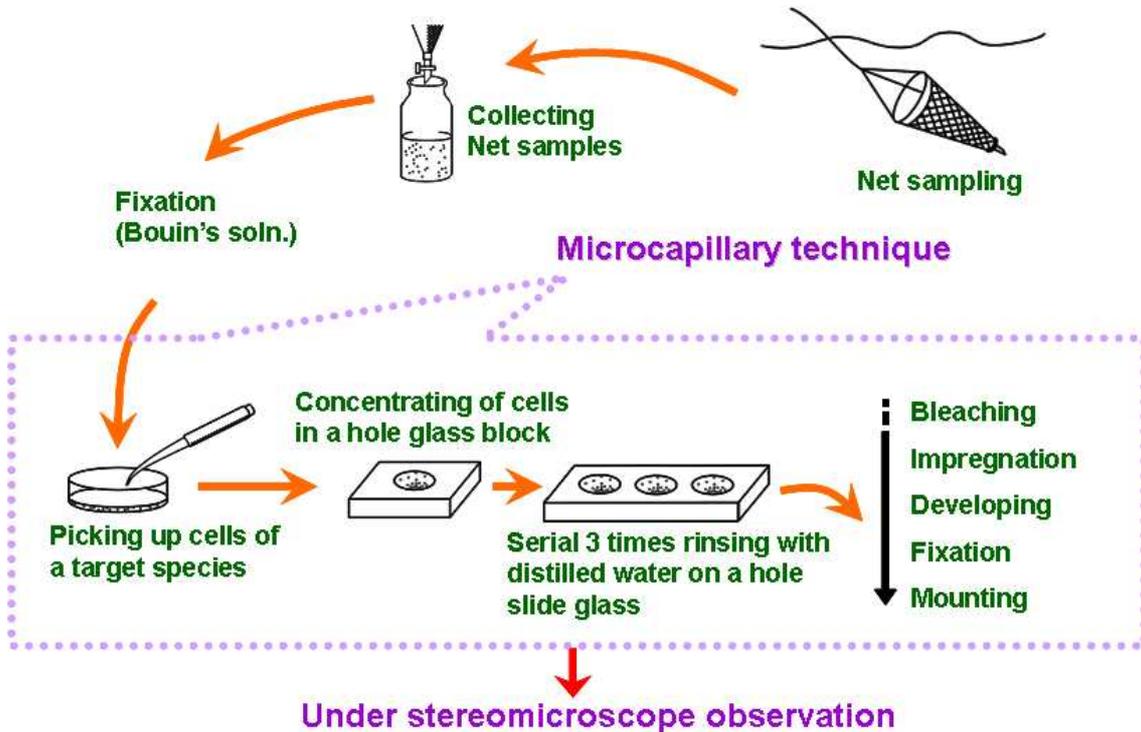


그림 6. 섬모충 세포의 분리 및 Wilbert 염색 과정

## 3) 섬모충의 전자현미경적 관찰

QPS의 경우 섬모충과 핵 염색을 위한 방법으로 세포내 형태적 정보의 파악은 가능하나 세포의 표면의 관찰시에는 전자현미경의 관찰을 병행하여야 한다. 전자현미경에 의한 섬모충 세포의 입체적 사실적 정보는 섬모충의 형태를 보다 정확하게 설명할 수 있는 근거를 제공한다. 전자현미경 관찰 시료를 위해 플랑크톤 네트 (20  $\mu\text{m}$ )로 채집된 시료의 일부는 여과해수로 만든 2%  $\text{OsO}_4$ 와  $\text{HgCl}_2$  포화용액을 6:1로 혼합한 후 20분간 고정하여 시료를 전처리

한 후, 세정과 탈수,임계건조와 gold coating을 거친 후 SEM (JEOL5600 LV)을 이용하여 세포를 관찰하였다.

#### 4. 섬모충 생태학적 특징 분석

##### 1) 섬모충의 개체수와 먹이생물 농도의 변화

섬모충 종류별 개체수 변화와 먹이생물과의 관계를 조사하기 위해 chlorophyll *a* 농도와 섬모충 종류에 따른 상호관계를 분석하여 먹이생물에 민감한 종류를 파악하였고 염색된 세포 내에 관찰되는 식포의 관찰을 통해 선호하는 먹이생물을 조사하였다.

##### 2) 섬모충의 종류에 따른 영양성(nutrition) 조사

포르말린으로 고정된 섬모충 시료를 형광현미경하 (blue light excitation)에서 자가형광법 (autofluorescence)에 의해 혼합영양성 (적색)과 종속영양성 (녹색)으로 구분하여 섬모충 종류에 따른 영양성의 차이를 생태학적 특징으로 관찰하였다 (그림 7).

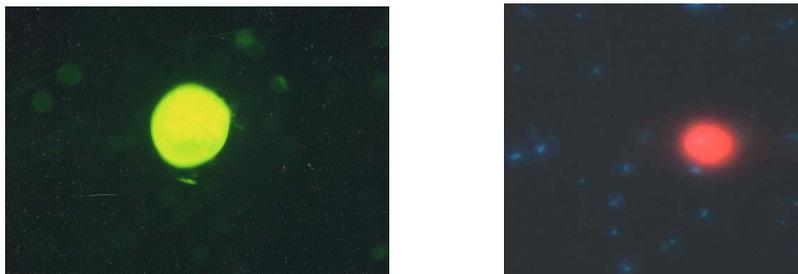


그림 7. 섬모충 세포의 자가형광법에 의한 발색

##### 3) 섬모충의 종류에 따른 물리, 화학적 환경요인과의 관계

섬모충플랑크톤은 타 분류군의 플랑크톤 보다 수피의 변화에 매우 민감한 반응을 보인다고 보고되어 있다. 수온과 염분과 같은 수피의 기본 성격을 결정하는 요인은 섬모충 플랑크톤의 출현종과 밀접한 관계가 있으리라 판단되며 이에 관한 결과 또한 섬모충플랑크톤의 생태학적 분류의 자료로 활용하였다.

### III. 결과

#### 1. 조사해역의 수환경 변동

2006년 7월부터 2008년 6월까지 2년간 수온의 변화는 전형적인 온대 연안해역의 계절적 특성을 나타내었다. 7월에서 10월까지의 고수온을 기록하였으며 반면 1월에서 3월까지의 저수온을 나타내었으며 4월에서 5월로 가면서 수온은 다시 급속히 증가하는 전형적인 온대연안역의 수온변화 결과를 보였다 (그림 8). 최고 수온은 2006년에는 8월 초에 2007년에는 8월 말에 약 29 °C와 28 °C를 각각 기록하였으며 최저 수온은 2007년 1월과 2008년 2월에 7.6 °C와 5.5 °C가 각각 측정하였다. 즉, 전반기 조사년도(2006-2007년)의 경우가 후반기 조사년도 (2007-2008년)에 비해 수온이 약 1 °C 높게 기록되었다. 두 해 모두 11월에 약 7 °C의 큰 폭의 수온 감소가 주목되었으며 이 시기에 섬모충의 개체수가 크게 감소하는 일치를 보였다 (그림 13). 염분의 경우 수온의 계절변화와 상반되는 고수온기 상대적 낮은 염분과 저수온기 높은 염분 분포로 음의 상관 ( $r=-0.618$ ,  $p<0.05$ )을 보임으로 전형적인 T-S 분포패턴을 나타내었다. 2006년 7월과 2007년 9월에 20.1 psu와 25.8 psu의 낮은 염분으로 큰 폭의 감소를 보였으며 이는 강우에 기인된 결과로 해석된다. 이 후 동계의 저수온기로 진행되면서 염분은 점차 증가하여 2007년 1월 33.2 psu와 2008년 1월에 33.6 psu를 기록하여 년 최고치를 기록하였다.

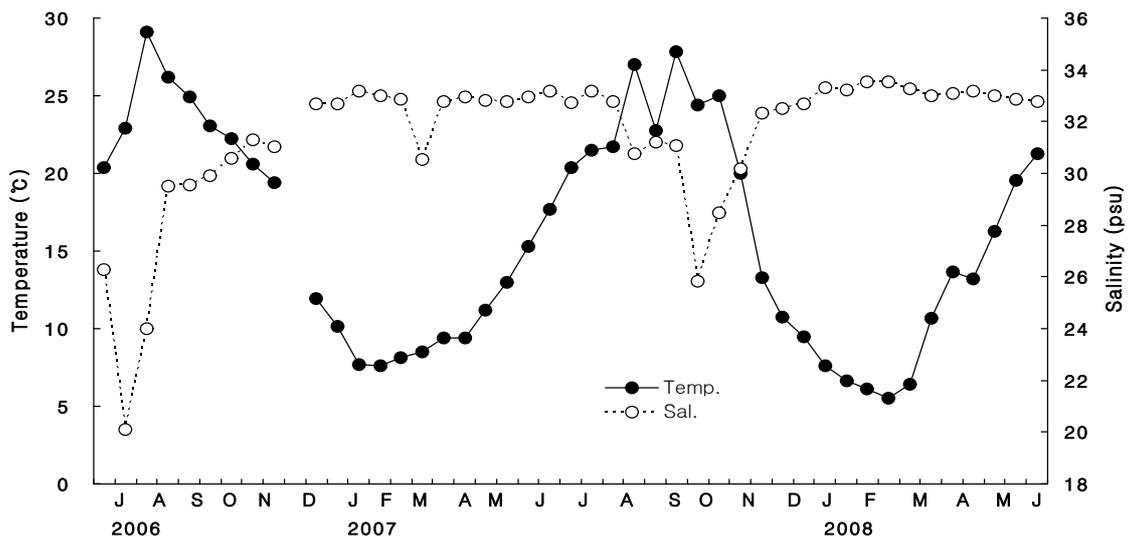


그림 8. 장목만에서 2006년 7월부터 2008년 6월까지 수온과 염분의 변화

용존산소는 수온이 높은 시기에 상대적으로 낮은 농도 ( $5-6 \text{ mg L}^{-1}$ )를 보였으며 강우에 의해 염분이 큰 폭으로 감소한 2006년 7월 말과 2007년 10월 초에 급증하였으며 이후 저수온기 1월부터 5월 까지 8에서  $12 \text{ mg L}^{-1}$ 의 고농도의 범위 내에서 증감을 반복하였다. 용존산소의 급증시기인 2006년 7월 말에서 8월 초에 pH도 소폭의 상승을 보였으며 5월 초까지 약 8.0 수준으로 유지되었으나 2006년 5월 말에 pH는 7.2로 급감소를 보였다. 이 같은 pH의 변화는 염분도의 변화와 반대되는 경향으로 음의 상관 ( $r=-0.400, p<0.05$ )을 나타내었다 (그림 9).

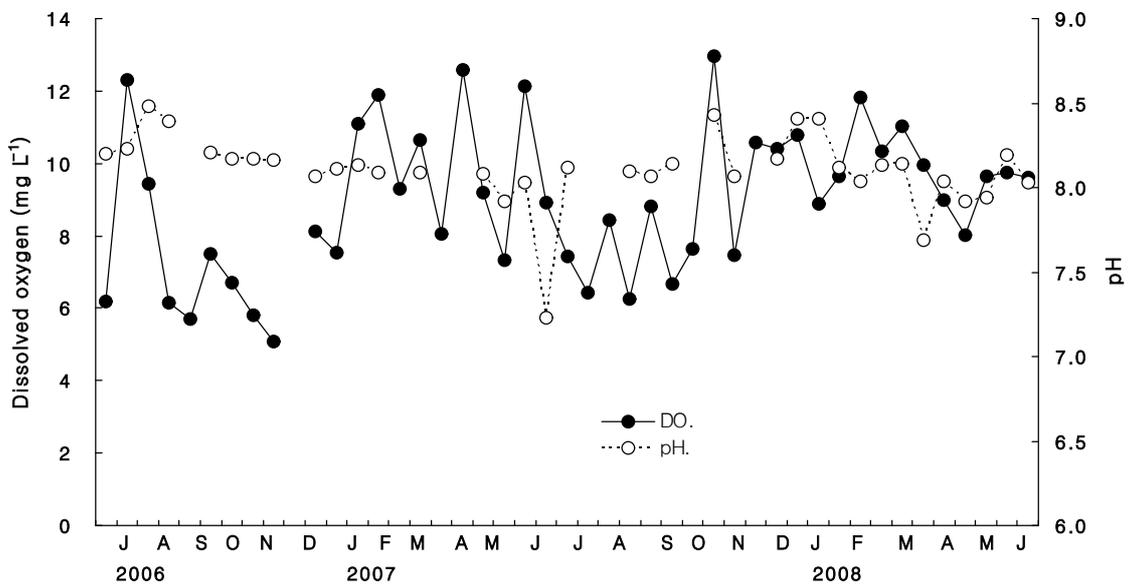


그림 9. 장목만에서 2006년 7월부터 2008년 6월까지 용존산소와 pH의 변화

Chlorophyll. *a* 농도 변화의 경우, 고수온기에 높은 농도를 보였으며 반대로 수온이 낮은 동계에 상대적 낮은 농도를 보여 수온의 변화와 양의 상관관계 ( $r=0.403, p<0.001$ )를 나타내었다. 2006년 7월에서 2007년 5월의 조사 전반기 시기보다 2007년 6월부터 2008년 6월까지 조사 후반기 농도가 상대적으로 높은 값을 보였다. 크기별 분획 농도의 경우,  $3 \mu\text{m}$  이하의 picophytoplankton의 분포를 짐작 할 수 있는 분획에서 chl. *a*의 농도는 2006년에 비해 2007년에 높은 농도를 보이고 있었으며 특히 2007년 6월과 10월에  $4.7 \mu\text{g L}^{-1}$ 과  $3.0 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 고농도가 주목되었으며 2008년 1월과 2월에는 전체 chl. *a*의 농도의 50% 이상을 차지하였다. Nanophytoplankton의 생물량이 암시되는  $3-20 \mu\text{m}$  분획의 농도는 2006년 10월 추계에 증가하였으며 2007년 1월과 7월에도  $3.0 \mu\text{g L}^{-1}$ 의 고농도가 측정되었고 2006년과 동일하게

10월에도 약  $2 \mu\text{g L}^{-1}$  의 농도 증가가 감지되었다. 2006년 8월과 2007년 1월에는 전체 chl. *a*의 농도의 80 %로 대부분의 농도를 차지하였다. 20  $\mu\text{m}$  이상의 분획에서는 2006년 10월, 2007년 7, 8월과 10월 그리고 2008년 5월에  $2.5 \mu\text{g L}^{-1}$  이상의 고농도를 기록하였다 (그림 10A, B).

