


碩士學位論文

한국의 4개 주요항만(부산, 울산, 광양,
인천)에 분포하는 섬모충플랑크톤의
계절동태 특성

The logo of Jeju National University is a large, stylized 'J' shape. The left side of the 'J' is composed of three wavy, vertical lines in blue, green, and grey. The right side is a solid purple vertical bar. In the center of the 'J' is a small icon of an open book. Below the book icon, the text 'JEJU' is written in a bold, blue, sans-serif font, and '1952' is written below it in a smaller, blue, sans-serif font. The entire logo is set against a background of a large, faint, circular watermark that repeats the text 'JEJU NATIONAL UNIVERSITY 1952' and '제주대학교' in Korean.

濟州大學校 大學院

海洋學科

梁 升 瑀

2010年 2月

한국의 4개 주요항만(부산, 울산, 광양, 인천)에 분포하는 섬모충플랑크톤의 계절동태 특성

指導教授 李 埈 佰

梁 升 瑀

이 論文을 理學 碩士學位 論文으로 提出함

2010年 2月

梁升瑀의 理學 碩士學位 論文을 認准함

審査委員長 _____ (인)

委 員 _____ (인)

委 員 _____ (인)

濟州大學校 大學院

2010年 2月

Characteristic of Seasonal Dynamics of
Planktonic Ciliates at 4 Major Ports, Busan,
Ulsan, Kwangyang and Incheon, Korea

Seung-Woo Yang

(Supervised by professor Joon-Baek Lee)

A thesis submitted in partial fulfillment of the
requirement for the degree of Master of Science

February, 2010

Department of Oceanography
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차 (List)

표 목차 (List of Tables)	iii
그림 목차 (List of Figures)	iv
Summary	vi
I. 서론	1
II. 재료 및 방법	4
II-1 조사지역 및 시기	4
II-1-1 조사지역 및 정점	4
II-1-2 조사시기 및 시료채취	4
II-2 측정항목	6
II-2-1 수온과 염분	6
II-2-2 섬모충플랑크톤	6
II-3 데이터 분석	6
III. 결과 및 고찰	7
III-1 해양환경 특성	7
III-1-1 조사해역의 수환경 변동	7
III-2 섬모충플랑크톤	11
III-2-1 유종섬모충류의 출현종수의 변동과 출현종의 특성	11
III-2-2 부유성 섬모충의 세포수 변동	24
III-2-3 유종섬모충플랑크톤 우점종 변동과 출현특성	37
III-2-4 미기록종	40
III-2-5 유종섬모충플랑크톤과 환경요인(수온)과의 관계	42
V. 결론	44

참고문헌	46
요 약	50
감사의 글	52



표 목차 (List of Tables)

Table 1. Seasonal occurrence of tintinnids at Busan Port in 2007 and 2008	19
Table 2. Seasonal occurrence of tintinnids at Ulsan Port in 2007 and 2008	20
Table 3. Seasonal occurrence of tintinnids at Gwangyang Port in 2007 and 2008	22
Table 4. Seasonal occurrence of tintinnids at Incheon Port in 2007 and 2008	23



그림 목차 (List of Figures)

Fig. 1.	Maps showing the sampling stations of Busan, Ulsan, Incheon and Gwangyang ports.	5
Fig. 2.	Seasonal variations of average water temperature and average salinity at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon Port from Feb. 2007 to Nov. 2008.	8
Fig. 3.	Seasonal variations of average water temperature and average salinity at inner ports of Busan, Ulsan, Incheon and Gwangyang from Feb. 2007 to Nov. 2008.	9
Fig. 4.	Seasonal variations of average water temperature and average salinity at outer ports of Busan, Ulsan, Incheon and Gwangyang from Feb. 2007 to Nov. 2008.	10
Fig. 5.	Seasonal variations of total species number of tintinnids at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon port from Feb. 2007 to Nov. 2008.	12
Fig. 6.	Vector species number of tintinnids at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon port from Feb 2007 to Nov 2008.	15
Fig. 7.	Seasonal variations of vector species number of tintinnids at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon Port from Feb. 2007 to Nov. 2008.	16
Fig. 8.	Seasonal variations of species number of tintinnid by ecological characteristics at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon Port from Feb. 2007 to Nov. 2008.	17
Fig. 9.	Seasonal variations of abundance of naked ciliates and tintinnids, and water temperature at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon ports in Feb. 2007~Nov. 2008.	25
Fig. 10.	Comparison ciliate abundances at inner and outer ports.	27
Fig. 11.	Seasonal variations of tintinnid abundance of vector at Busan,	

	Ulsan, Gwangyang and Incheon ports in Feb. 2007~Nov. 2008.	29
Fig. 12.	Tintinnid abundance of each ecological characteristics at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon ports in Feb. 2007~Nov. 2008.	30
Fig. 13.	Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Busan port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).	33
Fig. 14.	Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Ulsan port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).	34
Fig. 15.	Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Gwangyang port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).	35
Fig. 16.	Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Incheon Port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).	36
Fig. 17.	Seasonal variations of abundance of dominant tintinnids in 2007 and 2008.	39
Fig. 18.	<i>Tintinnopsis ampla</i>	41
Fig. 19.	Linear correlation between species number of tintinnids and water temperature.	43

Summary

Plankton ciliates play an important role in food web of marine ecosystem as well as bio-indicator for invade species from foreign country or from changing flow of currents due to ciliate changes. This study was carried out in order to find an evidence for introduction of invade species. We surveyed the seasonal species composition of planktonic ciliate in order to find out evidences for invade species at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon as major ports of Korea from February 2007 to November 2008.

A total of 45 species of ciliates, belonging to 15 genera, were identified during the study period. In each port, 34 species occurred at Gwangyang, 33 at Busan, 31 at Ulsan, 18 at Incheon, respectively. The abundance of naked ciliates ranged from 566 to 65,151 cells·L⁻¹ and that of tintinnids 10 to 5,973 cells·L⁻¹. Dominant species is *Tintinnopsis beroidea* at Busan Port, *Helicostomella subulata*, *Tintinnopsis nana* at Ulsan port, *Ascampbelilla acuta*, *Tintinnidium balechi*, *Tintinnopsis beroidea*, *Tintinnopsis tocaninensis*, *Tintinnopsis baltica*, *Tintinnopsis nana*, *Tintinnopsis nordqvisti*, *Tintinnopsis rapa* at Gwangyang port, *Tintinnidium balechi* at Incheon port.

Finding on investigation of American's Oregon Coos Bay Port has been reported tintinnid as vector living which are follows, *Eutintinnus lusus-undae*, *Eutintinnus tubulosus*, *Favella ehrenbergii*, *Favella taraikaensis*, *Helicostomella subulata*, *Stenosemella nivalis*, *Tintinnopsis ampla*, *Tintinnopsis beroidea*, *Tintinnopsis cylindrica*, *Tintinnopsis directa*, *Tintinnopsis lohmanni*, *Tintinnopsis radix*, *Tintinnopsis rapa*. In each ports, 10 species occurred in Busan ports, 11 in Ulsan ports, 13 in Gwangyang ports, 6 in Incheon port, respectively.

Ascampbeliella urceolata, *Dadayiella ganymedes*, *Eutintinnus stramentus*,

Protorhabdonella curta, *Codonellopsis morchella*, *Codonellopsis ostenfeldi* of the warm water species occurred in August and November at Busan and Ulsan ports. the neritic species occurred in Incheon and Gwangyang ports through all season, and especially the neritic species occurred precisely in low and high water temperature.

Tintinnopsis ampla of the warm current species and newly recorded species in Korea occurred at May 2007 and *Codonellopsis ostenfeldi* at November 2008. But appearance of the warm water species is not observed in Incheon Port. The tintinnids occurred throughout the survey are marine neritic species, while the warm water species occurred only in short period at Busan and Ulsan Ports that might be affected seasonally by Tsushima Warm Current. It suggests that the influence of the warm water species might be affected is by influx of Tsushima Warm Current.

Key Words : Ballast water, Invade species, Naked ciliate, Tintinnid, Vector species.

I. 서론

해양생태계의 먹이망은 매우 다양한 생물종류에 의해 복잡하게 구성되어 있으며 기존에는 식물플랑크톤-동물플랑크톤-어류라는 단순한 먹이사슬만을 생각하였지만 최근에 미소플랑크톤(nanoplankton)과 초미소플랑크톤(picoplankton)의 생물량이 큰 부분을 차지하는 것으로 알려지면서 새로운 에너지 흐름 형태인 미세생물간의 고리(microbial loop)가 새롭게 부각되어 더욱 복잡한 구조로 되어 있음이 밝혀졌다(Pomeroy, 1974; 김과 이, 2003). 이러한 미세생물먹이망에서 소형동물플랑크톤(microzooplankton)인 섬모충플랑크톤(ciliate plankton)은 요각류와 같은 동물플랑크톤의 먹이로서, 미소식물플랑크톤(nanophytoplankton)의 포식자로서 두 생물그룹의 중간단계에서 효율적으로 에너지를 전달해 주는 중요한 역할을 담당(한국해양연구원, 2008)하고 있으며 구체적으로 영양방식은 주로 종속영양성이지만 때로는 혼합 영양성을 보이는 원생생물로서 식물플랑크톤, 해양세균(Jeong *et al.*, 2001a, 2001b; Jeong *et al.*, 2002; 정 등, 2002), 다른 동물플랑크톤의 유생이나 알(정 등, 2002)의 포식자 역할을 하며 상위 영양단계에 있는 후생동물플랑크톤이나 치어의 좋은 먹이가 되는 것으로 알려져 있다(Jeong *et al.*, 2001b; 정 등, 2002). 또한 동종의 다른 개체를 포식하기도 하고(cannibalism), 다른 종에 속하는 원생생물을 잡아먹으면서 그 종의 다른 개체에 의하여 잡아먹히기도 한다(상호포식, reciprocal predation)(정 등, 2002). 대사율과 섭식률은 같은 크기의 후생부유동물보다 높아 해양 생태계의 중요한 구성자로 인식되고 있다(Pierce and Turner, 1992). 특히, 소형동물플랑크톤의 포식자로서 이들의 blooming 규모와 시기 및 소멸을 조절할 수 있는 주요 생물군으로 보고되고 있다(한국해양연구원, 2008).

해양의 부유성 섬모충은 체세포만으로 이루어진 무각섬모충(naked ciliates)과 흔히 키틴질(chitin-like substance)의 껍데기(lorica, 종피 또는 피갑)를 갖는 유종섬모충(loricate ciliates-tintinnids)으로 구분된다. 무각섬모충은 세포의 연약한 특성 때문에 이들의 채집과 분리 및 동정은 다른 그룹의 플랑크톤에 비해 많은 어려움이 있지만 유종섬모충류의 분류군은 타 섬모충류에 비해 세포의 고정

이 수월하며 피갑이 견고하고, 여러 가지 이물질을 각의 외부에 부착시키기도 하는데 종류에 따라 일정한 형태적 특징을 가지고 있어 비교적 동정이 용이하다 (Kofoid and Campbell, 1929, 1939).

국내에서는 “해양생태계기본조사”, “해양생물다양성연구”, “해양생태계교란생물 대응방안”, “밸러스트수 관리방안 연구” 등의 과제를 통하여 우리나라 고유종 및 외래종 등에 관한 연구 및 고유종의 데이터베이스 구축 등이 수행 중이지만 아직은 초기단계로서 우리나라 연안해역에 어느 정도 외래종이 유입되었는지, 양식장을 비롯한 수산피해가 외래종에 의한 것인지조차 파악조차 되지 않고 있는 실정(국토해양부, 2008)이며 국제항의 경우 외국 선박들의 출입으로 인하여 선박평형수(ballast water)에 의한 문제점이 제기되고 있는데 이는 선박평형수와 함께 이동된 해양생물이 항해 도중 탱크내의 용존산소의 감소, 온도변화, 먹이 부족 등으로 인하여 대부분 사멸하지만 일부 종들은 살아남아 도착지의 수생태계에 교란을 야기하기 때문이다. 이러한 선박평형수에 의한 문제는 1800년 이후에 기하급수적으로 증가하여(최 등, 2009), 현재 전 세계의 해양을 위협하는 침입종 문제는 가장 큰 문제 중의 하나로 대두되고 있다(Globallast, 2002; 최 등, 2009). 그러나 섬모충플랑크톤의 연구는 한국의 주요 항만인 인천항의 경우에만 내만에 위치한 곳에 대한 연구가 다소 진행이 되었으나(양과 최, 2007) 부산항과 울산항, 광양항과 같이 섬모충플랑크톤의 연도별과 계절별 생태에 관한 연구는 부진한 실정이다.