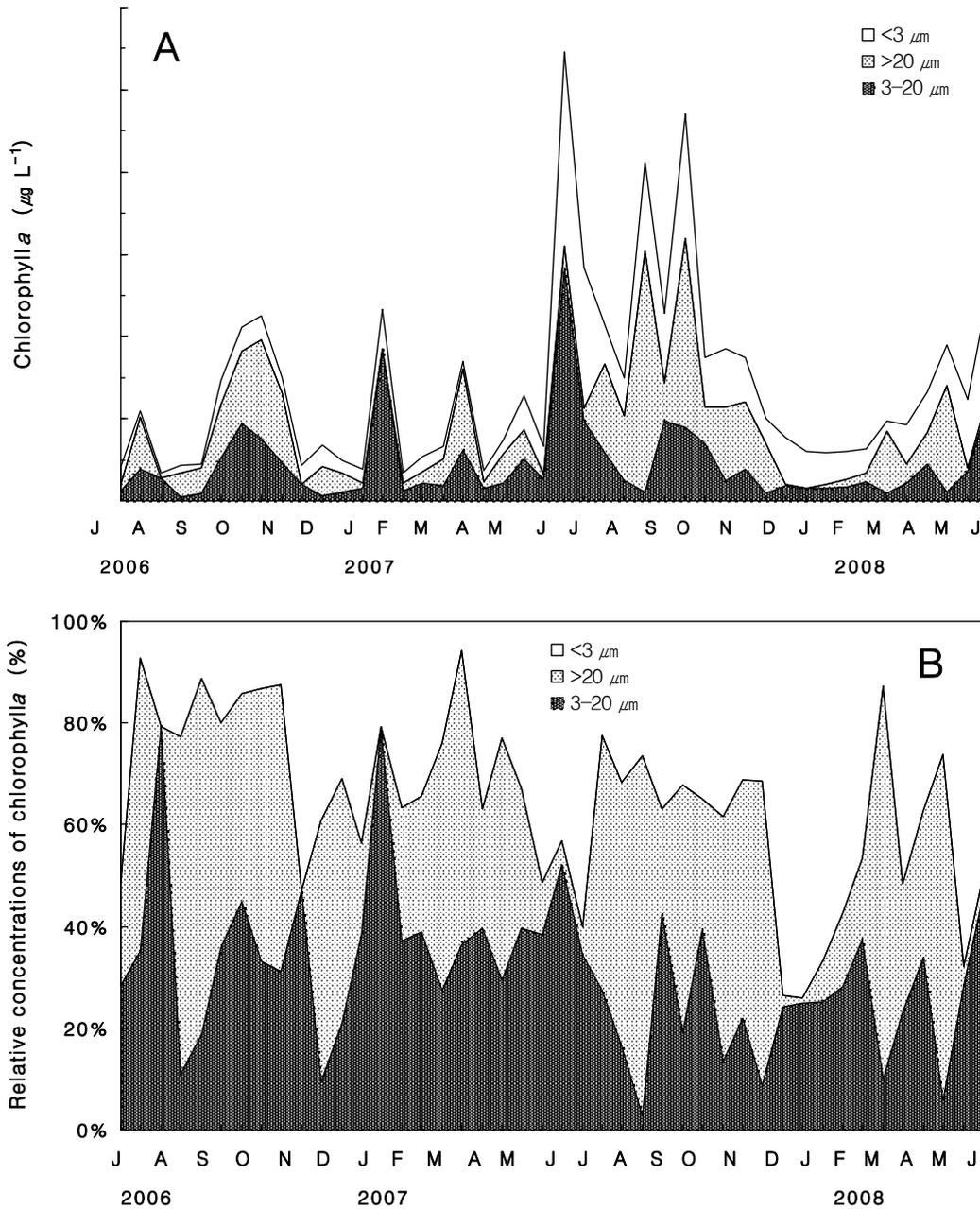


그림 10. 장목만에서 2006년 7월부터 2008년 6월까지 크기 분획별 chlorophyll *a* 농도변화

## 2. 섬모충 플랑크톤의 출현종수의 변동

2006년 7월부터 2008년 6월 까지 조사결과 섬모충 플랑크톤의 출현종수는 총 91종류가 관찰되었으며 유충섬모류(tintinnids)가 22종, 소모류(oligotrichs)가 54종류로 기타 15종류로 구성되어 있었다. 시기별 출현종수의 변화는 뚜렷한 계절적 특성을 보였으며 수온과 섬모충 플랑크톤의 출현종수는 강한 양의 상관관계 ( $r=0.641$ ,  $p<0.05$ )를 보였다 (그림 11). 즉, 고수온기 6-10월까지는 10종 이상의 상대적 다양한 종구성을 보였으나 저수온기에는 10종 이하로 빈약한 종구성을 나타냈다 (그림 12A). 따라서 분류군별 출현종수의 변화는 유충섬모류의 경우 고수온기에 출현종수의 증가가 타 분류군에 비해 뚜렷하게 감지되는 반면 저수온기 1월과 2월에는 거의 분포하지 특성을 보였다. 소모류의 경우도 고수온기에 출현종수가 증가하였으며 저수온기에도 적은 출현종수로 그 출현이 감지되었다 (그림 12B). 소모류 중에는 *Strombidium* 속의 종류가 31 종류로 종구성의 대부분을 이루고 있으며 유충섬모류는 *Tintinnopsis* 속의 종류가 9종류로 타 속 (genus)보다 다양한 종류가 출현하여 전형적인 연안해역의 특성을 반영하고 있었다.

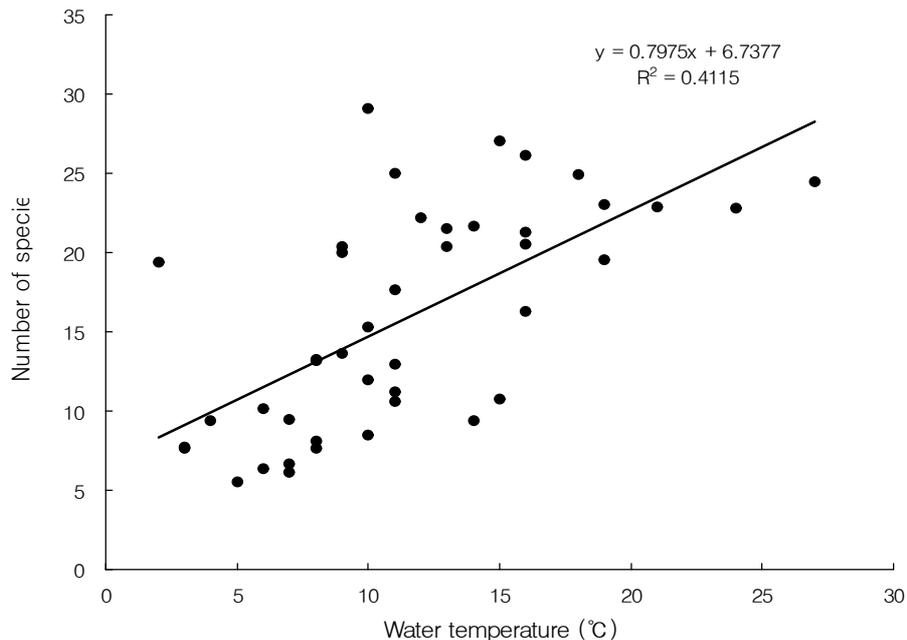


그림 11. 섬모충 플랑크톤의 출현종수와 수온과의 관계

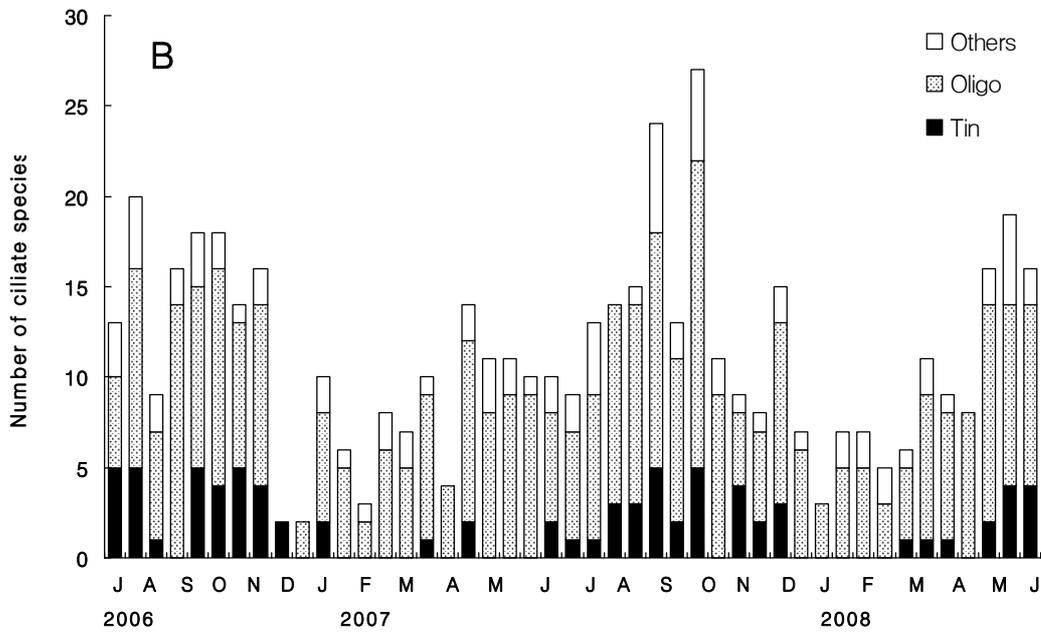
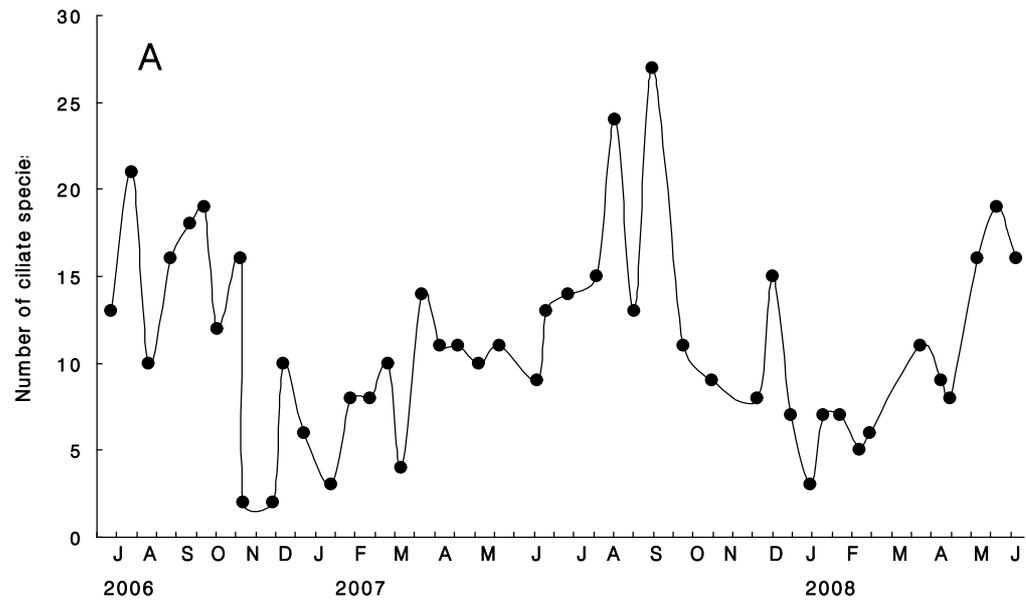


그림 12. 섬모충 플랑크톤의 총출현종수와 분류군별 출현종수의 시기별 변화

### 3. 섬모충 플랑크톤의 개체수 변동

조사기간 중 섬모충플랑크톤 개체수 변동은 출현중수의 변화와 유사하게 6월에서 10월까지 20 °C 이상의 고수온기에 상대적 높은 개체수를 보였다. 반면에 11월에서 3월까지 저수온기에는  $1.0 \times 10^4$  cells L<sup>-1</sup> 이상의 고밀도가 관찰되었다. 11월에 150 cells L<sup>-1</sup>로 급격히 감소하였으며 이후 15 °C 이하의 저수온기인 1월에서 4월까지 1.0x10<sup>4</sup> cells L<sup>-1</sup> 이하의 상대적 저밀도를 대조적으로 보였다 (그림 13). 2007년 8월에 4.0x10<sup>4</sup> cells L<sup>-1</sup>의 개체수로 급증하는 결과를 보였으며 동시기에 chl. a의 20 µm 이상의 분획에서도 peak를 보여 일치를 보였다. 이 시기 우점적 출현한 종류는 독립영양을 하는 *Myrionecta rubra*로 일반적으로 섬모충과 chl. a의 일치하는 결과를 피포식의 관계로 해석할 수 없으나, *Myrionecta rubra*는 세포내 chloroplast를 보유하고 있어 식물플랑크톤과 함께 chl. a의 농도 증가에 기여했다고 판단된다. 섬모충 플랑크톤의 대부분은 박테리아나 소형 식물플랑크톤을 포식한다고 일반적으로 알려져 있다. 이 들 먹이생물은 주로 고수온기에 그 생물량이 증가함으로 본 연구기간 중 섬모충 플랑크톤의 개체수도 고수온기에 동반 증가함으로 해석된다.

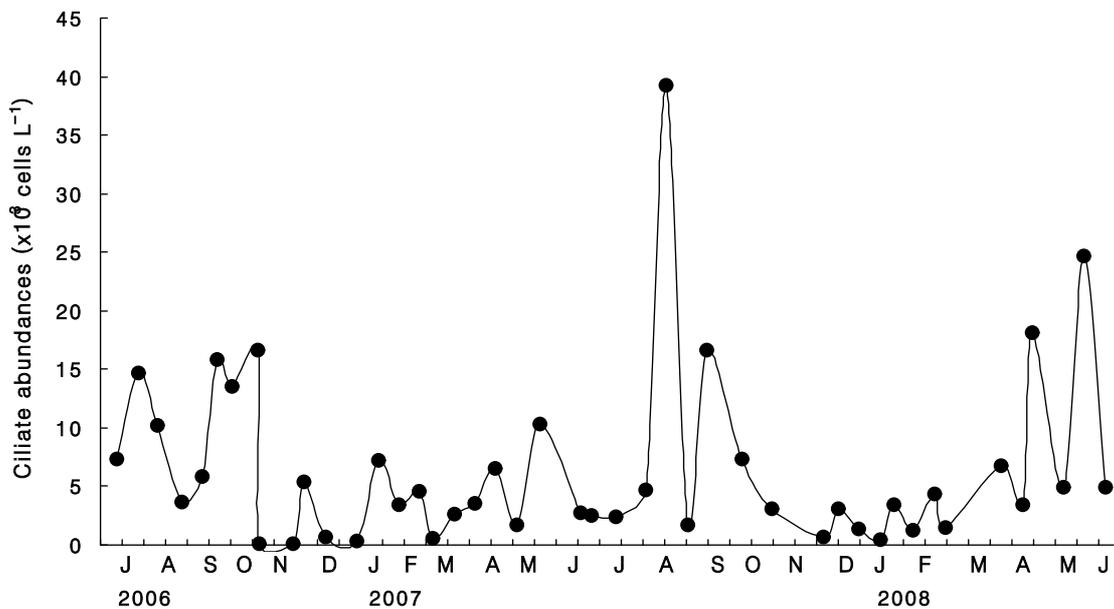


그림 13. 섬모충 플랑크톤 개체수의 시기별 변동

### 3. 섬모충 플랑크톤의 우점종 변동

섬모충 플랑크톤 우점종은 개체수가 1,000 cells L<sup>-1</sup> 이상으로 2회 이상 출현한 종류를 선별하였다. 조사기간 중 섬모충플랑크톤의 우점종은 단기간(2주일)에 변하는 특징을 보였으며 대부분의 고수온기에 집중적으로 출현하였다. 2006년 7월 초에는 소형 유충섬모류 *Tintinnopsis nana*가 우점하였으며 2007년 8월, 2008년 6월에도 우점을 보여 매년 6-8월 사이 번성하는 종류로 판단된다. *Tintinnopsis nana*에 이어 2006년 7월 말에는 *Amphorellopsis acuta*로 우점종이 바뀌었다. 수온이 29 °C까지 상승한 2006년 8월 초에는 소형 소모류 *Pelagostrombilidium* sp.가 우점종으로 출현하였으며 10월까지 높은 개체수로 출현하였으며 2007년에도 동시기 우점하여 본 종은 고수온기에 적응된 종으로 판단된다. 이어 2006년 9월에는 독립영양 섬모충인 *Myrionecta rubra*이 최고 개체수 (약 10<sup>4</sup> cells L<sup>-1</sup>)로 우점하였으며 2007년에도 8월에 우점하여 고수온기 우점하는 종류로 판단된다 (그림 14). 이 밖에도 7-9월의 고수온기에 함께 우점하는 종류로 소모류 *Pelagostrombilidium* sp, *Tontonia simplicidens*, *Strombidium dalum*과 유충섬모류 *Helicostomella subulata*가 출현하였다 (그림 15). 고수온기는 물론 추계와 동계의 저수온기도 출현하는 종류는 *Strombidium tressum*과 *Strombidium compressum*으로 이 두 종류의 소모류는 광온성으로 판단된다. 출현한 섬모충 플랑크톤 중 유일하게 저수온기 동계에 상대적 고밀도의 분포를 보인 종은 *Rimostrombidium orientale*로 2006년 2월에 우점을 보였다 (그림 16).

이들 우점종의 시기별 천이는 수환경의 변화와 밀접한 관계를 보였다. 수온의 변화에 양의 상관관계를 보인 종류는 *Pelagostrombilidium* sp., *Myrionecta rubra*, *Tontonia simplicidens*, *Helicostomella subulata*, 반대로 음의 상관관계를 보이는 종류는 *Rimostrombidium orientale*이 보였다. 염분과는 음의 상관관계를 보이는 종류는 *Pelagostrombilidium* sp., *Strombidium bilobum*, *Amphorellopsis acuta*였으며, pH와는 *Strombidium inclinatum*이 음의 상관관계를 보였으며 이 종류는 박테리아를 포식하는 대표적인 종류로 보고되어 있으며 일반적으로 박테리아는 유기물 분해시 산소를 소모함으로 주변 pH는 감소하는 경향이 있으므로 이 같은 결과는 *Strombidium inclinatum*의 서식환경으로 반영되었다고 할 수 있다. Chlorophyll *a*와는 독립영양 섬모충인 *Myrionecta rubra*와 *Helicostomella subulata*가 양의 상관관계를 나타내었다. *Myrionecta rubra*의 경우 chl. *a*를 함유하고 있어 상관성이 있으나 *Helicostomella subulata*는 소형 플랑크톤을 주로 포식하는 종류로 먹이생물의 환경을 지시하는 chl. *a*의 농도와 밀접한 관계가 있으므로 해석된다 (표 1).

표 1. 섬모충 플랑크톤 우점종의 개체수와 수환경 요인과의 유의성 있는 상관계수

	Temperature	Salinity	pH	Chl. <i>a</i> (>20 $\mu\text{m}$ )
<i>Pelagostrombidium</i> sp.	0.531	-0.599		
<i>Myrionecta rubra</i>	0.412			0.564
<i>Tontonia simplicidens</i>	0.350			
<i>Helicostomella subulata</i>	0.338			0.539
<i>Rimostrombidium orientale</i>	-0.403			
<i>Rimostrombidium</i> sp.				
<i>Strombidium bilobum</i>		-0.553		
<i>Amphorellopsis acuta</i>		-0.633		
<i>Strombidium inclinatum</i>			-0.495	

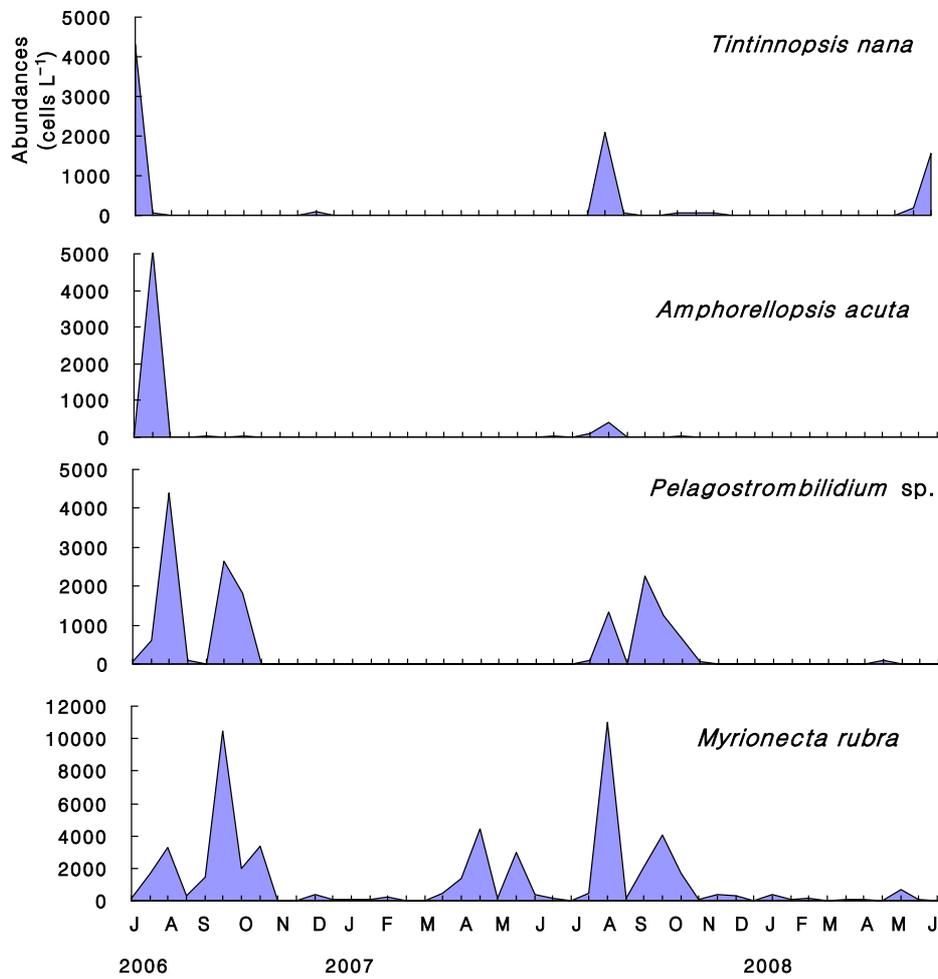
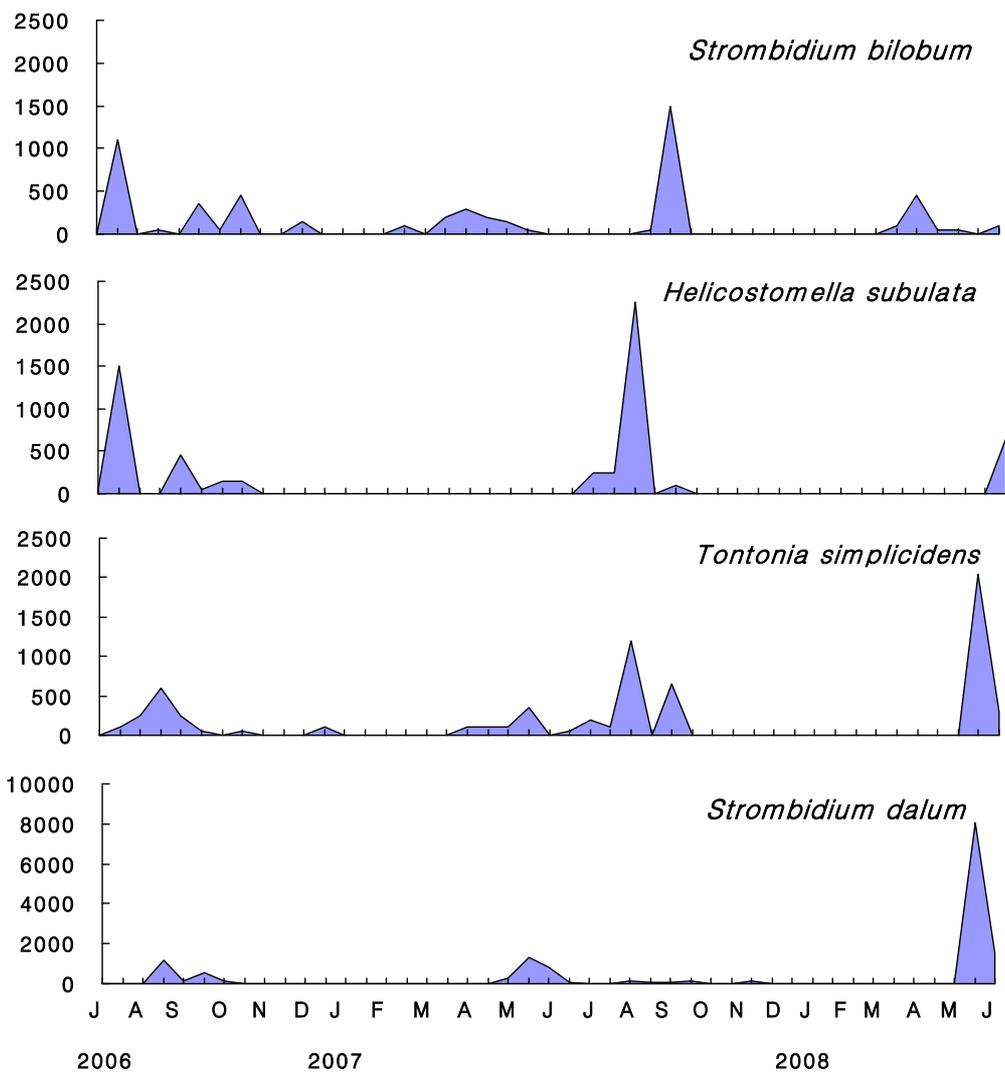