부산항은 태평양과 유라시아대륙을 잇는 관문 역할을 하고 있는 우리나라 제 1의 항만으로 북항, 남항, 감천항, 다대포항 등 4개의 항으로 구성되어 있다(부산항만공사 홈페이지).

울산항은 한반도 동남단에 위치해있으며 우리나라 산업의 전략적 거점항으로 5만톤급의 일반화물선이 계류하는 안벽과 35만 톤 급의 원유선이 계류하는 원유부이(BUOY) 5기 및 15만톤급의 유조선이 계류하는 돌핀을 비롯해 모두 96척의 선박이 동시에 접안할 수 있는 항만시설을 갖추고 있다. 울산시를 가로질러 태화강이 흐르고 울산만에는 지역에 따라 1976년 온산항과 미포만을 울산항에 포함하여 현재의 울산항으로 발전하였고 울산항은 울산분항과 온산항, 미포항이 있으며 이를 통해 일찍이 동아시아로 뻗어나가는 우리나라의 관문 구실을 하여 우리

나라 물동량의 65% (2002년 기준)를 처리하는 중추적인 역할을 담당하며 울산 산업단지의 지원항만이며, 또한 국내 최대의 에너지공급 지원 항이다(울산항만공사 홈페이지).

광양항은 여수반도와 경남 남해군 지형이 울타리 형상으로 자연 방파제 역할을 하여 연중 360일 이상 하역작업이 가능하고 최대 30만톤급 선박의 상시 입출항이 가능하다(광양항 홈페이지). 광양만은 북쪽으로는 섬진강을 통해 연간 약 7.2×10^8 톤의 담수가 유입되고 있고, 남쪽에는 여수해만을 통해서 외양수가 유입되는 해양학적 조건을 갖고 있다(해양연구원, 2008).

인천항은 황해의 경기만에 위치해 있으며 조석의 차이가 크며, 국제항으로써 대형 선박의 왕래가 존재하고 있는 곳이며(고 등, 1997) 인천 연안 수역은 한강으로부터 담수가 유입되고 주기적인 조석의 영향으로 외해수와 교란되는 반 폐쇄성 연안수역이다(Choi and Shim, 1986).

유종섬모충류는 수괴의 특성에 따라서 분포하는 종류가 뚜렷한 차이를 보이기 때문에 오래전부터 수괴지표종으로 보고(Hada, 1957; 해양연구원, 2008)되어 왔다. 미국의 오레곤 Coos Bay의 항만 내에 분포하는 유종섬모충류의 종류와 선박 평형수 내에서 관찰된 유종섬모충류의 종류를 비교 분석한 결과 유종섬모충류의 일부 종을 선박평형수의 벡터생물로도 보고(Pierce *et al.*, 1997; 해양연구원, 2008)하고 있다.

본 연구는 선박의 출입이 잦은 국내의 4개 주요 항만(부산항, 울산항, 인천항, 광양항)에 분포하는 섬모충플랑크톤의 계절적인 변화와 종 조성의 생태적 변화 및 특성을 파악하고 수괴지표종인 유종섬모충플랑크톤을 이용하여 쿠로시오 지류인 대마 난류에 의한 한국의 주요 항만으로의 유입과 미국의 오레곤 Coos Bay의 항만에서 선박평형수의 벡터생물로 보고되어 있는 출현종의 종 조성을 조사하여 차후 해양 환경 변화를 비교분석하기 위한 기반자료를 확보하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

II-1 조사지역 및 시기

II-1-1 조사지역 및 정점

조사지역은 한국의 주요항만으로 부산항, 울산항, 광양항, 인천항이며 연구 정점은 부산항 9개 정점(내항에 7개 정점, 외항에 2개 정점), 울산항 8개 정점(내항에 6개 정점, 외항에 2개 정점), 인천항 8개 정점(내항에 5개 정점, 외항에 3개 정점), 광양항 8개 정점(내항에 7개 정점, 외항에 1개 정점)에서 조사를 수행하였다(Fig. 1).

II-1-2 조사시기 및 시료채취

본 연구의 조사 시기는 2007년 2월부터 2008년도 11월까지 2년 동안 계절별(2월, 5월, 8월, 11월)로 총 8회 현장조사를 수행하였다. 시료 채취는 선상에서 van Dorn 채수기를 이용하여 표층에서 실시하였다.

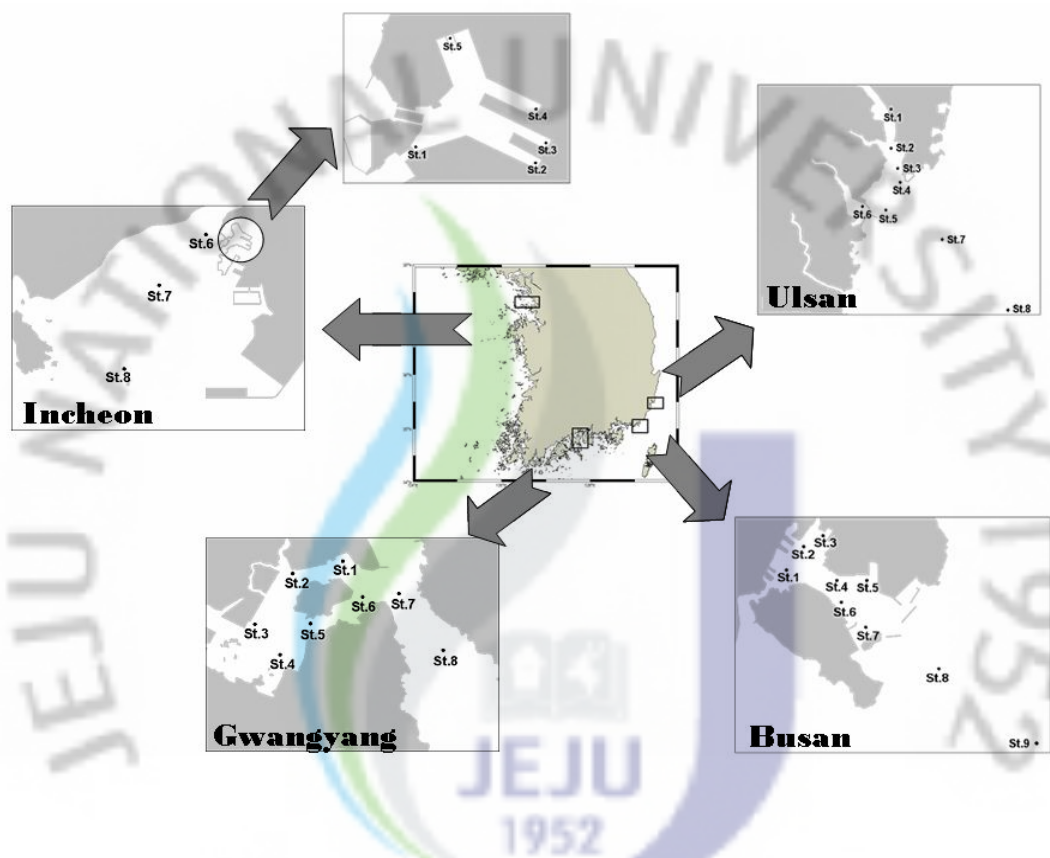


Fig. 1. Maps showing the sampling stations of Busan, Ulsan, Incheon and Gwangyang ports.

II-2 측정항목

II-2-1 수온과 염분

수온 및 염분은 Ocean Seven 319 CTD (Idronaut Co.)를 이용하여 현장에서 수심 0.5m에서 측정하였다.

II-2-2 섬모충플랑크톤

섬모충플랑크톤 분석을 위해 500ml PE (Polyethylene) 병에 해수 시료 500 ml를 채수한 후 선상에서 루골용액(Lugol solution, final conc. 0.8 %)으로 고정하고 실험실로 운반하였으며, 운반된 시료는 24시간이상 실험실에서 자연침전시킨 후 10ml로 농축하였다. 농축된 시료는 현미경 관찰을 위해 균일하게 섞은 후 Sedgwick-Rafter 계수관에 1ml을 넣고 광학현미경 200배하에서 계수한 후 단위 체적 당 세포수를 현존량으로 환산하였다. 유충섬모충플랑크톤의 정성분석은 농축된 시료 적당량을 슬라이드 글라스 위에 놓고 고배율인 400~1000배하에서 실시하였다. 유충섬모충류 종동정은 피갑(lorica)의 형태를 분류형질(key character)로 사용하였고 Kofoid and Campbell(1929, 1939), Hada(1932a, b, c, 1935, 1937, 1938) 등의 참고문헌을 이용하였다. 유충섬모충의 수괴지표종 선별은 Hada(1932a, b, 1935, 1937, 1938), Pierce and Turner(1993)의 문헌을 참고하였으며 난류종(Warm water species), 연안종(Neritic species), 범세계종(Cosmopolitan species)으로 구별하였다.

II-3 데이터 분석

SPSS 12 통계분석 프로그램을 이용하여 섬모충플랑크톤과 환경요인(수온)과의 상관관계를 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

Ⅲ-1 해양환경 특성

Ⅲ-1-1 조사해역의 수환경 변동

2007년 2월부터 2008년 11월까지 2년 간 계절별(2월, 5월, 8월, 11월)로 표층의 수온 변화는 모든 항만에서 여름철에 가장 높았고 겨울철에 낮은 수온을 보였다. 여름철 정점별 수온 변화는 부산과 울산항에서 내항의 수온이 높았으나, 인천과 광양항에서는 외항의 수온이 더 높아 항만 간 차이를 보이고 있다(Fig. 2). 그러나 겨울철에는 부산과 울산항에서 외항이 내항보다 높은 수온을 보였고, 인천항은 외항이 내항보다 낮은 수온을 보였으며 광양항에서는 전 정점에서 일정한 수온을 보여 계절별로 다른 차이를 보였다. 최고 수온은 2007년 8월 광양항에서 2008년에 8월 인천항에서 26.1℃와 26.4℃를 각각 기록했고 최저 수온은 2007년 2월 인천항에서 2008년에도 2월 인천항에서 약 4℃와 2℃로 각각 측정되었다. 특히 인천항은 2월에 다른 항에 비해 5~9℃ 낮은 수온을 보였다(Fig. 3, 4).

염분의 변화는 수온의 계절변화와 상반되는 고수온기에 상대적으로 낮은 염분과 저수온기 높은 염분 분포로 염분과 수온은 음의 상관관계를 보임으로 전형적인 T-S분포패턴을 나타냈다. 정점별로는 부산, 울산, 광양항에서 전 계절에 걸쳐 내항보다 외항에서 더 높은 농도를 보였으며, 다만 2007년 8월 인천항에서 2008년 8월 부산항과 인천항에서 외항보다 내항에서 높은 농도를 보였으며 2007년 8월 광양항과 2008년 8월 인천항에서 20.8psu와 26.5psu의 낮은 염분으로 큰 폭의 감소가 감지되었다. 이는 강우로 인한 담수의 유입으로 표층의 염분이 낮아진 것으로 해석된다. 동계의 저수온기로 진행되면서 염분은 점차 증가하여 2007년 2월 부산항에서 33.9 psu와 2008년 2월에도 부산항에서 34.2psu의 값으로 각각 년 최고치를 기록했다(Fig. 2, 3, 4).