그림 14. 섬모충플랑크톤 우점종의 시기별 개체수 변동



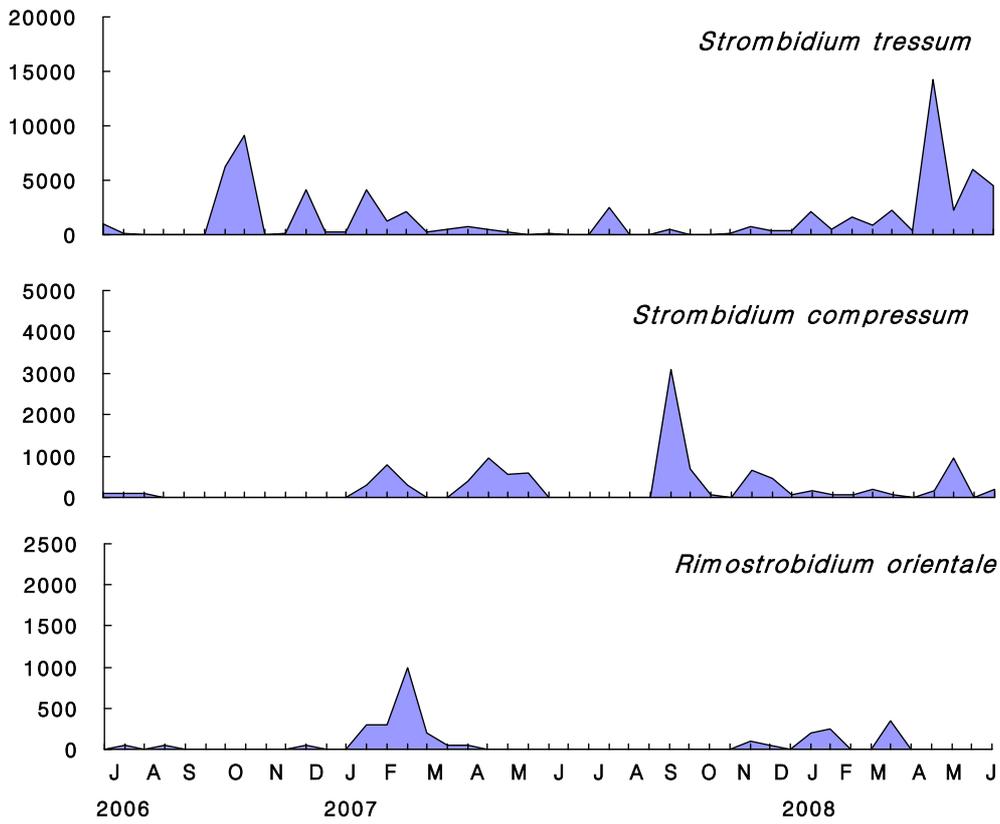


그림 16. 섬모충플랑크톤 우점종의 시기별 개체수 변동

#### 4. 섬모충 플랑크톤 생물상의 분류학적 기재

본 연구를 통해 동정된 섬모충 플랑크톤 중 소모류에 속하는 종류 54종 중에 52종류는 국내 미기록 종이며, 2종류는 신종으로 차후 정밀 형태분석을 추가한 보완된 자료를 확보하여 단행본으로 출간하고자 한다. 지면의 제한으로 17 종을 선별하여 형태학적 특징을 약식으로 아래와 같이 기재하였으며 상위 분류체계는 최근에 제안된 Agatha의 분류체계를 적용하였다 (36).

Class Oligotrichea Bütschli, 1889

Subclass Oligotrichia Bütschli, 1889

Order Choreotrichida Small and Lynn, 1985

Suborder Strobilidiina Jankowski, 1980

Family Strobilidiidae Kahl in Doflein & Reichenow, 1929

Genus *Rimostrombidium* Jankowski, 1978

*Pelagostrombidium* Petz et al., 1995

Family Strombidinopsidae Small & Lynn, 1985

Genus Strombidinopsis Kent, 1881

Order Oligotrichida Bütschli, 1889

Family Strombidiidae Fauré-Fremiet, 1970

Genus *Omegastrombidium* Agatha, 2004

*Strombidium* Claparede & Lachmann, 1859

Family Tontoniidae Agatha, 2004

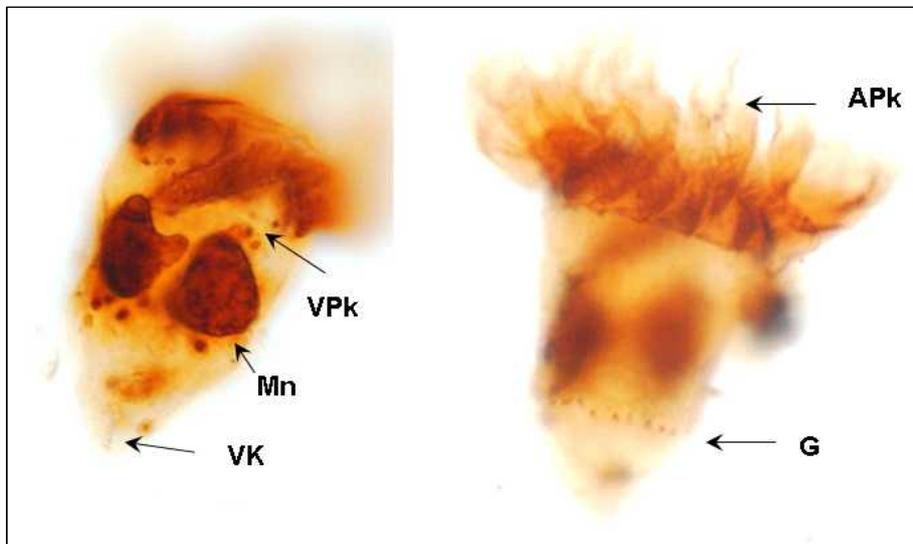
Genus *Tontonia* Fauré-Fremiet, 1914

*Spirotontonia* Agatha, 2004

1) *Strombidium bilobum* Lynn and Gilron, 1993

Description : 세포의 길이는 23-34  $\mu\text{m}$ , 넓이는 16-27  $\mu\text{m}$ 이며, anterior polykinetids (APk)는 12-16개, ventral polykinetids (VPk)는 8-12개이고 구부 속 오른쪽으로 함몰되어 뻗어 있음, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에서 2-4개의 dikinetids가 아주 짧게 (앞쪽에 섬모 나옴), girdle (G)은 짧은 섬모가 나와 있는 dikinetids로 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 엽상형 (두개의 잎이 붙은 모양), 몸체 후반부가 부풀어 삼각형 모양을 이룸.

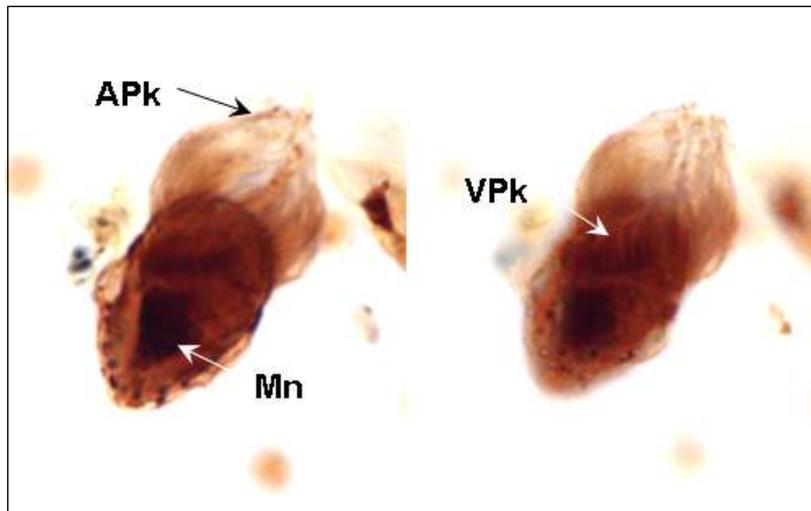
Remarks : 춘계와 추계에 장목만과 마산만에서 우점적 출현.



2) *Strombidium dalum* Lynn et al., 1988

Description : 세포의 길이는 13-18  $\mu\text{m}$ , 넓이는 7-12  $\mu\text{m}$ 의 소형종, anterior polykinetids (APk)는 10-15개로 햇불 모양, ventral polykinetids (VPk)는 6-9개이고 구부 속으로 함몰되어 들어가 있음, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에서 아주 짧게 위치함 (관찰 어려움), girdle (G)은 짧은 섬모가 나와 있는 monokinetids로 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 1개의 삼각형 (후반부에 치우쳐 위치함).

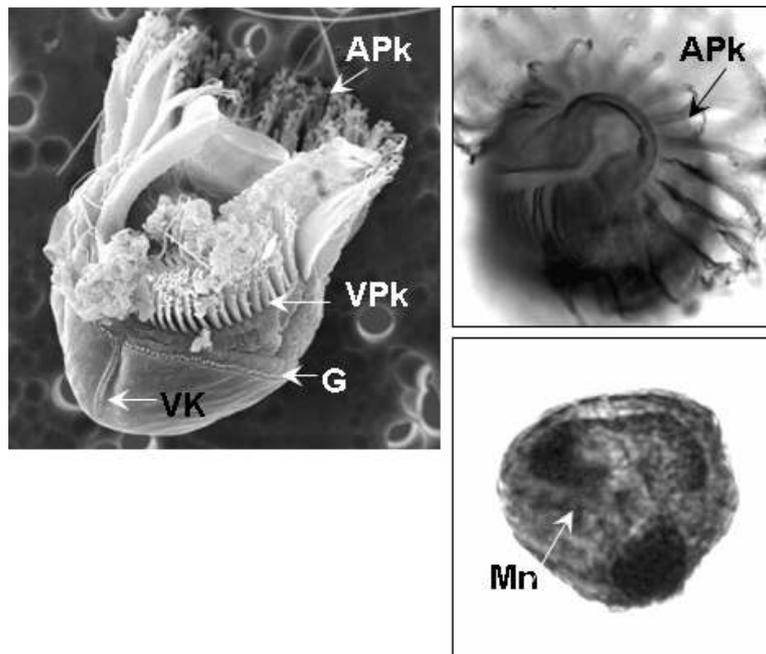
Remarks : 장목만과 마산만에서 동계를 제외한 모든 시기 출현.



3) *Strombidium capitatum* Montagnes et al., 1988

Description : 세포의 길이는 31-61  $\mu\text{m}$ , 넓이는 30-55  $\mu\text{m}$  이며, anterior polykinetids (APk)는 15개, ventral polykinetids (VPk)는 14-23개, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에 있어서 girdle까지 뻗어 있음. girdle (G)은 짧은 섬모가 나와 있는 monokinetids로 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 물음표 모양. 구부는 넓고 깊게 함몰된 Oral groove 형성.

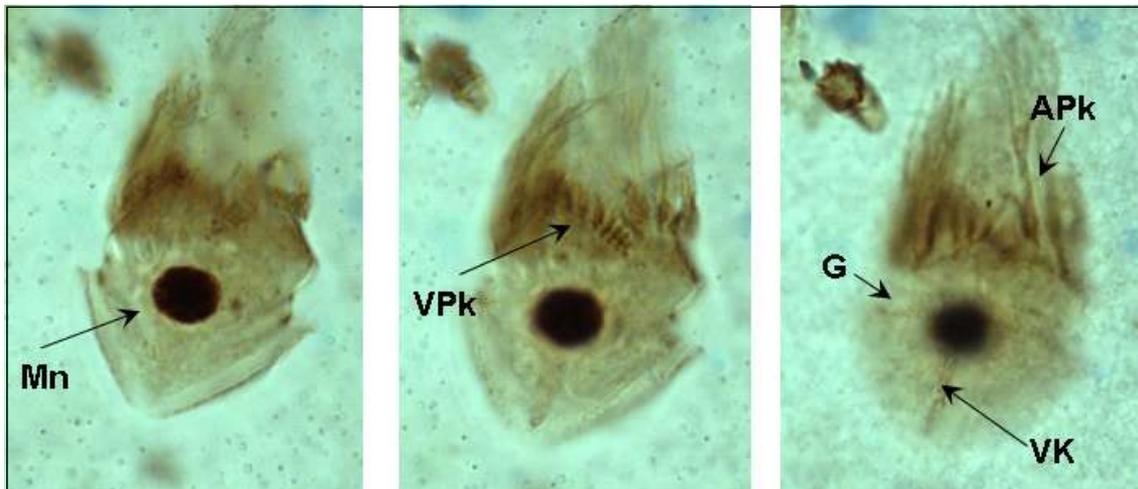
Remarks: 자가형광을 나타냄으로 혼합영양성이며, 추계서 춘계까지 주로 저수온기 출현, 장목만과 마산만 2006-8년 4월 우점적 출현.



4) *Strombidium compressum* Lynn et al., 1988

Description : 세포의 길이는 17-28  $\mu\text{m}$ , 넓이는 13-24  $\mu\text{m}$  이며, anterior polykinetids (APk)는 12-15개로 길이가 유사, ventral polykinetids (VPk)는 6-8개로 APk로 이어짐, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에서 girdle 부분까지 dikinetids가 길게 연결되어 있으며, girdle (G)은 짧은 섬모가 나와 있는 monokinetids가 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 1개 원형.