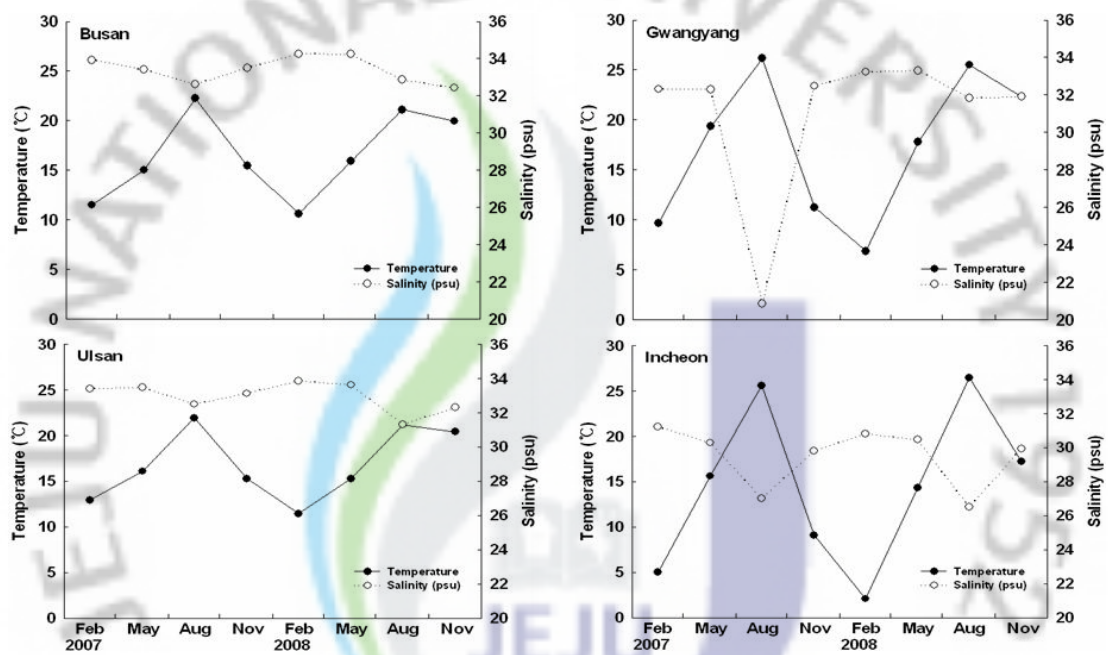


Fig. 2. Seasonal variations of average water temperature and average salinity at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon Port from Feb. 2007 to Nov. 2008.

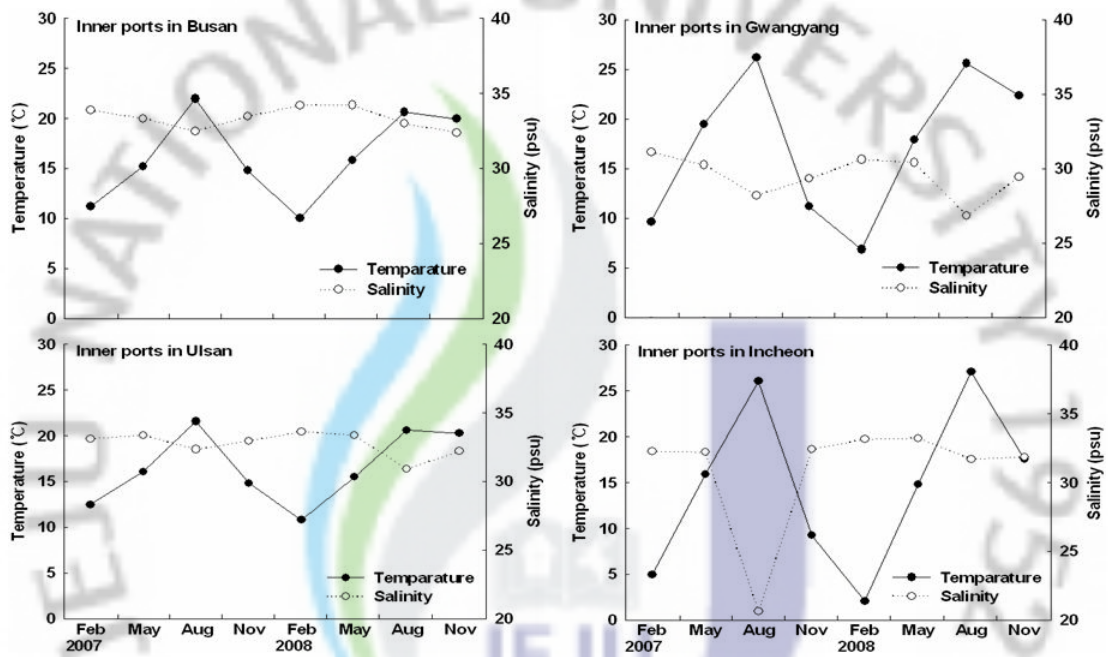


Fig. 3. Seasonal variations of average water temperature and average salinity at inner ports of Busan, Ulsan, Incheon and Gwangyang from Feb. 2007 to Nov. 2008.

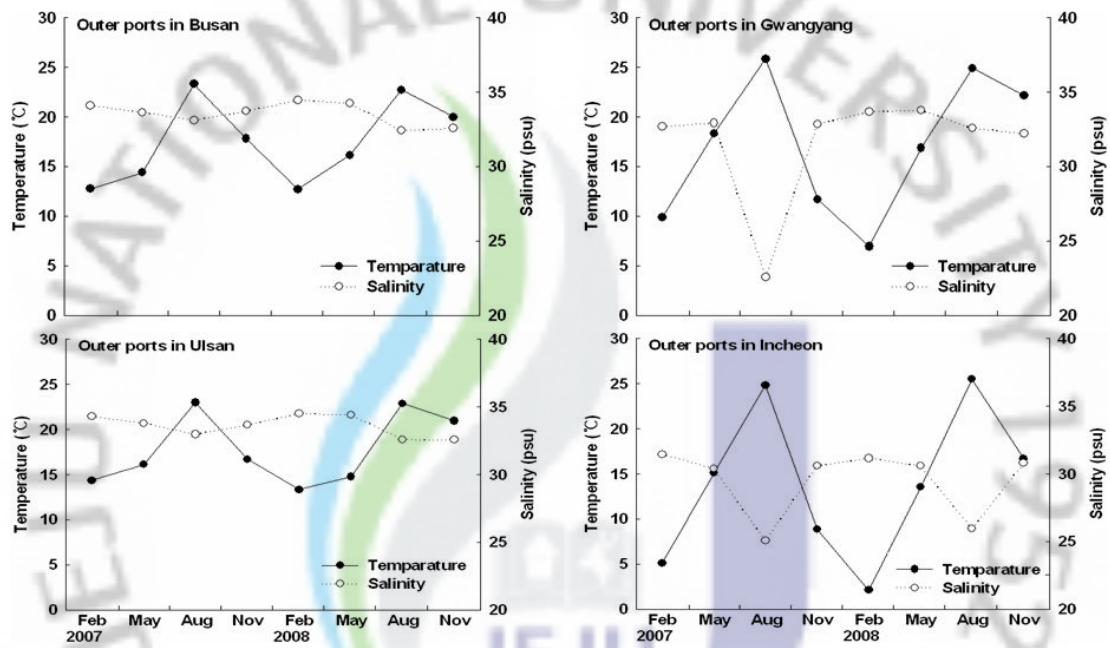


Fig. 4. Seasonal variations of average water temperature and average salinity at outer ports of Busan, Ulsan, Incheon and Gwangyang from Feb. 2007 to Nov. 2008.

III-2 섬모충플랑크톤

III-2-1 유종섬모충류의 출현종수의 변동과 출현종의 특성

출현종에 관한 결과는 중동정이 가능한 분류군인 유종섬모충류에 한하여 언급하고자 한다. 2007년 2월부터 2008년 11월까지 조사결과 유종섬모충플랑크톤은 총 45종류가 관찰되었으며 광양항에서 34종으로 가장 많은 종이 출현하였고 인천항이 18종으로 가장 적은 종수가 관찰되었으며 부산항 33종, 울산항 31종이 관찰되었다.

2007년 동계 2월에 4~6종류의 유종섬모충류가 관찰되었으며 항만에 따른 큰 차이는 보이지 않았으나 2008년 2월에는 울산항에서 1종류만 관찰되었고 나머지 세 항만에서 6~8종류로 증가하였다. 2007년 춘계 5월에는 부산항을 제외한 나머지 세 항만에서 동계보다 출현종수가 증가하였으며 특히 광양항에서 13종류로 가장 다양한 종구성을 보인 반면에 2008년 5월에는 광양항에만 11종류로 급격한 증가를 보였고 나머지 세 항만의 경우 동계보다 출현종수가 감소하거나 동등한 수준에 머물렀다. 2007년 하계 8월에는 각 항만에 출현하는 유종섬모충류는 타 시기보다 높은 출현종수를 기록하였으며 인천항을 제외한 나머지 세 항만에서 10종 이상의 급격한 증가를 나타냈다. 특히 울산항에서 18종류로 2007년 조사결과 가장 다양한 종구성을 보였다. 2008년 8월 또한 인천항을 제외한 세 항만에서 15종 이상의 높은 출현 종수를 기록하였으며 유종섬모충류의 다양성이 고수온기에 증가하고 일치하는 결과를 보였다. 2007년 11월 추계에는 2~3종류만 관찰되어 타 시기보다 월등히 낮은 출현종수를 모든 항만에서 유사하게 나타냈지만 2008년 11월에는 인천항을 제외한 모든 항에서 10종 이상으로 높은 출현종수를 기록하였다(Fig. 5).

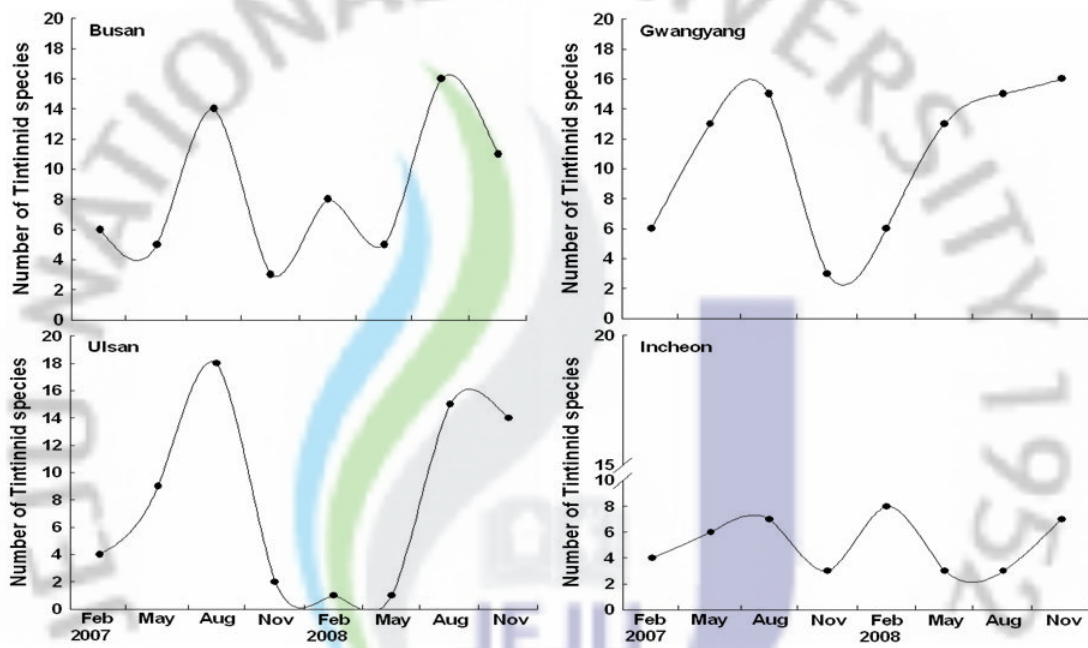


Fig. 5. Seasonal variations of total species number of tintinnids at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon port from Feb. 2007 to Nov. 2008.

미국의 오레곤 Coos Bay의 항만 내에 분포하는 유충섬모충류의 종류와 선박 평형수 내에서 관찰된 유충섬모충류의 종류를 비교 분석한 결과 유충섬모충류의 일부 종을 선박평형수의 벡터생물로도 보고(Pierce *et al.*, 1997; 해양연구원, 2008)하고 있으며 한국의 4개 주요항만(부산, 울산, 광양, 인천)에서 선박평형수의 벡터생물을 조사한 결과 *Eutintinnus lusus-undae*, *Eutintinnus tubulosus*, *Favella ehrenbergii*, *Favella taraikaensis*, *Helicostomella subulata*, *Stenosemella nivalis*, *Tintinnopsis ampla*, *Tintinnopsis beroidea*, *Tintinnopsis cylindrica*, *Tintinnopsis directa*, *Tintinnopsis lohmanni*, *Tintinnopsis radix*, *Tintinnopsis rapa*로 한국의 4개 주요항만에서 총 13종류가 출현하였다. 광양항에서 13종류로 가장 많은 종이 출현하였고 인천항에서 6종류로 가장 적은 종수가 관찰되었으며 부산항 10종, 울산항 11종이 관찰되었다(Fig. 6). 2007년~2008년 8월 하계에 부산항, 울산항, 광양항에서 6~9종류로 사계절 중 가장 높은 출현종수를 보인 반면에 인천항에서는 2종류로 낮은 출현종수를 보여 인천항을 제외한 부산항, 광양항, 울산항에서 고수온기에 가장 높은 출현종수를 보였다. 유충섬모충류의 종 다양성은 고수온기에 높은 출현종수를 보인다고 보고가 되어 있으며 선박평형수에 의한 벡터 생물로 보고가 되어 있는 유충섬모충류 또한, 부산항, 울산항, 광양항에서 고수온기에 가장 높은 출현종수를 보였고 2007년 11월 저수온기에는 모든 항에서 1~2종류로 낮은 종수의 출현을 보였다. 반면에 인천항에서는 저수온기 2월에 4종류로 사계절 중 가장 높은 출현을 보여 항만에 따른 차이로 보이며 수환경요인과 관련하여 좀 더 심층적인 연구가 필요하다고 판단된다(Fig. 7).

유충섬모충류의 종 생태 특성으로 모든 항만에서 연안종이 가장 많은 출현을 보였으며 특히 2007년~2008년 8월 광양항에서 13종류로 가장 많은 연안종이 출현을 보였다. 부산항에서 범세계종이 2007년 8월에 5종류로 가장 많은 출현을 보였고 난류종 또한 2008년 8월에 부산항에서 4종류로 가장 많은 출현을 보였다. 이밖에 난류종은 울산항에서 4종류와 광양항에서 1종류의 출현을 보여 쿠로시오 지류인 대마 난류의 영향을 받고 있음이 유충섬모충의 지표종 분포로부터 파악되었지만 오직 인천항에서는 유충섬모충류의 출현을 보이지 않아 대마 난류의 영향을 볼 수 없었다. 냉수종은 저수온기인 2월에 부산항과 광양항에서 각각

2종씩 관찰되었으며 울산항과 인천항 역시 저수온기에 각각 1종씩의 출현을 보였다(Fig. 8).



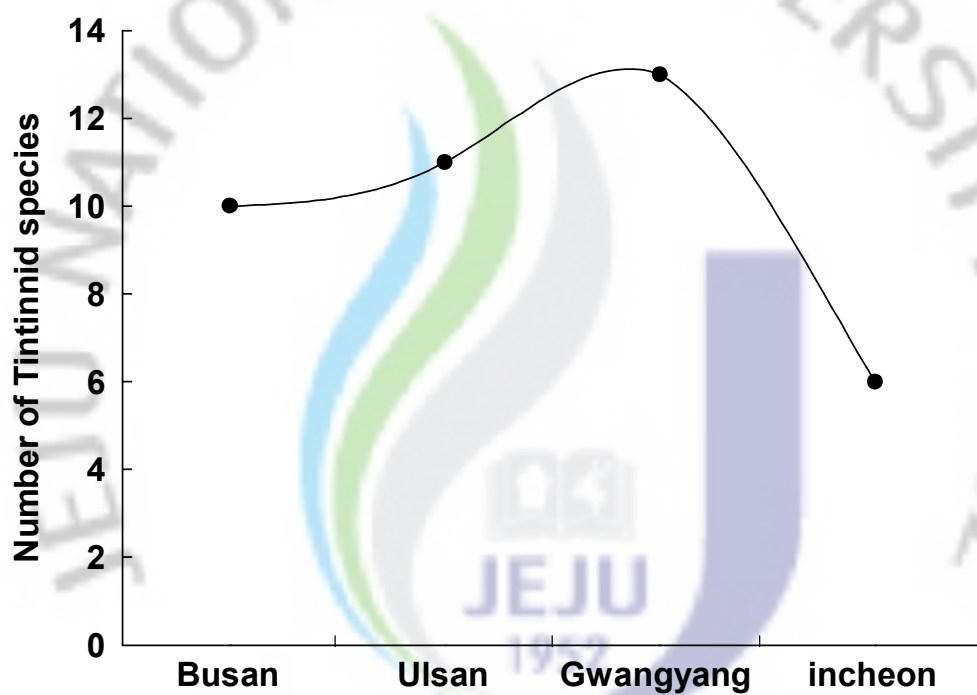


Fig. 6. Vector species number of tintinnids at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon port from Feb. 2007 to Nov. 2008.

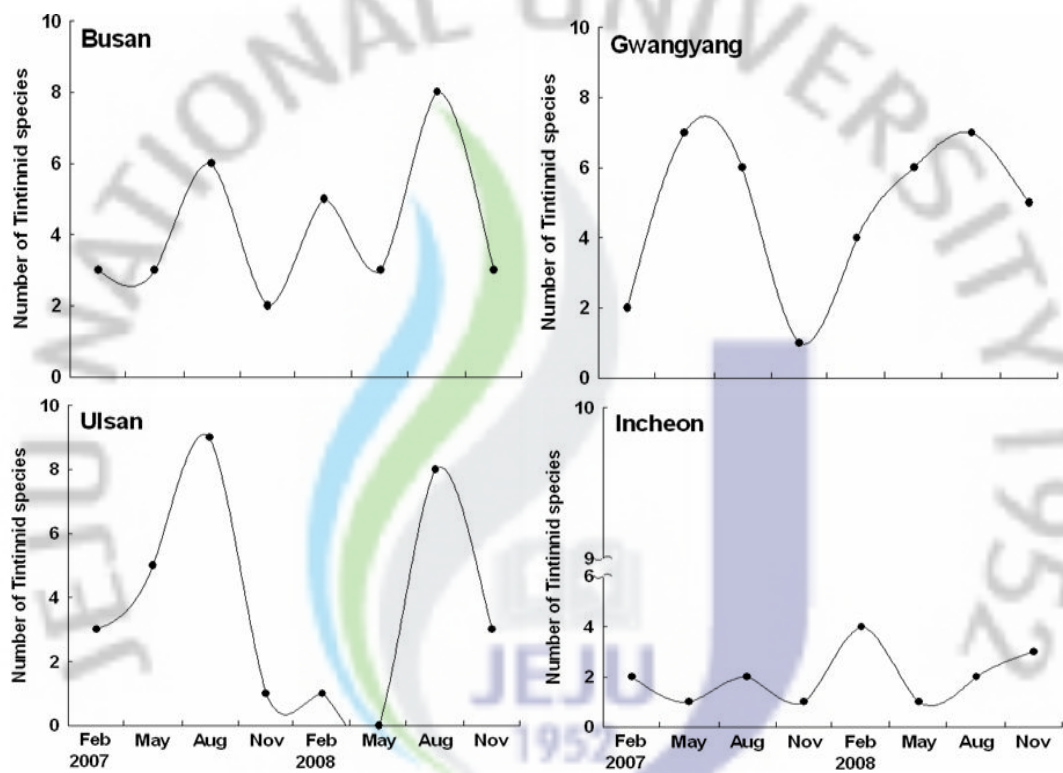


Fig. 7. Seasonal variations of vector species number of tintinnids at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon Port from Feb. 2007 to Nov. 2008.

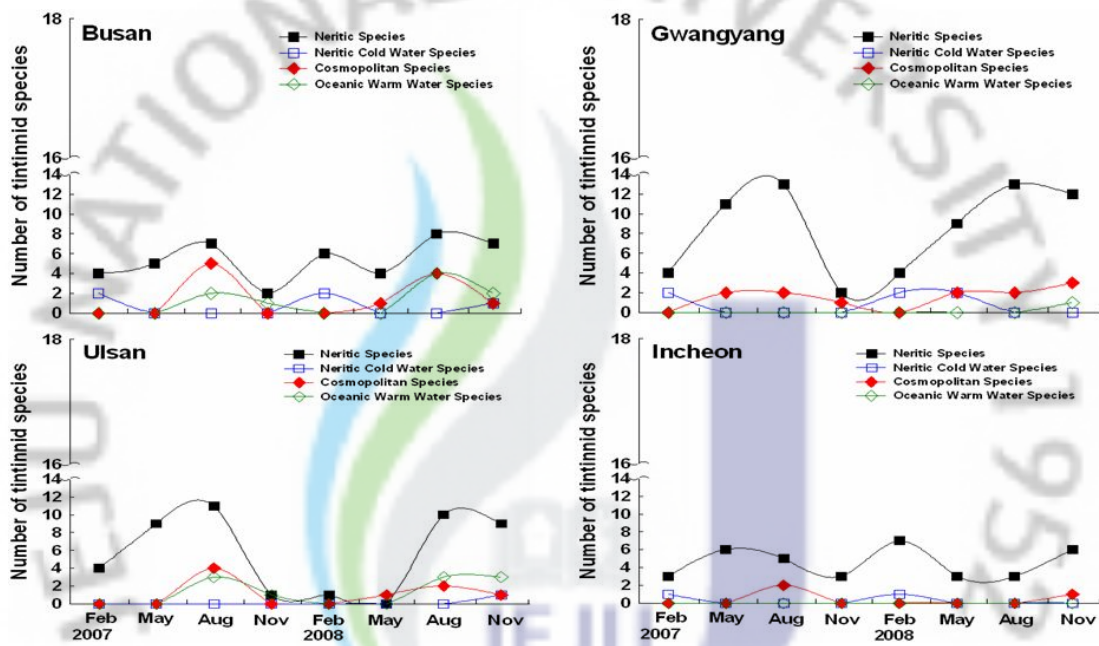


Fig. 8. Seasonal variations of species number of tintinnid by ecological characteristics at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon Port from Feb. 2007 to Nov. 2008.

부산항의 경우 2007년~2008년 2월 동계에는 연안종인 *Tintinnopsis* 속의 종류가 다양하게 출현하였으며 특히 저수온기에 주로 출현하는 *Tintinnopsis baltica*와 *T. lohmanii*가 출현하여 유종섬모충류의 종구성은 계절적 특성을 잘 반영하였다. 춘계 5월에는 대표적 연안종인 *Tintinnidium*과 *Tintinnopsis* 속의 종류가 다양하게 출현하였다. 2007년 8월 하계에는 가장 다양한 종구성을 보였으며 쿠로시오의 지류인 대마 난류의 영향을 암시하는 난류 지표종인 *Dadayiella ganymedes*, *Epiplocyloides ralumensis*가 관찰되었으며 2008년 8월에는 이밖에도 *Eutintinnus stramentus*, *Protorhabdonella curta*가 추가로 관찰되었으며 2007년 11월에도 난류 지표종인 *Ascampbeliella urceolata*가 관찰되었다. 2008년 11월에는 *Codonellopsis morchella*, *C. ostenfeldi*가 출현하여 난류수의 유입 영향이 종구성에 반영되는 결과를 보였다(Table 1).