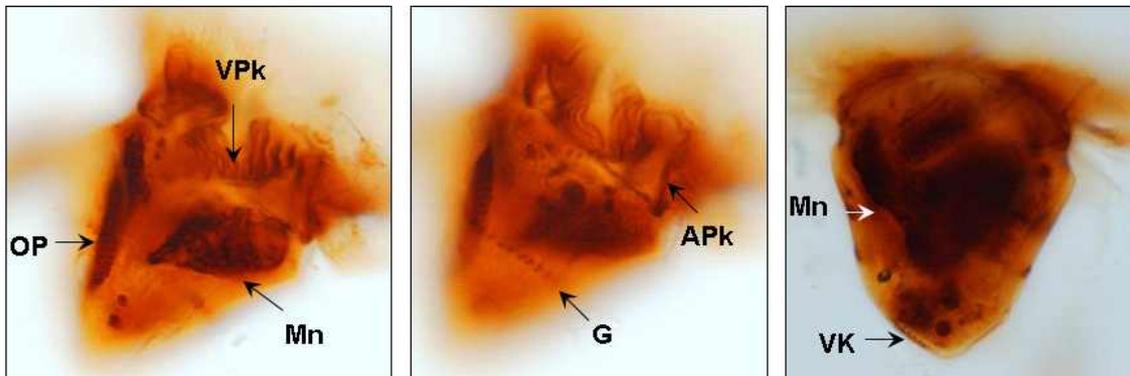
Remarks: Lynn et al. (1988)의 형태는 VK가 하단에만 발달되어 있으나 국내 출현종은 하단에서 girdle 부위 근접까지 이어짐. 장목만 2006년 8월, 마산만 2006년 11월 출현.



5) *Strombidium constrictum* Lynn et al., 1988

Description : 세포의 길이는 39-51  $\mu\text{m}$ , 넓이는 28-39  $\mu\text{m}$  이며, anterior polykinetids (APk)는 16개, ventral polykinetids (VPk)는 8-14개, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에 짧게 4-5개의 monokinetids, girdle (G)은 짧은 섬모가 나와 있는 monokinetids가 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 하트형, 구부 원기 (oral primodium: OP)은 세포의 우측 중앙에 형성.

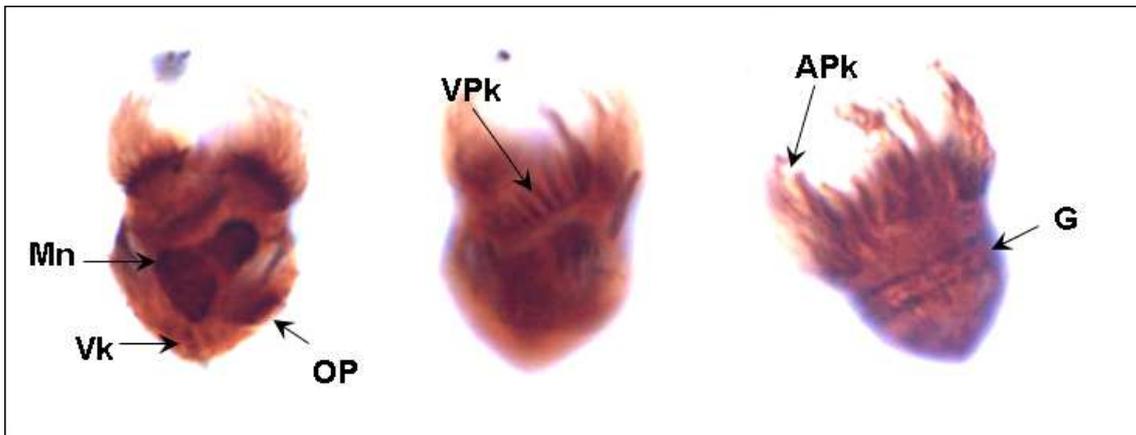
Remarks: Lynn et al. (1988)의 형태는 G가 하단에 발달되어 있으나 국내 출현종은 중앙에서 약간 하단부위에 발달. 장목만 2006년 8월, 마산만 2006년 11월 출현.



6) *Strombidium epidemum* Lynn et al., 1988

Description : 세포의 길이는 9-14  $\mu\text{m}$ , 넓이는 7-13 $\mu\text{m}$  이며, anterior polykinetids (APk)는 14개, ventral polykinetids (VPk)는 6-9개, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에서 짧게 위치하고 monokinetids, girdle (G)은 짧은 monokinetids가 두 열로 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 보통은 원형 (사진은 분열 중 상태), 구부 원기 (Oral primordium: OP)은 좌측 하단 부분에 발달.

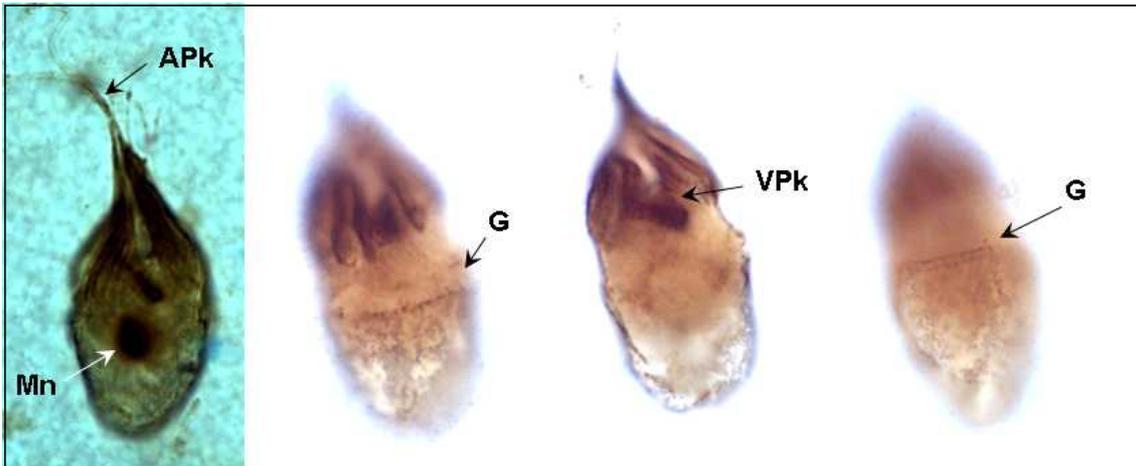
Remarks: 동계를 제외한 전계절에 장목만과 마산만에 출현하며 주로 춘추계에 우점.



7) *Strombidium tressum* Lynn et al., 1988

Description : 세포의 길이는 21-29  $\mu\text{m}$ , 넓이는 13-19 $\mu\text{m}$  이며, anterior polykinetids (APk)는 12-15개, ventral polykinetids (VPk)는 7-8개, ventral kinety (VK)는 후반부 말단에서 girdle 아래까지 길게 확장된 dikinetids, girdle (G)은 짧은 섬모가 나와 있는 monokinetids가 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 원형.

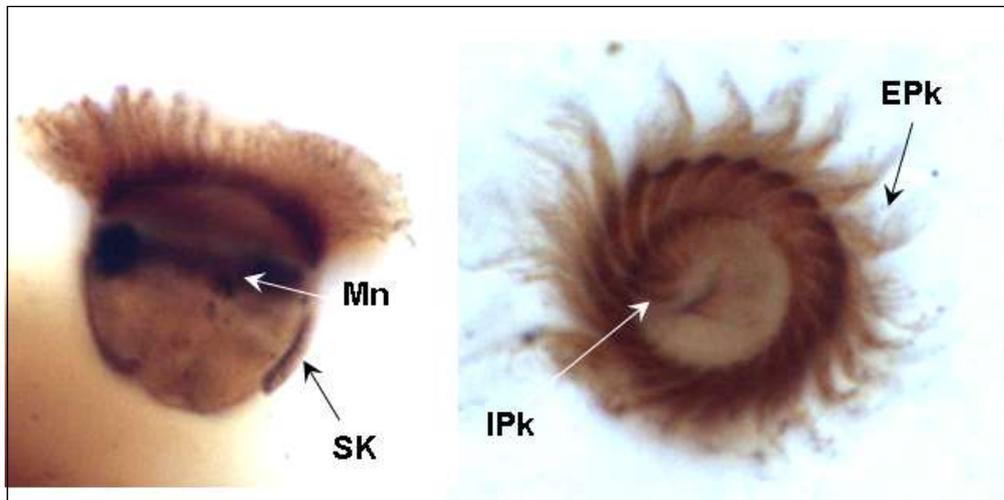
Remarks: APk의 가늘고 길게 늘어진 시료도 보이지만 대부분은 소실된 상태로 보임, girdle 아래 부분은 망목상 무늬가 특징적임. 전계절에 출현 마산만 4월, 장목만 2008년 4월 우점적 출현.



8) *Rimostrombidium orientale* Song & Bradbury, 1998

Description : 세포의 길이는 25-35  $\mu\text{m}$ , 넓이는 20-30  $\mu\text{m}$  이며, exterior polykinetids (EPk)는 20-23개, internal polykinetids (IPk)는 1개, somatic kinety SK는 6개, SK는 몸체의 중앙 부위에 후단 1/3 남기고 뻗음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 말굽형.

Remarks: 저수온기 동계에 분포하는 종류로 장목만과 마산만 2-3월 출현.



9) *Rimostrombidium conicum* (Kahl, 1932) Petz & Foissner, 1992

Description : 세포의 길이는 25-39  $\mu\text{m}$ , 넓이는 19-31  $\mu\text{m}$  이며, exterior polykinetids (EPk)는 20-26개, internal polykinetids (IPk)는 1개, somatic kinety SK는 6개, SK1은 후반부 말단에서 위로 가장 길게 뻗음, SK2와 SK3는 사선으로, SK4, SK5은 후단 1/3 남김고 뻗음, SK6는 중앙까지 짧게 뻗음. 대핵 (macronucleus: Mn)은 말굽형.

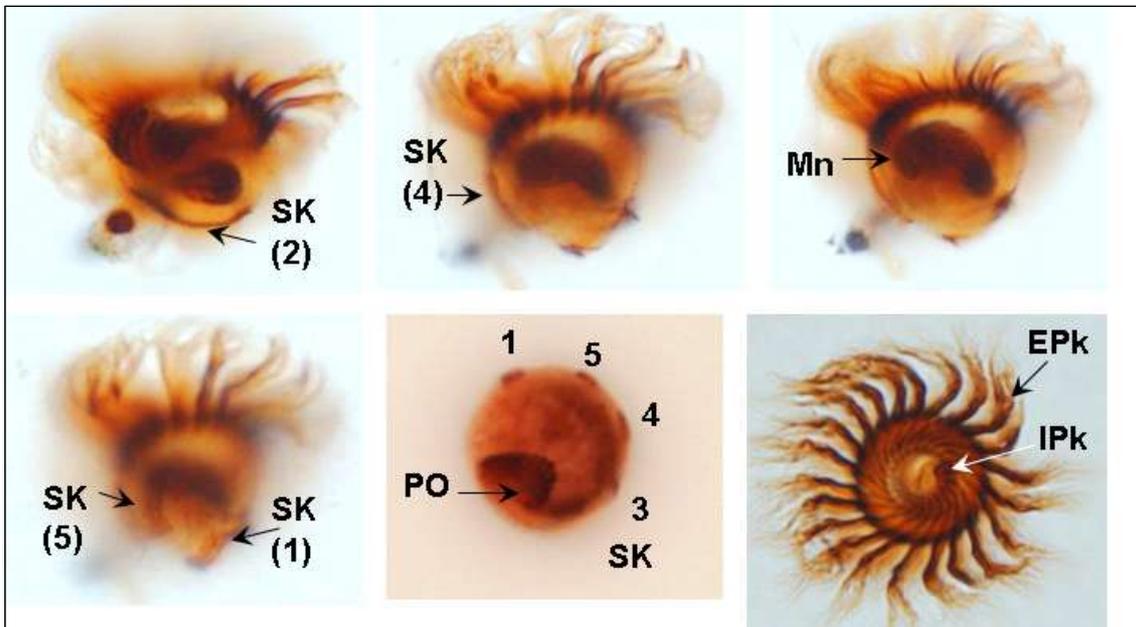
Remarks: 장목만 2006년 8월, 마산만 2006년 11월 출현.



11) *Pelagostrobilidium* sp.

Description : 세포의 길이는 9-12  $\mu\text{m}$ , 넓이는 10-14  $\mu\text{m}$ 로 소형종이며, exterior polykinetids (EPk)는 18-22개, internal polykinetids (IPk)는 3-4개, somatic kinety SK는 5개, SK1은 후반부 말단에 근접하게 가장 길게 뻗음, SK2는 말굽형으로 SK1과 SK3 사이에 위치, SK4, SK5은 후단 1/3 남기고 뻗음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 1개 말굽형.