울산항의 경우도 2007년 8월에 쿠로시오 영향을 암시하는 난류 지표종인 *Amphorellopsis acuta*, *Codonellopsis ostenfeldi*의 출현을 보였고 2008년 8월에 *Amphorella minor*, *Codonellopsis morchella*, *Dadayiella ganymedes*가 출현하였다. 2007년 11월에도 *C. ostenfeldi*가 출현하였고 2008년 11월에는 *C. morchella*, *C. ostenfeldi*, *Dadayiella ganymedes*가 출현하여 부산항과 유사하게 난류수의 유입 영향이 종구성에 반영되어 있었고 2008년 8월에는 고수온기에 주로 출현하는 *Tintinnopsis tocaninensis*가 출현하여 계절적 특성을 뚜렷하게 보였다. 2007년~2008년 2월에는 대표적 연안종인 *Tintinnopsis* 속이 관찰되었다. 2007년 5월에는 대표적 연안종인 *Tintinnidium*과 *Tintinnopsis* 속의 종류가 다양하게 출현하였으나 2008년 5월에는 범세계종인 *Stenosemella pacifica* 한 종류만 관찰되었다(Table 2).

Table 1. Seasonal occurrence of tintinnids at Busan Port in 2007 and 2008 (CS; Cosmopolitan species, WS; Warm water species, NS; Neritic species, thick letter; species vector recorded in Coos Bay, Oregon, USA)

Species name	Ecological characteristic	2007				2008			
		Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.
<i>Amphorellopsis acuta</i>	CS			*			*	*	
<i>Amphorides amphora</i>	CS			*					
<i>Ascampbelliella urceolata</i>	WS				*				
<i>Codonellopsis morchella</i>	WS							*	
<i>Codonellopsis nipponica</i>	NS						*		
<i>Codonellopsis ostenfeldi</i>	WS							*	
<i>Dadayiella ganymedes</i>	WS			*			*		
<i>Epiplocyloides ralumensis</i>	WS			*			*		
<i>Eutintinnus lususundae</i>	CS			*			*		
<i>Eutintinnus stramentus</i>	WS						*		
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	CS			*			*		
<i>Helicostomella subulata</i>	NS			*		*	*		
<i>Protorhabdonella curta</i>	WS						*		
<i>Salpingella laminata</i>	CS						*		
<i>Salpingella subconica</i>	CS			*			*		
<i>Stenosemella nivalis</i>	NS	*	*		*	*	*		
<i>Stenosemella pacifica</i>	CS						*		
<i>Tintinnidium balechi</i>	NS		*			*		*	
<i>Tintinnidium mucicola</i>	NS	*	*			*	*		
<i>Tintinnopsis baltica</i>	NS (cold water)	*				*			
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	NS	*	*	*	*	*	*	*	
<i>Tintinnopsis butschlii</i>	NS			*			*		
<i>Tintinnopsis cylindrica</i>	NS		*			*	*		
<i>Tintinnopsis directa</i>	NS			*			*		
<i>Tintinnopsis lohmanni</i>	NS (cold water)	*				*		*	
<i>Tintinnopsis neriticus</i>	NS			*					
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	NS			*					
<i>Tintinnopsis parva</i>	NS							*	
<i>Tintinnopsis parvula</i>	NS	*							
<i>Tintinnopsis radix</i>	NS			*			*	*	
<i>Tintinnopsis rapa</i>	NS					*	*		
<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	NS							*	
<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	NS							*	
Total number of species	33	6	5	14	3	8	5	16	10

Table 2. Seasonal occurrence of tintinnids at Ulsan Port in 2007 and 2008 (CS; Cosmopolitan species, WS; Warm water species, NS; Neritic species, thick letter; species vector recorded in Coos Bay, Oregon, USA)

Species name	Ecological characteristic	2007				2008			
		Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.
<i>Amphorella minor</i>	WS							*	
<i>Amphorellopsis acuta</i>	CS			*				*	*
<i>Amphorides amphora</i>	CS			*					
<i>Codonellopsis morchella</i>	WS							*	*
<i>Codonellopsis ostenfeldi</i>	WS			*	*				*
<i>Dadayiella ganymedes</i>	WS			*				*	*
<i>Eutintinnus lususundae</i>	CS			*					
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	CS			*				*	
<i>Favella tarakaensis</i>	NS		*	*				*	
<i>Helicostomella subulata</i>	NS			*				*	
<i>Salpingella subconica</i>	CS			*					
<i>Stenosemella nivalis</i>	NS	*	*	*				*	
<i>Stenosemella pacifica</i>	CS						*		
<i>Stenosemella ventricosa</i>	NS		*						
<i>Tintinnidium balechi</i>	NS		*					*	
<i>Tintinnidium mucicola</i>	NS	*	*						*
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	NS	*	*	*	*			*	*
<i>Tintinnopsis butschlii</i>	NS			*				*	
<i>Tintinnopsis cylindrica</i>	NS	*	*	*				*	
<i>Tintinnopsis directa</i>	NS			*					
<i>Tintinnopsis lohmanni</i>	NS (cold water)								*
<i>Tintinnopsis nana</i>	NS								*
<i>Tintinnopsis neriticus</i>	NS		*	*				*	*
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	NS			*					
<i>Tintinnopsis parva</i>	NS								*
<i>Tintinnopsis radix</i>	NS		*	*				*	*
<i>Tintinnopsis rapa</i>	NS					*		*	
<i>Tintinnopsis simplex</i>	NS								*
<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	NS			*					*
<i>Tintinnopsis sp.1</i>	NS								*
Total number of species	31	4	9	18	2	1	1	15	14

광양항에서 2007년~2008년 2월에 *Tintinnopsis baltica*, 8월에 *Tintinnopsis tocaninensis*가 각각 출현하여 저수온기와 고수온기의 연안 지표종이 각각 출현하였다. 한편 소형 와편모조류의 천적생물로 알려진 *Favella ehrenbergii*와 *F. taraikaensis*가 2007년~2008년 5월과 8월에 출현함이 특징이었으며 2008년 11월에 난류수의 유입을 암시하는 난류 지표종인 *Codonellopsis ostenfeldi*가 출현하였다(Table 3).

인천항에서도 2007년 2월에 *Tintinnopsis lohmannii*, 8월에 *Tintinnopsis tocaninensis*가 각각 출현하였으며 2008년에도 2월에 저수온성인 *T. lohmannii*가 관찰되어 저수온기와 고수온기의 종특이성을 보이고 있었으며 *Tintinnopsis* 속의 종류가 다양하게 출현하였지만 부산항, 울산항과 광양항과 같이 난류지표종은 관찰되지 않았다(Table 4).



Table 3. Seasonal occurrence of tintinnids at Gwangyang Port in 2007 and 2008 (CS; Cosmopolitan species, WS; Warm water species, NS; Neritic species, thick letter; species vector recorded in Coos Bay, Oregon, USA)

Species name	Ecological characteristic	2007				2008			
		Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.
<i>Amphorellopsis acuta</i>	CS			*	*			*	*
<i>Codonellopsis nipponica</i>	NS			*					
<i>Codonellopsis ostenfeldi</i>	WS								*
<i>Eutintinnus lususundae</i>	CS		*					*	*
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	CS		*	*			*		
<i>Favella ehrenbergii</i>	NS		*	*				*	*
<i>Favella taraikaensis</i>	NS		*	*			*		
<i>Helicostomella subulata</i>	NS			*				*	
<i>Salpingella subconica</i>	CS								*
<i>Stenosemella nivalis</i>	NS						*	*	*
<i>Stenosemella pacifica</i>	CS						*		
<i>Stenosemella parvicollis</i>	NS						*		
<i>Tintinnidium balechi</i>	NS		*	*				*	*
<i>Tintinnidium mucicola</i>	NS	*	*			*	*	*	
<i>Tintinnopsis ampla</i>	NS		*						
<i>Tintinnopsis baltica</i>	NS (cold water)	*	*			*	*		
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	NS	*	*	*	*	*	*	*	*
<i>Tintinnopsis butschlii</i>	NS		*	*				*	
<i>Tintinnopsis cylindrica</i>	NS					*			
<i>Tintinnopsis directa</i>	NS							*	
<i>Tintinnopsis lohmanni</i>	NS (cold water)	*				*	*		
<i>Tintinnopsis nana</i>	NS								*
<i>Tintinnopsis neriticus</i>	NS	*	*	*			*		
<i>Tintinnopsis nordqvisti</i>	NS			*				*	*
<i>Tintinnopsis parva</i>	NS	*	*						*
<i>Tintinnopsis parvula</i>	NS			*				*	*
<i>Tintinnopsis radix</i>	NS		*	*			*	*	*
<i>Tintinnopsis rapa</i>	NS					*			
<i>Tintinnopsis simplex</i>	NS			*					*
<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	NS			*	*			*	*
<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	NS							*	
Total number of species	34	6	13	15	3	6	11	15	15

Table 4. Seasonal occurrence of tintinnids at Incheon Port in 2007 and 2008(CS; Cosmopolitan species, WS; Warm water species, NS; Neritic species, thick letter; species vector recorded in Coos Bay, Oregon, USA)

Species name	Ecological characteristic	2007				2008			
		Feb.	May	Aug.	Nov.	Feb.	May	Aug.	Nov.
<i>Amphorellopsis acuta</i>	CS			*				*	
<i>Codonellopsis nipponica</i>	NS					*			
<i>Eutintinnus tubulosus</i>	CS			*					
<i>Favella ehrenbergii</i>	NS						*		
<i>Stenosemella nivalis</i>	NS					*	*	*	
<i>Stenosemella ventricosa</i>	NS		*		*				
<i>Tintinnidium mucicola</i>	NS					*			
<i>Tintinnidium balechi</i>	NS	*	*	*		*		*	
<i>Tintinnopsis amphora</i>	NS							*	
<i>Tintinnopsis beroidea</i>	NS	*	*	*	*	*		*	
<i>Tintinnopsis butschlii</i>	NS			*					
<i>Tintinnopsis lohmanni</i>	NS (cold water)	*				*			
<i>Tintinnopsis parva</i>	NS	*	*						
<i>Tintinnopsis parvula</i>	NS		*	*				*	
<i>Tintinnopsis rapa</i>	NS					*	*	*	
<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	NS			*	*	*		*	
<i>Tintinnopsis sp.2</i>	NS		*						
<i>Tintinnopsis sp.3</i>	NS					*			
Total number of species	18	4	6	7	3	8	2	3	7

III-2-2 부유성 섬모충의 세포수 변동

2007년 2월부터 2008년 11월 까지 조사결과 무각섬모충 플랑크톤의 세포수의 범위는 566~65,151 cells·L⁻¹이며 유중섬모충 플랑크톤의 세포수의 범위는 10~5,973 cells·L⁻¹이다. 전체섬모충 플랑크톤의 세포수의 범위는 642~65,182 cells·L⁻¹로 세포수의 변화는 조사 계절에 따라 큰 차이를 보였다.

각 항만의 시기별 섬모충플랑크톤의 평균 세포수는 2007년 저수온기 2월에 울산항을 제외한 나머지 세 항만은 타 시기보다 낮은 세포수가 분포하였으며 5월과 8월에는 수온의 상승과 더불어 세포수도 증가하는 경향을 나타냈다. 인천항을 제외한 부산, 울산, 광양항에서 하계 8월에 타 조사시기보다 높은 세포수를 보였다. 특히 광양만 8월은 최고의 평균 세포수 약 14,000 cells·L⁻¹를 기록하였다. 추계 11월에는 세포수가 다시 감소하였고 4개의 항만 모두 2500~3500 cells·L⁻¹의 유사한 세포수의 범위로 분포하였다. 2008년에는 2월과 5월의 동계에서 춘계까지는 4개의 항만 모두 2,500~3,500 cells·L⁻¹의 낮은 세포수의 범위로 큰 세포수 변화는 감지되지 않았으나, 하계 8월에는 조사항만 모두 8,000 cells·L⁻¹ 이상의 세포수 급증을 보였으며 특히 인천항에서 최고치(65,182 cells·L⁻¹)를 기록하였다(Fig. 6). 섬모충플랑크톤의 두 분류군인 유중섬모충류(tintinnids)와 무각섬모충류(Naked ciliates)로 나누어 세포수 변동을 살펴보면 섬모충플랑크톤 세포수의 대부분은 무각섬모충류의 분포에 좌우되었다(Fig. 9).

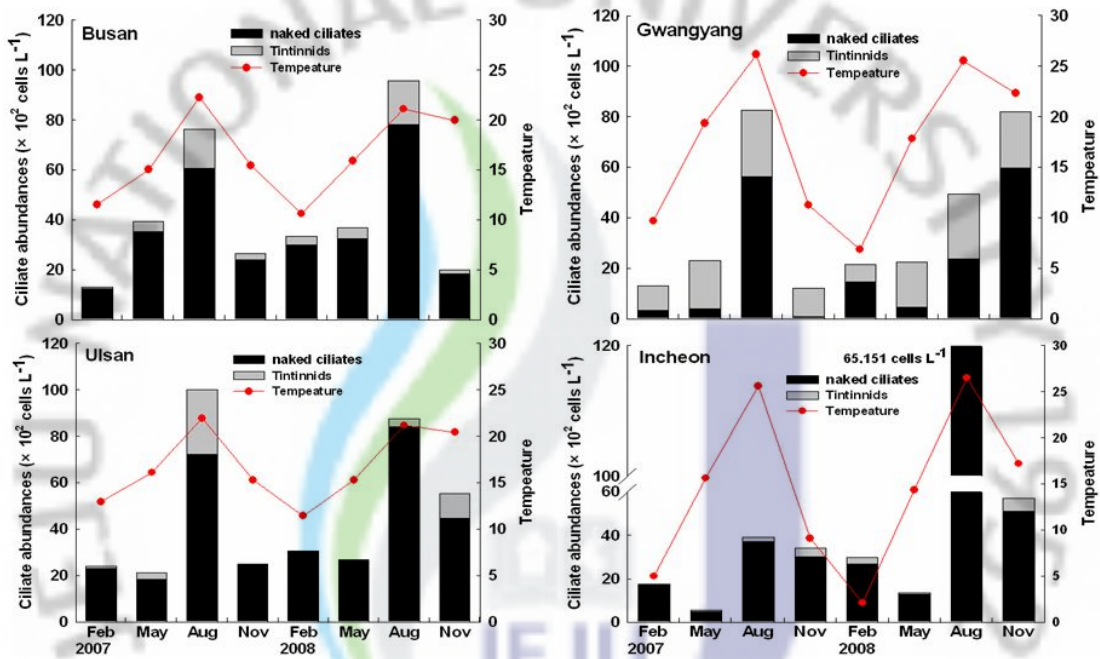


Fig. 9. Seasonal variations of abundance of naked ciliates and tintinnids, and water temperature at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon ports in Feb. 2007~Nov. 2008.

각 항만의 내항과 외항의 평균 세포수를 비교해보았다. 부산항 내항에서는 계절의 영향에 따라 2월과 11월에 낮은 세포수를 보였으며 8월에 높은 세포수가 나타났고 특히, 8월에 무각섬모충류와 함께 유중섬모충류의 세포수도 증가하였다. 외항에서도 2월과 11월에 낮은 세포수를 보였지만 섬모충플랑크톤 대부분이 무각섬모충류로서 2007년 5월과 2008년 8월에 높은 세포수를 보였다.

울산항도 부산항과 마찬가지로 내항에서 무각섬모충류와 함께 유중섬모충류의 세포수가 2007년 8월에 가장 높은 세포수를 보였으며 2008년에는 무각섬모충류는 8월에 가장 높은 세포수를 보였지만 유중섬모충류는 8월보다 11월에 더욱 높은 세포수를 보였다. 외항에서는 섬모충플랑크톤 대부분이 무각섬모충류의 세포수였으며 2007년~2008년 5월과 8월뿐만 아니라 2007년 2월에도 높은 세포수를 보였다.

광양항은 무각섬모충류가 계절에 따른 변동이 뚜렷하였고 내항에서 2007년 8월보다 2008년 8월에 높은 세포수를 보인 반면에 외항에서는 2008년 8월보다 2007년 8월에 세포수가 가장 높았으며 내항과 외항간 차이를 보였다. 유중섬모충류는 내항에서 무각섬모충류의 세포수와 함께 증가하였고 외항에서는 2008년 8월에 무각섬모충류의 높은 세포수와 달리 낮은 평균 세포수를 보였다.

인천항의 섬모충류 세포수는 내항과 외항 모두 섬모충플랑크톤의 대부분 무각섬모충류였으며 타 항만에 비해 낮은 세포수를 보였으나 예외로 2008년 하계 8월 외항에서 $160,000 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상의 세포수 급증을 보였다(Fig. 10).

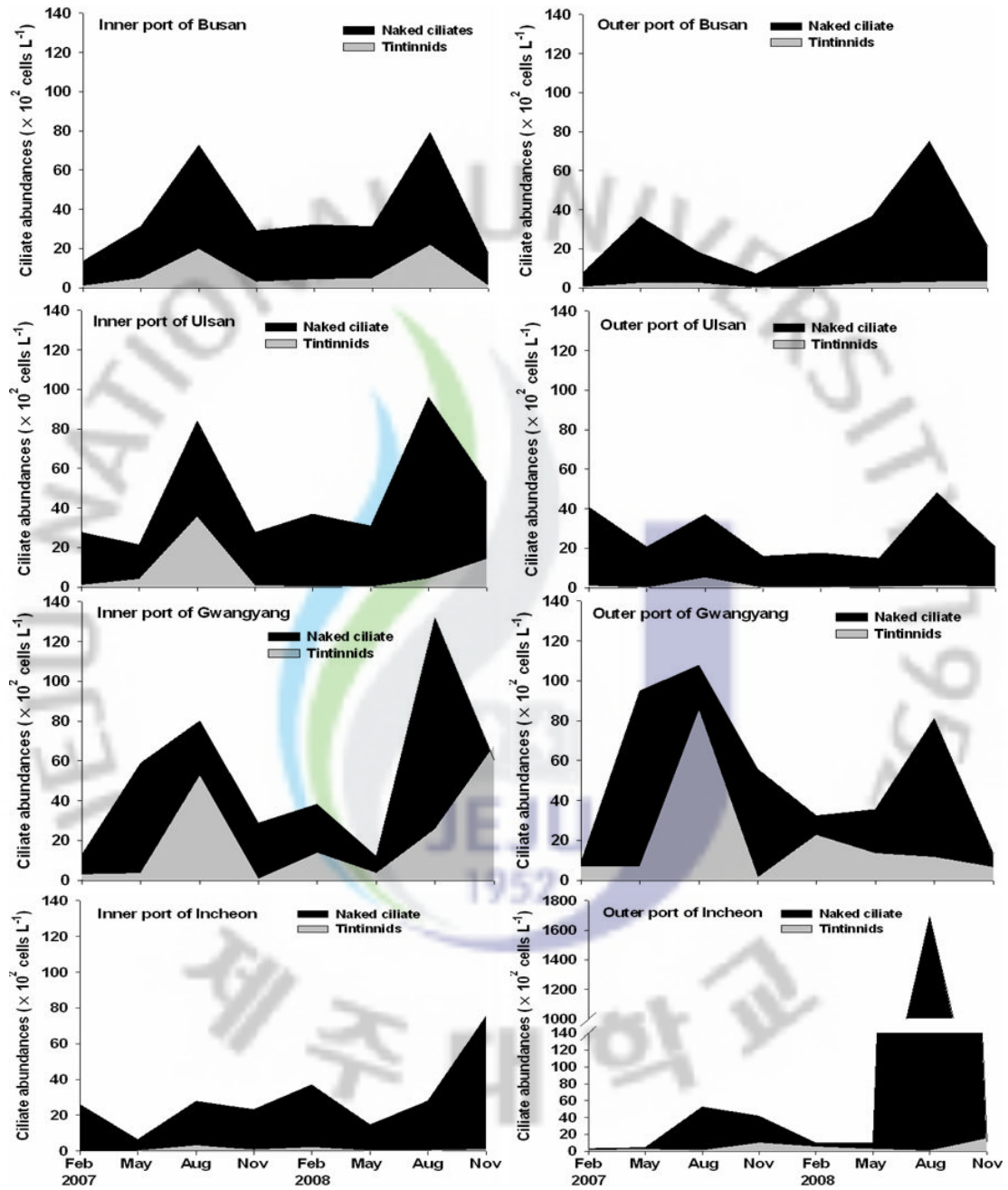


Fig. 10. Comparison ciliate abundances at inner and outer ports.

각 항만에서 박터생물로 보고 되어 있는 유충섬모충류의 평균 세포수의 변화는 다음과 같다. 부산항에서는 계절에 따른 변동이 뚜렷하게 나타났으며 2007년~2008년 하계 8월 고수온기에 높은 세포수를 보였으며 상대적으로 저수온기인 2월과 11월에는 낮은 세포수를 보였다. 울산항은 2007년~2008년 매 계절에서 평균 세포수 $500 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 이하의 낮은 세포수를 보였으나, 예외로 2007년 하계 8월 고수온기에 $2,500 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상의 높은 세포수를 보였다. 광양항에서는 2007년~2008년 하계 8월과 2008년 2월에 높은 세포수가 나타났으며 2007년 2월과 11월에 낮은 세포수를 보였다. 인천항은 타 항만에 비해 낮은 세포수를 보였으며 2008년 2월에는 타 조사기시에 비해 가장 높은 세포수를 보였다 (Fig. 11).

유충섬모충류 생태 특성의 출현종으로 평균 세포수를 보면 모든 항만에서 연안종이 가장 많은 세포수를 차지하고 있으며 특히 광양항에서 $5,500 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상으로 가장 높은 세포수를 보였다. 또한, 광양항에서 냉수종과 범세계종이 가장 높은 세포수가 나타났다. 냉수종은 2008년 2월에 $821 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 을 기록하였고 범세계종은 2008년 8월에 $451 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 으로 타 항만에 비해 가장 높은 세포수가 나타났다. 난류종은 울산항에서 2007년 8월에 가장 많은 $147 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 기록하였다(Fig. 12).