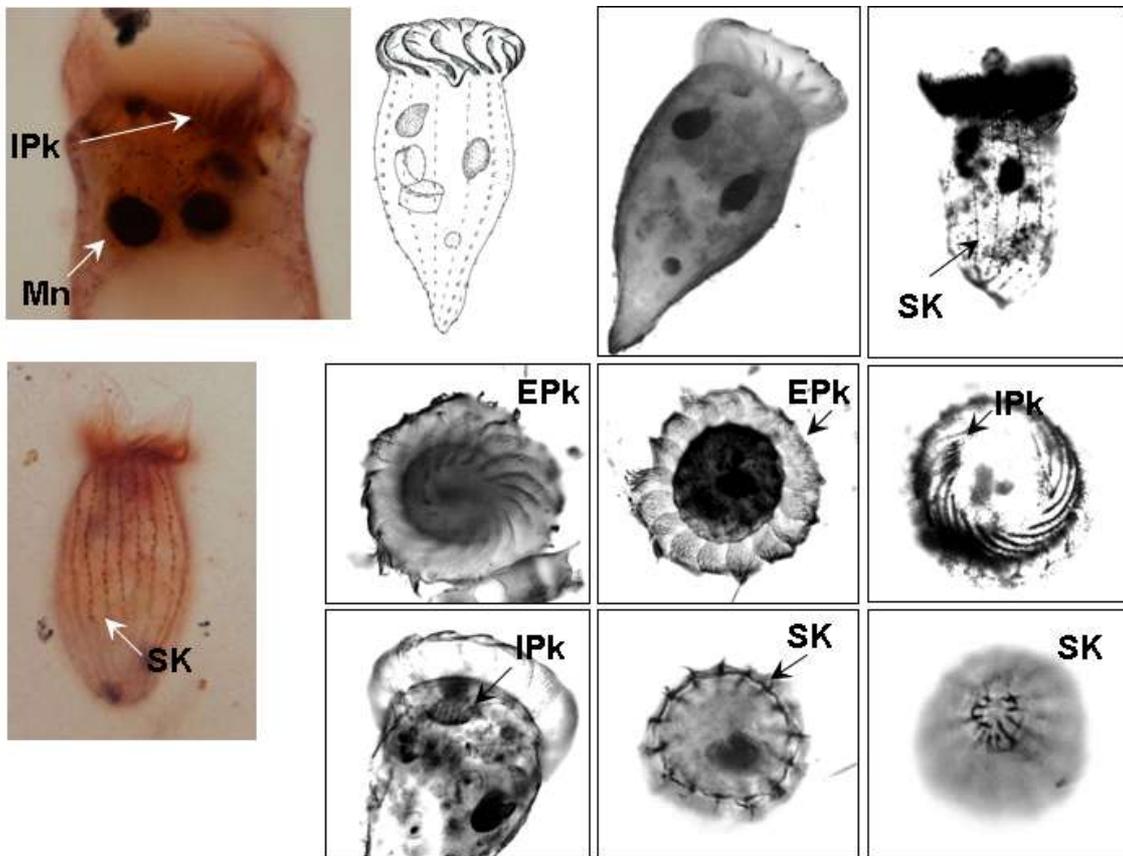
Remarks: 고수온기에 우점하며 장목만 2006년 6-9월, 마산만 2006년 8월 출현.



12) *Strombidinopsis jeokjo* Jeong et al., 2004

Description : 세포의 길이는 100-190  $\mu\text{m}$ , 넓이는 60-105  $\mu\text{m}$  이며, exterior polykinetids (EPk)는 15-17개, internal polykinetids (IPk)는 2-8개, somatic kinety SK는 26개, dikinetids (양쪽으로 갈라짐), 대핵 (macronucleus: Mn)은 난형이며 2개.

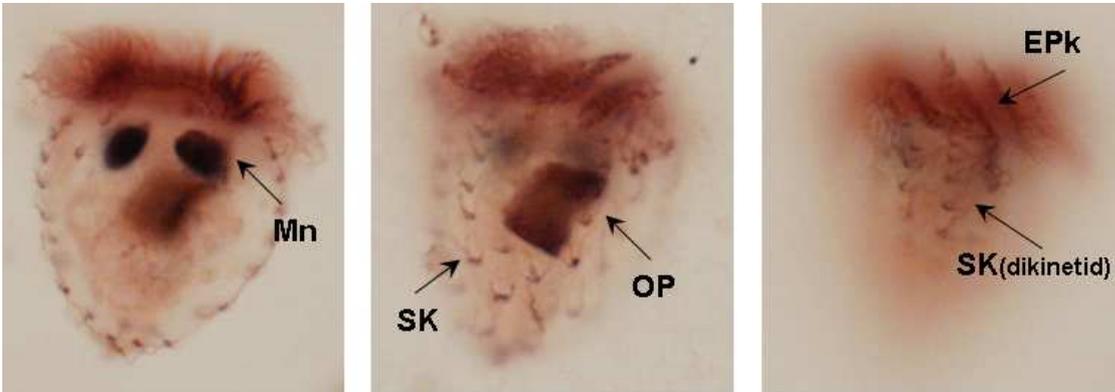
Remarks: 고수온기에 주로 출현, 장목만, 마산만 2006년 8월 출현.



13) *Strombidinopsis chilhorax* Lynn et al., 1991

Description : 세포의 길이는 24-35  $\mu\text{m}$ , 넓이는 17-29  $\mu\text{m}$  이며, exterior polykinetids (EPk)는 15-18개, internal polykinetids (IPk)는 1개, somatic kinety SK는 15-18개, dikinetids (양쪽으로 갈라짐), 대핵 (macronucleus: Mn)은 난형이며 2개.

Remarks: 고수온기에 주로 우점, 장목만 2006년 8-9월, 마산만 2006년 8월 출현.

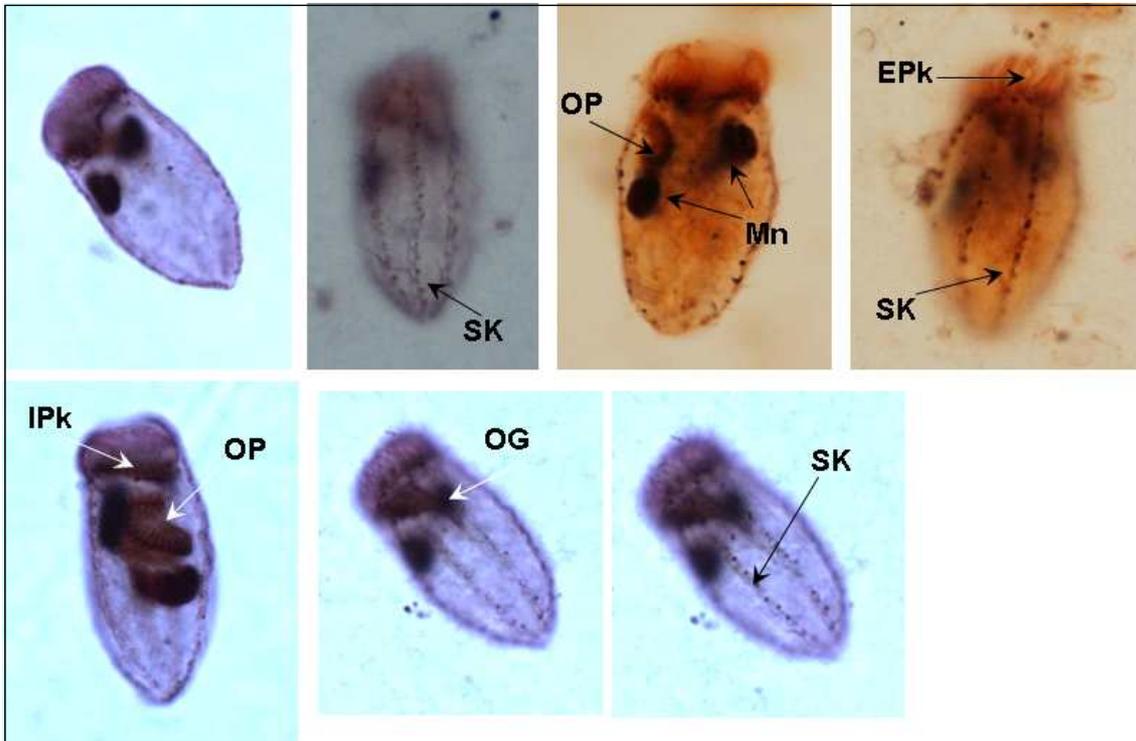


14) *Strombidinopsis* sp.

Description : 세포의 길이는 24-29  $\mu\text{m}$ , 넓이는 13-15  $\mu\text{m}$  이며, exterior polykinetids (EPk)는 13-17개, internal polykinetids (IPk)는 4-5개, somatic kinety SK는 7-9개, dikinetids (양쪽으로 갈라짐), 대핵 (macronucleus: Mn)은 난형이며 2개, oral groove (OG) 깊게 함몰됨, oral primodium (OP)은 복면 우측에 형성.

Remarks: 고수온기에 주로 분포, 장목만과 마산만 8월 출현.

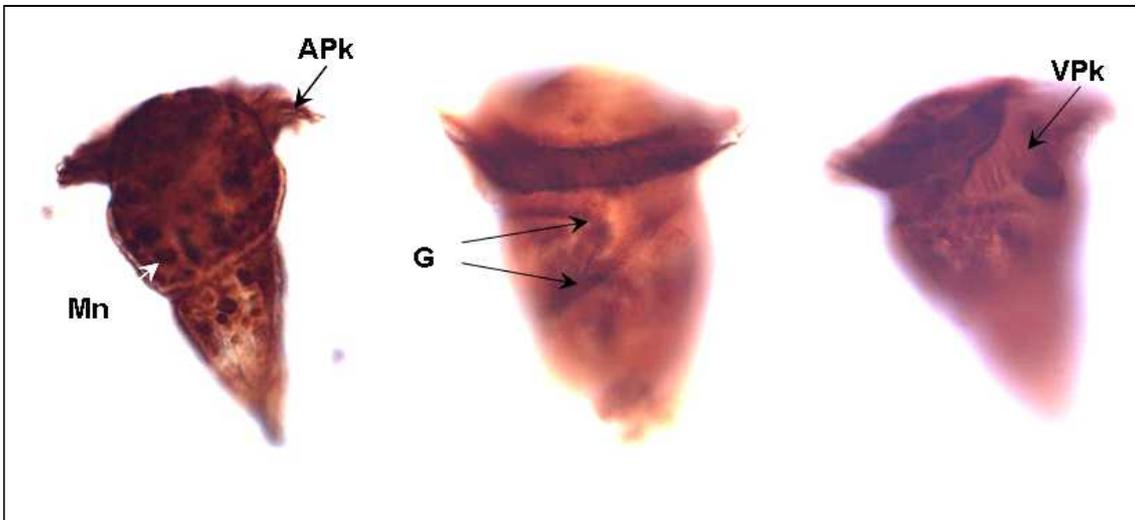
현재까지 동일 형태 중 발견되지 않음 (차후 정밀 조사 후 신종 기재 예정)



15) *Omegastrombidium kahli* Xu, 2004

Description : 세포의 길이는 60-90  $\mu\text{m}$ , 넓이는 40-60  $\mu\text{m}$ 이며, anterior polykinetids (APk)는 50-60개, 복측에 2개의 길게 신장된 APk가 발달, ventral polykinetids (VPk)는 10-15개, girdle (G)은 dikinetids가 복측에서 한줄로 둘러져 등쪽에서 합쳐지면서 2열로 나란히 나선형으로 몸체를 2.0-2.5 바퀴 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 입자형으로 30개 이상 몸 전체 산재, Oral groove는 넓게 우측 사면으로 발달.

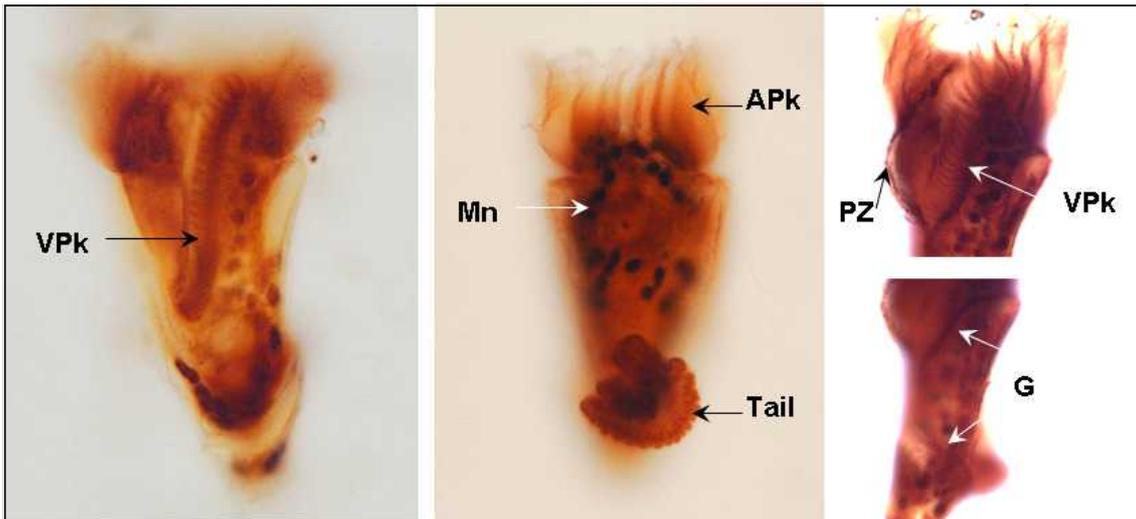
Remarks: 중국 청도 연안에서 발견하여 신종 기재됨, 국내에서는 마산만과 장목만에서 주로 하계 (7-9월)에 출현함.



16) *Spirotontonia grandis* (Suzuki & Han, 2000) Agatha, 2004

Description : 세포의 길이는 70-155  $\mu\text{m}$ , 넓이는 40-113  $\mu\text{m}$ 이며, anterior polykinetids (APk)는 13-16개, ventral polykinetids (VPk)는 24-33개, girdle (G)은 monokinetids가 나선형으로 몸체를 3.0-3.5 바퀴 둘러 있음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 입자형으로 여러개 (13-16개), Oral groove는 몸의 1/2까지 내려옴, caudal appendix (tail)가 콤마 모형 또는 "L" 모양으로 발달, 구부 원기 (oral primodium: OP)은 세포의 우측 중앙에 형성. 때때로 표면에 cortical platelets 가 덮여 있음.