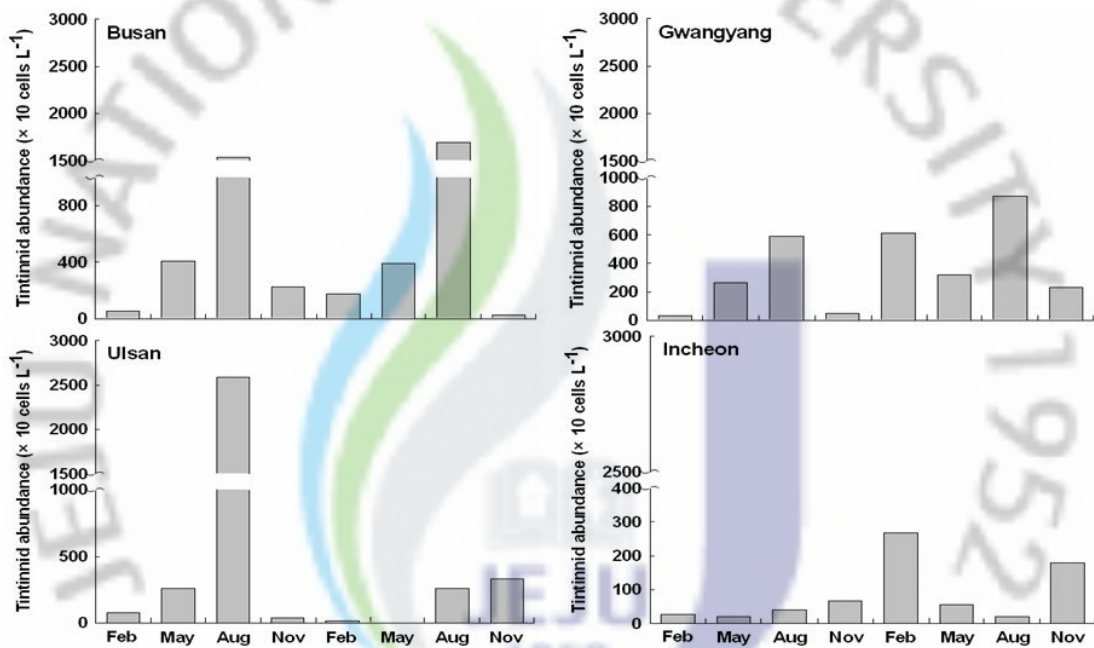


Fig. 11. Seasonal variations of tintinnid abundance of vector at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon ports in Feb. 2007~Nov. 2008.

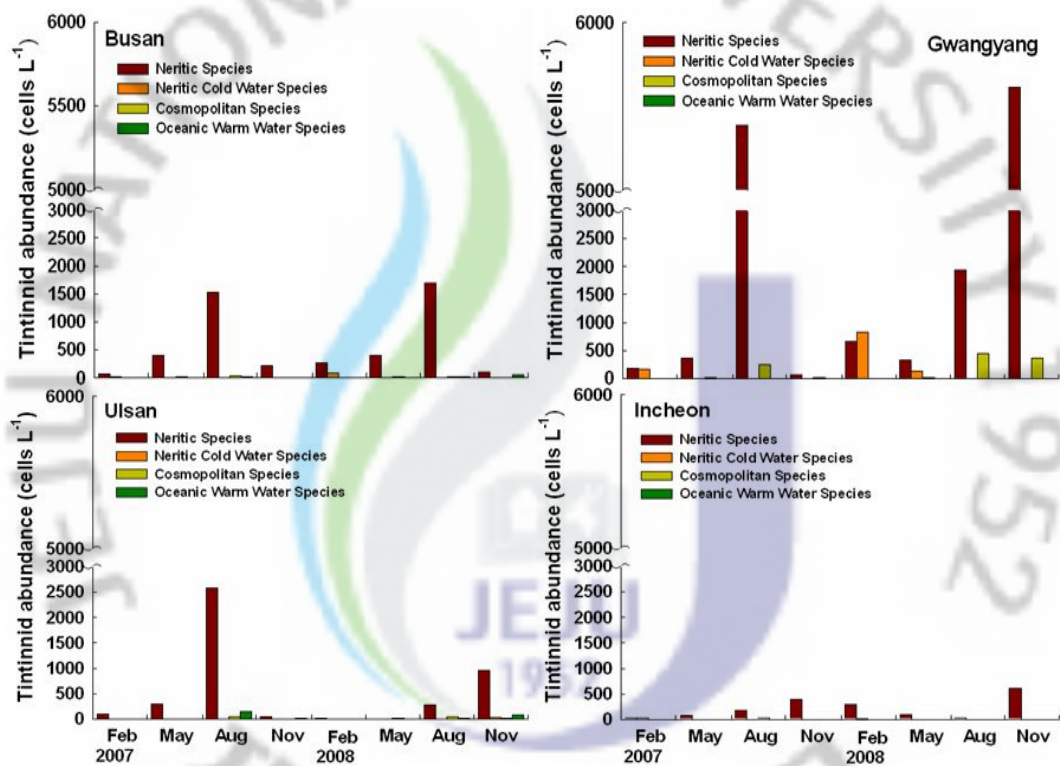


Fig. 12. Tintinnid abundance of each ecological characteristics at Busan, Ulsan, Gwangyang and Incheon ports in Feb. 2007~Nov. 2008.

섬모충플랑크톤을 크게 두 가지 분류군 그룹, 유종섬모충류(tintinnids)와 무각섬모충류(Naked ciliates)로 나누어 각 항만에서 정점별로 세포수 변동을 보았다.

2007년 부산항의 경우 섬모충플랑크톤 세포수의 대부분은 소모류 세포수가 차지하고 있으며 정점 3은 타 정점보다 높은 세포수(약 20,000 cells·L⁻¹)를 보였으며 2008년에는 정점 2와 3에서 타 정점보다 높은 세포수를 보였다. 정점 2와 3은 부산항 조사정점 중 안쪽에 위치하는 정점으로 고수온기에 소모류의 증가는 용존유기탄소가 타 정점보다 높아 이를 분해하는 박테리아의 증식으로 인해 소모류 먹이생물의 풍부한 환경이 조성되어 높은 세포수를 보인 것으로 판단된다(Fig. 13).

울산항의 경우도 섬모충플랑크톤의 대부분 세포수는 소모류에 의한 결과로 대부분의 정점에서 2007년~2008년 8월의 세포수 증가가 뚜렷하였고 2007년 8월에 유종섬모충류의 세포수도 타시기에 비해 8월에 증가하는 동일한 양상을 보였으며 계절에 따른 변동이 뚜렷한 반면 정점별 차이는 명확하지 않았다. 2008년 11월에 정점 2와 3에서 유종섬모충류의 세포수가 타시기에 비해 증가하는 양상을 보였다. 이는 11월 조사시기에도 평균 20℃가 넘는 고수온을 보이며 섬모충플랑크톤의 세포수가 증가한 것으로 판단된다(Fig. 14).

인천항에서 2007년에 섬모충플랑크톤 세포수는 타 항만에 비해 월등히 낮았으며 대부분의 정점에서 5,000 cells·L⁻¹의 세포수 분포를 보였으며 타 항만과 동일하게 소모류의 분포가 우세하였다. 2008년의 경우에도 타 항만과 동일하게 소모류의 분포가 우세하였으며 하계 8월 정점 6에서는 매우 높은 세포수(486,373 cells·L⁻¹)를 보였는데 이는 분류학적 위치는 원생동물(Ciliophora 문)에 속하며 광합성 능력을 갖고 있는 기능적인 일차생산자(Sieburth *et al.*, 1978; Lindholm *et al.*, 1998; 유 등, 1998)인 *Myrionecta rubra*의 높은 세포수 증가로 인한 결과이다. *Myrionecta rubra*는 마산만, 시화호, 새만금해역, 장목만에서도 하계에 높은 세포수 분포가 기록되었다(Kim *et al.*, 2007; 김 등, 2007; 김과 장, 2008). 이들에 의한 적조는 연안역에서 흔히 관찰되고, 기수역, 석호(coastal lagoons), 선거(artificial dock), fjords, 남극 및 북극과 같은 다양한 환경에서도 출현한다(유 등, 1998). *M. rubra*의 적조는 날씨가 좋으며 따스

한 시기나 수괴가 성층화되는 기간에 자주 발생하고, 연안 적조는 용승과정과 관련이 있다(Smith and Barber, 1979; Lindholm, 1992; 유 등, 1998). 또한 식물플랑크톤과 같이 인과 질산염을 흡수하고, 풍부한 영양염 하에서 증식이 활발한 것으로 알려져 있다(Smith and Barber, 1979; Lindholm, 1985; Lindholm, 1992; 유 등, 1998). 최고의 적조 기록은 인천 근해에서 1988년 8월에 단독성 적조가 51,000 cells/ml 수준으로 매우 높은 출현을 보인 것이다(Park, 1991). 인천항 선거는 해양생태계이면서 호소와 같은 구조적 특성을 갖는 곳으로 매우 부영양화 되어 있고, 식물플랑크톤에 의한 일차생산력이 세계적으로 가장 높은 지역 중의 하나이다(Yoo *et al.*, 1992; Yoo *et al.*, 1997; 유 등, 1998). 본 연구에서도 *M. rubra*는 인천항 하계 8월에 6정점에서 높은 현존량(486,373 cells·L⁻¹)이 나타나 부영양화 상태인 것으로 판단된다(Fig. 15).

광양만의 경우 2007년 8월 고수온기에 모든 정점에서 높은 세포수를 보였고 정점 1, 2, 3에서는 유종섬모충류의 세포수보다 소모류의 분포가 월등히 우세하였으나 정점 4, 5, 6, 7, 8의 정점에서는 소모류와 함께 유종섬모충류의 세포수가 함께 증가하는 결과를 보였다. 2008년에는 8월과 11월(평균 수온 22.31°C)에도 고수온기를 보이며 섬모충플랑크톤의 높은 세포수를 보였으며 정점 4를 제외한 모든 정점에서 무각섬모충류의 높은 세포수를 보인 반면에 11월에 정점 4에서 유종섬모충류인 *Tintinnopsis nana*가 41,219 cells·L⁻¹의 높은 세포수를 보였다(Fig. 16).

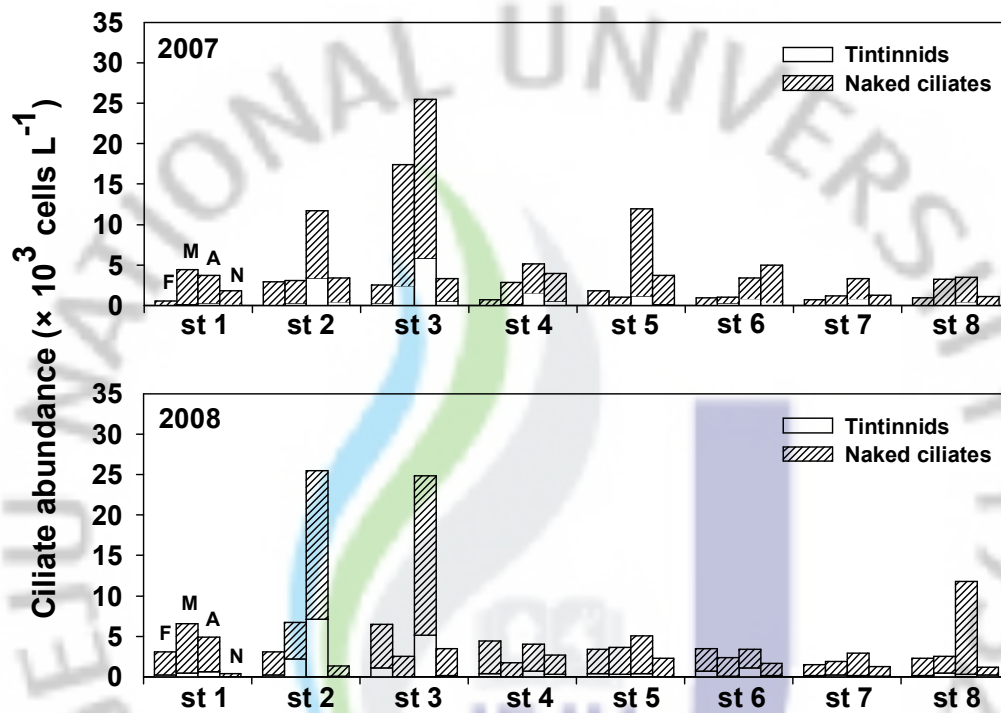


Fig. 13. Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Busan port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).