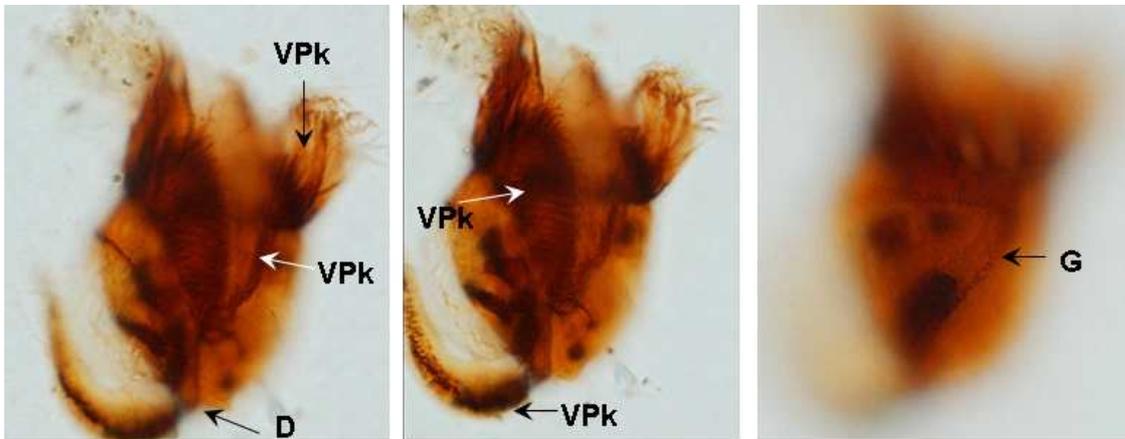
Remarks : 동중국해에서 수온 14.5-24.9  $^{\circ}\text{C}$ , 염분 30.7-34.5 psu에서 분포, 국내 연안은 장목만에서 9월, 마산만에서 8월에 출현 출현종은 중앙에서 약간 하단부위에 발달. 장목만 2006년 8월, 마산만 2006년 11월 출현.



17) *Tontonia poopsia* Lynn and Gilron, 1993

Description : 세포의 길이는 50-70  $\mu\text{m}$ , 넓이는 40-55  $\mu\text{m}$ 이며, anterior polykinetids (APk)는 16-19개, ventral polykinetids (VPk)는 19-25개, oral groove(OP)가 넓고 후단 근처까지 내려옴, girdle (G)은 monokinetids가 몸체의 등면을 두르고 복면은 OP를 따라 후단으로 뻗음, 대핵 (macronucleus: Mn)은 입자형으로 여러개 (14-24개), Oral groove는 몸의 1/2까지 내려옴, caudal appendix (tail)가 비교적 크고 미세한 섬모배열 보임, 후단에는 함몰된 dimple (D) 구조가 특징.

Remarks : 국내 연안은 장목만과 마산만에서 6-9월의 하계에 출현.



## IV. 고찰

### 1. 국내 타 해역에서 섬모충 플랑크톤 분포와 비교

국내 섬모충 플랑크톤의 분포에 관한 연구는 극히 제한되어 있어 자세한 분포 비교는 어려우나 현재까지 문헌에 보고된 종류를 중심으로 본 과제의 연구책임자의 미발표 보유자료를 포함하여 논의하고자 한다.

유충섬모류 *Tintinnopsis nana*의 경우 마산만과 시화호와 같이 오염해역에서도 본 조사결과와 유사하게 고수온기 8월에 고밀도의 개체수 ( $10^6$  cells  $L^{-1}$ )가 보고되었다 (37, 38). *T. nana*의 경우 세포의 구경이 18  $\mu m$ 의 소형종으로 박테리아와 같은 작은 picoplankton을 효율적으로 섭취할 수 있다. 따라서 본 종은 타 시기보다 박테리아가 번성하는 하계에 우점적인 분포를 보이며 장목만은 마산만이나 시화호에 비해 청정수역이므로 박테리아의 밀도는 낮으리라 예측되며 결과적으로 이 두 수역보다는 낮은 개체수 분포를 보였다고 판단된다.

유충섬모류 *Helicostomella subulata*는 국내 연안해역에 흔히 출현하는 종류로 마산만, 구룡포항, 제주근해와 동중국해에서도 그 출현이 보고되어 있다 (26, 27). 본 종의 경우 장목만에서는 고수온기에만 관찰되나 계절별로 형태적 특징이 변화하는 종으로 알려져 있다. 고수온기에는 피갑(lorica)의 구연(oral margin)에 구치(oral teeth)가 약화되며 반대로 저수온기에 출현하는 개체의 경우 구치가 잘 발달되어 있어 수온에 따른 종내 형태적 변이가 관찰되는 종으로 주목할 수 있다.

독립영양 섬모류 *Myrionecta rubra*는 본 연구 결과와 유사하게 마산만, 시화호, 새만금해역에서도 하계에 높은 개체수 분포가 기록되었다 (37, 38, 39). 이 종의 분포는 식물플랑크톤의 분포 패턴과 일치하는 결과가 구룡포항에서 보고되었으며 이는 이 종이 독립영양성은 식물플랑크톤과 같이 무기영양염을 사용하는 영양방법으로 식물플랑크톤과 생태학적 지위를 공유하기 때문으로 언급하고 있다 (40). 장목만에서도 이와 상응하는 결과로 *Myrionecta rubra*는 규조류와 와편모조류와 같은 식물플랑크톤의 주요 구성원이 포함되는 20  $\mu m$  이상의 chlorophyll a의 분획 농도의 분포와 양의 상관관계가 이해될 수 있다.

소모류 *Strombidium tressum*은 장목만에서 비교적 광범위한 시기에 걸쳐 출현하는 종류였으며 2007년 4월에  $10^4$  cells  $L^{-1}$  이상의 높은 개체수가 관찰되었으며, 이와 유사하게 마산만에서도 2006년 4월에  $10^5$  cells  $L^{-1}$  이상의 고밀도의 분포가 확인되었고 (김영옥, 미발표 자료), 제주연안해역에서도 2000년 5월에 우점종으로 그 출현이 보고되었다 (41). 따라서 *S.*

*tressum*은 주로 춘계에 높은 생장을 보이는 종류로 판단되며 소모류 중에서 타 종류보다 높은 개체수로 출현함으로 향후 이들의 증식과 주변 환경요인과의 관계를 규명함이 요구된다.

소모류 *Strombidium dalum*은 소형종으로 제주연안에서는 2000년 3월에 우점종으로 보고되었으며 본 조가결과 장목만에서는 2007년과 2008년 5-6월에 출현하였다. 새만금해역에서는 고수온기 8월에 5,400 cells L<sup>-1</sup>의 개체수가 보고되었으며 동시기 박테리아의 최고밀도가 일치함으로 먹이생물의 생물량에 민감하게 반응하는 종류로 언급하고 있다 (39). 이와 같은 결과를 종합하면 *S. dalum*은 저수온기 1-2월을 제외한 대부분의 시기에 출현하는 종류로 사료된다.

소모류 *Tontonia simplicidens*는 4월에 마산만 내측의 오염수역보다 외측의 청정수역에서 높은 개체수 분포를 보여 수질의 지표종으로 그 활용성이 제시되었다 (39). 장목만에서는 6-9월의 고수온기에 상대적 높은 개체수의 출현을 보였으며 새만금주변해역에서도 8월에 고수온기에 높은 개체수 분포가 기록되어 일치를 보였다 (39). 장목만은 주변으로부터 오염원 유입이 적은 수역임으로 *T. simplicidens*의 출현은 본 조사수역은 비교적 청정해역이라 판단된다.

## 2. 일본의 섬모충 플랑크톤 분포와 비교

일본측 연구자가 조사한 일본의 나가사키 근해 Isahaya만에서 2002년 2월부터 2004년 8월까지 섬모충 플랑크톤은 유충섬모류 27종과 소모류 53종이 관찰되어 총 80종이 보고되었다 (42). 섬모충 플랑크톤의 출현종수는 우리나라 장목만의 총출현종수 (91종류)가 10종 정도 많으나 이는 일본에서는 배제되어 보고된 소모류와 유충섬모류 이외의 분류군에 속하는 종류가 포함되어 있기 때문이다. 따라서 우리나라의 장목만과 일본의 Isahaya 만에서 유사한 시기동안 (일본 2.5년, 우리나라 2년) 분석결과 섬모충 플랑크톤의 출현종수는 비슷한 종수를 보였다.

유충섬모류의 출현종 중에서 국내에서 출현기록이 없는 종으로 Isahaya만에서 관찰된 종은 *Leptotintinnus bottinicus*와 *Tintinnopsis lobiancoi*이며 이 중, *L. bottinicus*는 북해도 해역에 출현하는 냉수종으로 Isahaya 만에서도 주로 춘계와 추계의 상대적 저수온 시기에 출현하였으며 *T. lobiancoi*는 피갑의 길이가 150 μm에 달하는 큰 종류로 북해도 무츠만에서 보고되었으며 나가사키 근해 Isahaya만에서는 2003년 6월에 16,000 cells L<sup>-1</sup>의 높은 개체수가 관찰되었다. 이 밖에 나가사키 해역에는 난류성 외양종인 *Codonellopsis orthoceras*,

*Undella subcaudata*, *Eutintinnus apertus*와 같은 종류가 출현함으로 장목만에 비해 구로시오의 영향을 크게 받고 있는 수역이라 할 수 있다. 반대로 국내에만 출현하는 유종섬모충류는 *Salpingella laminata*로 *Salpingella* 속의 종류 중에 소형종으로 장목만 뿐 아니라 마산만에서도 빈번히 출현하는 종이다 (21).

소모류 출현종의 경우 *Strombidium maedai*, *Strobilidium eparcrum*, *Strombidinopsis multiauris*는 일본 나가사키 해역에서는 관찰되었으나 국내에서는 현재까지 출현 기록이 없다. 반대로 국내에서만 출현한 종은 *Strombidium constrictum*, *Rimostrombidium conicum*, *Rimostrombidium orientale*, *Pelagostrombidium* sp., *Strombidinopsis jeokjo*가 일본 해역에서는 아직까지 출현이 보고되어 있지 않다. 소모류의 종동정이 어려워 현재까지 미동정 시료가 양국이 다수 보유하고 있으므로 차후 각국의 고유종에 관해서는 신중히 재검토되어야 하리라 본다.

### 3. 향후 연구결과의 활용 전망

- 1) 국내 해산 섬모충 플랑크톤의 생물학적 생태학적 정보를 업그레이드 할 수 있다.
  - 종동정이 난해한 소모류의 분류, 동정이 국내 처음으로 체계적으로 정리되어 관련 연구 분야에 수준 높은 학술적 정보를 제공할 수 있다.
  - 분류, 동정된 섬모충을 영구프레파라트 표본으로 보존하여 관련 연구자에게 분류학적 시료의 직접적 제공이 가능할 수 있다.
  - 섬모충 표본의 축적으로 차후 국내 섬모충 표본실 건립을 위한 기반을 다지고 국내는 물론 국외까지 그 활용도를 높일 수 있다.
- 2) 한일 해산 섬모충도감 공동제작을 위한 기초자료를 제공할 수 있다.
  - 일본 측 관련 연구자와 한일 공동도감 제작을 논의하였으며 양측이 모두 요구하는 사항으로 양자간의 일치를 보았고 차후 연구결과의 축적을 바탕으로 결실을 기대하고 있다.
- 3) 섬모충플랑크톤 즉, 미소동물플랑크톤 (microzooplankton)의 국내연구의 향상
  - 섬모충플랑크톤의 분류학적 연구결과를 바탕으로 이 분야를 연구할 수 있는 길을 열게 되며, 우수한 연구결과와 연구인력의 양성을 통하여, 최근 주목받고 있는 수중의 미세먹이망 (microbial food webs)의 주요 구성원인 미소동물플랑크톤의 국내 연구도 세계적 수준으로 끌어 올릴 수 있다.
- 4) 한·일간의 공동모임을 지속해 나가도록 추진하며 국제 공동과제 개발에 힘쓰도록 노력할 것이며 관련 국제학회의 공동발표를 추진하고자 한다.

## V. 결론

거제도 연안 장목만에서 2006년 7월부터 2008년 6월까지 2년간 월 2회의 조사를 통해 섬모층 플랑크톤은 총 91종류 (유충섬모류 22종, 소모류 54종류, 기타 섬모류 15종류)가 관찰되었다. 일본 나가사키에서 이사하야만에서 2002년 2월부터 2004년 8월까지 보고된 80 종과 비교한 결과 72 종은 장목만에서도 출현된 종류로 출현종의 90%가 유사한 종구성을 보였다. 이 같은 종구성의 유사성은 이사하야만은 북위 32도 52분, 동경 130도 10분에 위치하고 있으며 거제 장목만은 북위 34도 59분, 동경 128도 41분에 위치함으로 장목만은 이사하야만보다 북서쪽으로 약 250 km 정도 떨어진 비교적 인접한 수역으로 전형적인 온대역의 특성을 공통으로 영유하고 있기 때문이다. 한편 이사하야만은 북서태평양의 외양으로 열려져 있는 만으로 비교적 외양수의 영향을 크게 받는 개방형 해역인 반면, 장목만은 진해만을 향해 열려져 있는 내만형으로 두 조사해역은 지형적인 차이를 보인다. 이와 같은 이유로 이사하야만의 경우 장목만보다 외양성 종류가 풍부하게 출현 하였으며 장목만의 경우 연안종이 다양하고 풍부하게 분포하고 있었다.

이사하야만의 경우 섬모층 플랑크톤의 개체수 분포는  $3.0 \times 10^3 - 2.0 \times 10^4$  cells L<sup>-1</sup>의 범위를 보였으며 5월 춘계에 저밀도를 보였고 8월 하계에 최고 개체수가 관찰되었다. 장목만의 경우는  $1.5 \times 10^2 - 3.9 \times 10^4$  cells L<sup>-1</sup>의 범위로 일본의 결과보다 개체수 변화의 폭이 컸으며 최대 개체수가 일본보다 2배 높은 값을 보였다. 장목만의 계절성은 11월 외양수가 유입되는 시기에 개체수는 큰 폭으로 감소하고 하계 고수온기는 증가하는 양상을 보여 고수온기에 풍부한 생물량은 일본 이사하야만의 결과와 동일하였다. 섬모층은 박테리아와 미세조류와 같은 먹이 생물 분포에 민감한 기회주의적 생물군으로 하계에는 고수온으로 박테리아의 증식이 활발하여 이들의 밀도가 높으므로 섬모층 플랑크톤도 좋은 먹이조건 하에서 동반 성장을 통해 개체수가 타 시기보다 풍부하였다고 해석된다.

본 과제를 통해 한국과 일본의 연안해역에서 동시에 출현한 종류의 경우 지리적 격리에 의한 형태적 차이가 명확한 종에 관한 자료는 얻을 수 없었으나, 일본의 오나가와만과 우리나라 마산만에서 출현한 섬모층 플랑크톤 중 *Strombidium capitatum*의 경우 마산만의 세포가 오나가와만의 개체보다 세포의 크기가 작은 결과가 보고된 선례 (43)가 있으므로 지속적으로 면밀한 검토 요구되며 차후 유전자 수준의 분석을 통해 자매종의 관계 및 지리적 기원에 대한 미래 연구가 한일공동연구를 통해 발전시킬 수 있기를 바란다.

## VI. 인용문헌

1. Azam FT, Fenchel JG, Field JS, Gray LA Meyer-Reil, Thingstad F (1983) The ecological role of water column microbes in the sea. *Mar Ecol Prog Ser* 10:257-263
2. Porter KG, Sherr EB, Sherr BF, Pace M, Sanders RW (1985) Protozoa in planktonic food web. *J Protozool* 32:943-948
3. Bernard C, Rassoulzadegan F (1990) Bacteria or microflagellates as a major food source for marine ciliates: possible implications for the microzooplankton. *Mar Ecol Prog Ser* 64:147-155
4. Lynn DH, Montagnes DJS (1991) Global production of heterotrophic marine planktonic ciliates. In: Reid RC, Turley CM, Burkill PH (eds) *Protozoa and their role in marine processes*. NATO ASI Series, Vol. G 25. p. 281-307
5. Hausmann K, Bradbury PC (1996) Ciliates: cells as organisms. *Custav Fischer* 485p
6. Kofoid CA, Campbell AS (1929) A conspectus of the marine and freshwater ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea, with descriptions of new species primarily from the Agassiz Expedition to the Eastern Tropical Pacific 1904-1905. *Univ Calif Publs Zool* 34:1-403
7. Kofoid CA, Campbell AS (1939) Reports on the scientific results of the expedition to the Eastern Tropical Pacific, in charge of Alexander Agassiz, by US Fish Commission Steamer "Albatross", from October 1904 to March 1905, Lieut. Commander LM, Garrett USN commanding. 37. The Ciliata: Tintinnoines. *Bull Mus Comp Zool Harvard* 84:1-473
8. Hada Y (1932a) The Tintinnoidea from Sea of Okhotsk and its neighbourhood. *J Fac Sci Hokkaido Imp Univ Ser 4. 2:* 37-59
9. Hada Y (1932b) Report of biological survey of Mutsu Bay. 26. The pelagic Ciliata suborder Tintinnoinea. *Sci Rep Tohoku Imp Univ 4th Ser Biol* 7:553-573
10. Hada Y (1935) On the pelagic Ciliata, Tintinnoinea, from the East Indies with consideration on the character of the plankton in the seas. *Bull Jap Soc Sci Fish* 4:242-252

11. Hada Y (1937) The fauna of Akkeshi Bay. 4. The pelagic Ciliata. J Fac Sci Hokkaido Imp Univ Ser 4. Zool 5:143-216
12. Hada Y (1938) Studies on the Tintinnoinea from the western tropical Pacific. J Fac Sci Hokkaido Imp Univ Ser 6. Zool 6:82-190
13. Maeda M, Carey PG (1985) An illustrated guide to the species of the family Strombidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free swimming protozoa common in the marine environment. Bull Ocean Res Inst Univ Tokyo 19:1-68
14. Maeda M (1986) An illustrated guide to the species of the families Halteriidae and Strobilidiidae (Oligotrichida, Ciliophora), free swimming protozoa common in the aquatic environment. Bull Ocean Res Inst Univ Tokyo 21:1-67
15. Maeda M (1997) Suborder Oligotrichida. In: Chihara M, Murano M (eds). An illustrated guide to marine plankton in Japan. Tokai Univ p.421-483
16. Lynn DH, Montagnes DJS (1988) Taxonomic descriptions of some conspicuous species of strobilidine ciliates (Ciliophora:Choreotrichida) from the isles of Shoals, Gulf of Maine. J Mar Biol Assoc UK 68:639-658
17. Lynn DH, Montagnes DJS, Small EB (1988) Taxonomic descriptions of some conspicuous species in the Family Strombidiidae (Ciliophora: Oligotrichida) from the Isles of Shoals, Gulf of Marine. J Mar Biol Assoc UK 68:259-276
18. Montagnes DJS, Lynn DH, Stoecker DK, Small EB (1988) Taxonomic descriptions of one new species and redescription of four species in the Family Strombidiidae (Ciliophora, Oligotrichida). J Protozool 35:189-197
19. Montagnes DJS, Lynn DH (1991) Taxonomy of choreotrichs, the major marine planktonic ciliates, with emphasis on the aloricate forms. Mar Microb Food Webs 5:59-74
20. Yoo KI, Kim DY, Kim YO (1988) Taxonomical studies on tintinnids (Protozoa: Ciliata) in Korean coastal waters. 1. Chinhae Bay. Korean J Syst Zool 4:67-90
21. Yoo KI, Kim YO (1990) Taxonomical studies on tintinids (Protozoa: Ciliata) in Korean coastal waters 2. Yongil Bay. Korean J Syst Zool 6:87-122

22. Lee JB, Kim YH (2000) Taxonomical descriptions of tintinnids in the southern Korean waters, the East Sea and the East China Sea. Bull mar Res Inst Cheju nat Univ 24:55-77
23. Yoo KI, Lee JB (1987) On the trophic correlation between tintinnids and dinoflagellates in Masan Bay, Korea. Bull Korean Fish Soc 20:230-236
24. Jeong HJ (1988) An ecological study on marine tintinnids (ciliated protozoa; Order Tintinnida) in Cheonsu Bay, Korea. MsD thesis Seoul Univ Korea, 60p
25. Yoo HB, Park SS (2001) Seasonal dynamics and community structure of Tintinnina in lower Seomjin River System. Korean J Environ Biol 19:25-36 (in Korean)
26. Lee JB, Kim YH (1999) Distribution of tintinnids in the southern Korean waters, the East Sea, and the East China Sea in the summer of 1998. Bull Mar Res Inst Cheju Nat Univ 23:29-37
27. Lee JB, Kim YH (2000) Seasonal variations of planktonic ciliates in the southwestern coastal waters of Cheju Island, Korea. Proc The 5th Int'l Symp on Mar Sci. Marine Environmental Study on the East China Sea and Yellow Sea, p.143-153
28. Suzuki T, Han MS (2000) A study on a new species of Tontonia (Ciliophora: Oligotrichida) from the East China Sea and adjacent sea areas. J Mar Biol Ass UK 80:989-994
29. Jeong HJ, Kim JS, Kim SH, Song JY, Lee IH, Lee GH (2004) Strombidinopsis jeokjo n. sp. (Ciliophora: Choreotrichida) from the coastal waters off Western Korea: Morphology and small subunit ribosomal DNA gene sequence. J Eukaryot Microbiol 51:451-455
30. Kim JS, Jeong HJ, Strueder-Kypke MC, Lynn DH, Kim S, Kim JH, Lee SH (2005) Parastrombidinopsis shimi n. gen., n. sp. (Ciliophora: Choreotrichia) from the coastal waters of Korea: Morphology and small subunit ribosomal RNA gene sequence. J Eukaryot Microbiol 52: in press
31. Sherr EB, Sherr BF, Fallon RD, Newell SY (1986) Small aloricate ciliates as a major component of the marine heterotrophic nanoplankton. Limnol Oceanogr 31: 177-193

32. Fenchel T (1987) Ecology of protozoa. The biology of free-living phagotrophic protists. Springer-Verlag Berlin, 197p
33. Montagnes DJS, Lynn DH (1987) A quantitative protargol stain (QPS) for ciliates: method description and test of its quantitative nature. *Mar Microb Food Webs* 2:83-93
34. Skibbe O (1994) An improved quantitative protargol stain for ciliates and other planktonic protists. *Arch Hydrobiol* 130:339-347
35. Wilbert N (1975) Eine verbesserte Technik der Protargolimpragnation für Ciliaten. *Mikrokosmos* year 1975, Heft 6:171-179
36. Agatha S (2004) Evolution of ciliary patterns in the Oligotrichida (Ciliophora, Spirotricha) and its taxonomic implications. *Zoology* 107: 153-168
37. Effects of an artificial breakwater on the distributions of planktonic microbial communities. *Ocean Science Journal* 42: 9-17
38. 김영옥, 최현우, 이원재, 장풍국, 이재도 (2007) 마산만의 미소생물환(microbial loop) 구성요소의 공간분포와 섬모충플랑크톤의 분포특성. 2007년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 초록집 p. 374
39. 이재성 (2004) 한국 서,남 연안해역에서 적조생물에 대한 원생동물플랑크톤의 포식압 연구. 군산대학교 대학원 박사학위 논문, 238p
40. Kim YO, Chae J, Hong JS, Jang PG (2007) Comparing the distribution of ciliate plankton in inner and outer areas of a harbor divided by an artificial breakwater. *Marine Environmental Research* 64: 38-53
41. 김요혜, 이준백 (2003) 제주도 남부해역의 부유성 섬모충류의 종조성과 계절변동. *The Sea, Journal of the Korean Society of Oceanography*. 8: 59-69
42. Konishi K (2005) 諫早灣の灣奥における繊毛虫プランクトンの季節的消長と攝食速度に関する研究. 일본 나카사키대학 수산학과 석사학위 논문. 172p
43. Kim YO, Ha S, Taniguchi A (2008) Morphology and sedimentation in situ of the cysts of a planktonic oligotrich ciliate, *Strombidium capitatum*. *Aquatic Microbial Ecology* (in Press).

## 연구수행 관련 논문발표목록서

재단사업명	과제번호	소 속	성 명
국제협력연구	<b>F01-2006-000-10010-0</b>	한국해양연구원	김영옥

### 가. 논 문

저 자 명 First Author 기타 Author(s)	제 목	게재지명 (Full Name)	집,권,호 (Vol.,No)	수록면 PP. ~PP.	출판 년도	출판 국가 또는 기관	출판 여부
o Kim YO - Yang EJ Jang JH	Effects of an artificial break water on the distributions of planktonic microbial communities	Ocean Science Journal	42	9-17	2007	한국	①
o Kim YO - Kim SY Choi JK	A redescription of <i>Strombidinopsis jeokjo</i> Jeong et al., 2004 (Ciliophora: oligotrichia), a planktonic oligotrichous ciliate (Ciliophora: oligotrichia) from the coastal water off southern Korea	Journal of Eukaryotic microbiology					④

나. Proceedings

저자명 First Author 기타 Author(s)	제 목 (발표내용)	회의명/게제지명	집,권,호 (Vol., No)	수록 면 PP. ~PP.	발표 년/ 월/일	발표장소/ 출판국가/ 기 관
o김영옥 - 최현우 이원제 장풍국 이재도	마산만의 미소생물 환 (microbial loop) 구성요소 의 공간분포와 섬모충플랑크톤 의 분포특성	한 국 해 양 학 회 / 2007년도 한국 해양과학기술협 의회 공동학술 대회 초록집		374	'07.5.31	삼성동 코엑스/ 한국/한국해양과 과학기술협의회
o김영옥 - 하성용 윤원득	Relationships between encystment and vegetative populations of a planktonic ciliate, <i>Strombidium</i> <i>capitatum</i>	한국해양학회/2007년 추계 학술발표대회 요 약집		206	'07.11.8	군산대/한국/한 국해양학회
o김영옥 - 장풍국 장만	마산만의 섬모충플랑 크톤의 공간분포와 종 특이적 분포특성	한국환경생물학회/제1 회 3개 학회 연합 학 술대회 발표논문 초록 집		182	'08.4.10	이화여대/한국/ 한국환경생물학 회

## 자 체 평 가 서

과제번호	F01-2006-000-10010 -0	연구과제명	한국과 일본 연안에 분포하는 모충플랑크톤의 동물상 비교
소 속	한국해양연구원		
성 명	김영옥		
평가항목	우선순위	※ 좌측 평가항목 우선순위는 예시와 같이 1, 2, 3으로 표시함.	
연구수행	2		
연구결과	1		
연구효과	3		
자체평가내용	<p>본 과제를 통해 얻은 섬모충 플랑크톤의 연구결과 국내 미기록종 50 여종과 신종 2종이 확인되어 매우 가치있는 연구결과를 수확하였으며 일본측 연구자의 자료를 공동으로 분석하고 비교함으로써 국제협력 과제의 취지를 100% 발휘한 모범적인 연구였음. 소액의 연구비로 월 2회 2년간에 걸친 성실한 현장조사를 수행함으로써 모범적인 연구마인드를 높게 평가함.</p>		
연구결과의 향후 기대효과	<p>기후변화와 관련된 해양 생물상의 장기 모니터링 자료가 국내에 부재함으로 차후 관련 과제를 지속적으로 연계 할 수 있는 기회를 마련할 수 있는 기반을 형성함. 국내에 섬모충 연구의 후학들을 위해 절실히 요구되는 도감 제작을 위한 기초 자료로 활용될 수 있으며 제작된 연구표본은 관련 전문기관의 생물시료로 서비스 할 수 있으며 차후 정밀 분석을 추가하여 신종발표 등 국외 우수저널에 다수의 논문 투고가 가능함.</p>		