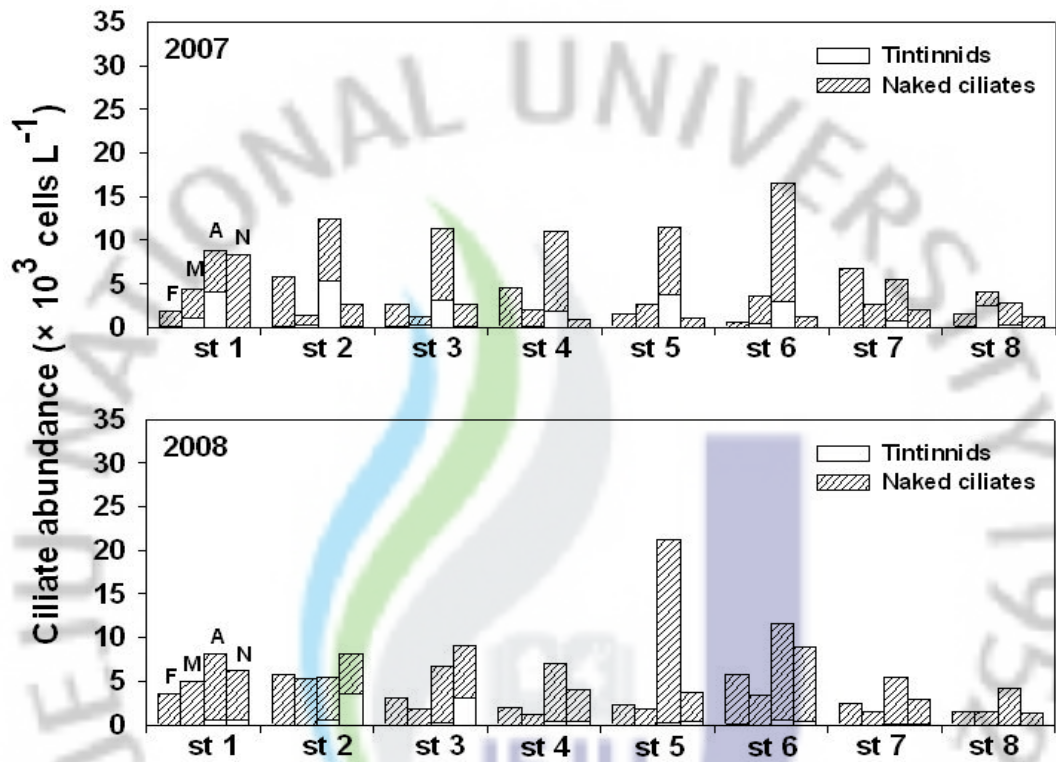


Fig. 14. Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Ulsan port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).

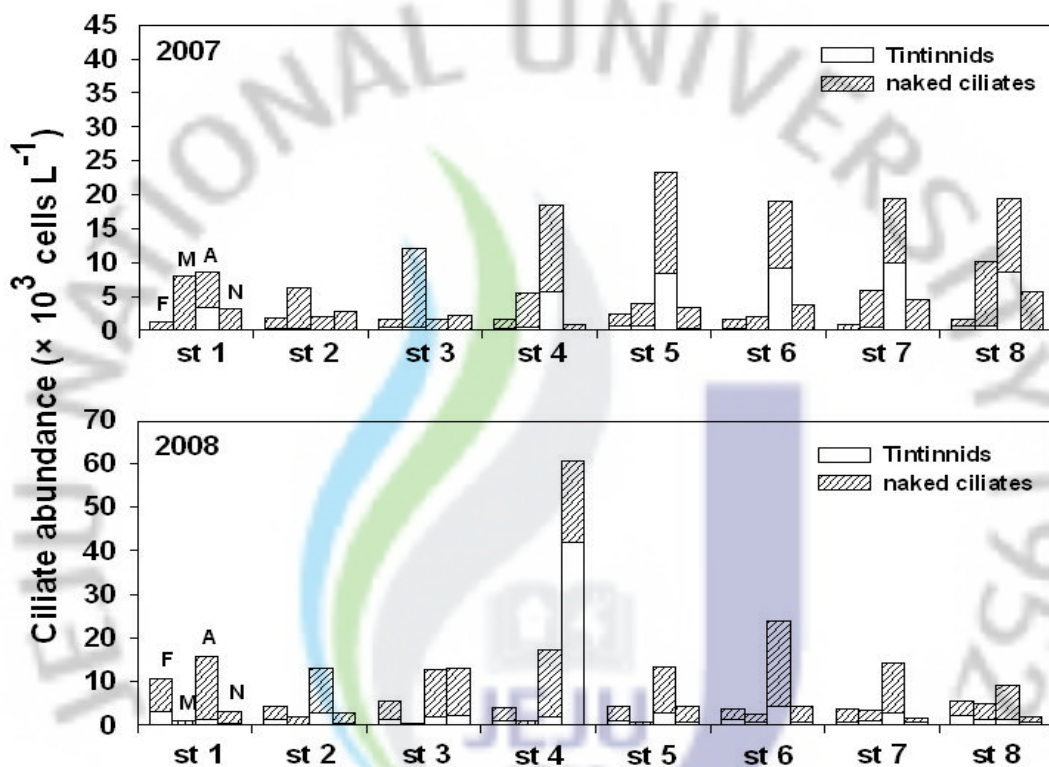


Fig. 15. Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Gwangyang port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).

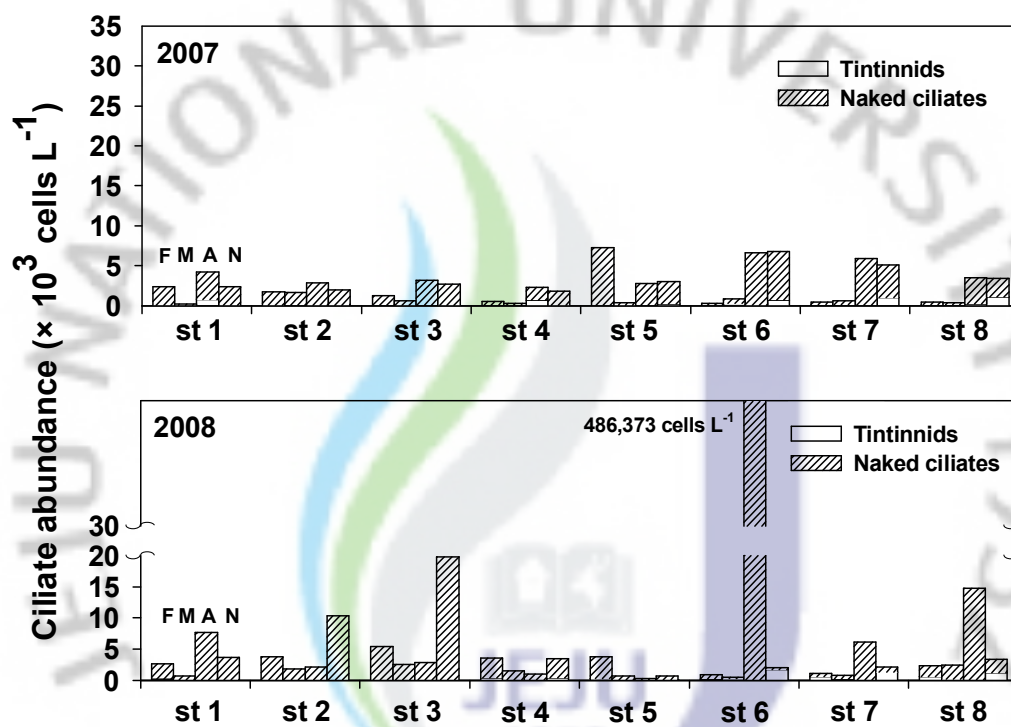


Fig. 16. Seasonal distribution of abundance of naked ciliates and tintinnids at Incheon Port in 2007~2008 (F: February, M: May, A: August, N: November).

III-2-3 유중섬모충플랑크톤 우점종 변동과 출현특성

우점종은 종동정이 가능한 유중섬모충플랑크톤 분류군에 한하여 세포수가 1,000 cells·L⁻¹ 이상 출현한 종류를 선별하였다. 조사기간 중 부산항의 경우 선박평형수의 벡터생물로 보고되어 있는 *Tintinnopsis beroidea*가 우점종으로 출현하였으며 특히 2007년 8월과 2008년 8월에 평균 세포수가 1,400 cells·L⁻¹, 1,587 cells·L⁻¹로 가장 높은 값을 보이며 우점하여 부산항의 대표종으로 판단된다.

울산항도 부산항과 마찬가지로 선박평형수의 벡터생물로 보고가 되어 있는 *Helicostomella subulata*가 2007년 8월에 우점종으로 관찰되었으며 2008년 11월에는 *Tintinnopsis nana*가 우점종으로 관찰되었다. *Helicostomella subulata*는 국내 연안해역에 흔히 출현하는 종류로 마산만, 구룡포항, 제주근해와 동중국해, 장목만에서도 그 출현이 보고되어 있다(Lee and Kim, 1999; Lee and Kim, 2000; Kim *et al.*, 2007; 김 등, 2007; 김과 장, 2008). 본 종은 계절별로 형태적인 특징이 변화하는 종으로 알려져 있고 고수온기에는 피갑(lorica)의 구연(oral margin)에 구치(oral teeth)가 약화되지만 반대로 저수온기에 출현하는 개체는 구치가 잘 발달되는 수온에 따른 종내 형태적 변이가 관찰된다고 보고되어 있다(Alder, 1999; 김과 장, 2008). 본 연구에서 울산항 11월에 관찰된 *Helicostomella subulata*의 경우에도 구치가 약화된 형태적 특징을 보였다. *Tintinnopsis nana*의 경우 마산만과 시화호, 장목만과 같이 오염해역에서도 고수온기 8월에 고밀도의 세포수가 관찰되었다. 세포의 구경이 18 μm 의 소형종으로 7 μm 이하의 박테리아와 같은 작은 극미소플랑크톤을 효율적으로 섭취할 수 있으며 박테리아의 증식기에 고밀도 분포가 보고되어 있다(김 등, 2007; Kim *et al.*, 2007; 김과 장, 2008). 본 연구에서 *Tintinnopsis nana*의 경우에도 2008년 11월 울산항에서 높은 현존량을 보였으며 이때 조사시기가 수온이 20°C가 넘는 고수온기를 보이며 박테리아의 번성이 유리한 고수온기에 우점적인 출현을 보였다고 판단된다.

인천항의 경우 *Tintinnidium balechi*가 우점종으로 출현하였으며 2007년, 2008년 모두 11월 추계에 가장 높은 세포수를 보이며 우점하여 인천항의 대표

종으로 판단된다. *Tintinnidium balechi*는 주로 연안에서 혼탁한 수괴에 분포하는 종류로서 조수간만의 차가 크기때문에 타 항만 보다 해수의 투명도가 낮은 인천항의 수환경 조건이 우점종의 생태적 특성과 잘 일치하고 있다(해양연구원, 2008).

광양항은 타 항만보다 우점종이 다양하게 출현하였다. *Ascampbellilla acuta*, *Tintinnidium balechi*, *Tintinnopsis beroidea*, *T. tocaninensis*, *T. baltica*, *T. nana*, *T. nordqvisti*, *T. rapa*가 우점하였다. 이 중 *Tintinnopsis beroidea*와 *T. rapa*는 선박평형수의 벡터생물로 보고가 되어 있는 종이다. 2007년 8월에 *Tintinnidium balechi*, *Tintinnopsis beroidea*, *T. nordqvisti*, *T. tocaninensis*가 함께 우점하였으며 특히 8월에 *Tintinnidium balechi*의 평균 세포수가 $3,000 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상으로 가장 높은 우점을 보였다. 2008년 2월에는 *T. baltica*와 *T. rapa*가 8월에는 *T. balechi*가 우점을 보였다. 11월에는 *A. acuta*와 *T. nana*가 우점을 보였는데 특히 *T. nana*의 경우 평균 세포수가 $5,000 \text{ cells}\cdot\text{L}^{-1}$ 이상으로 가장 높은 우점을 보였다(Fig. 17).

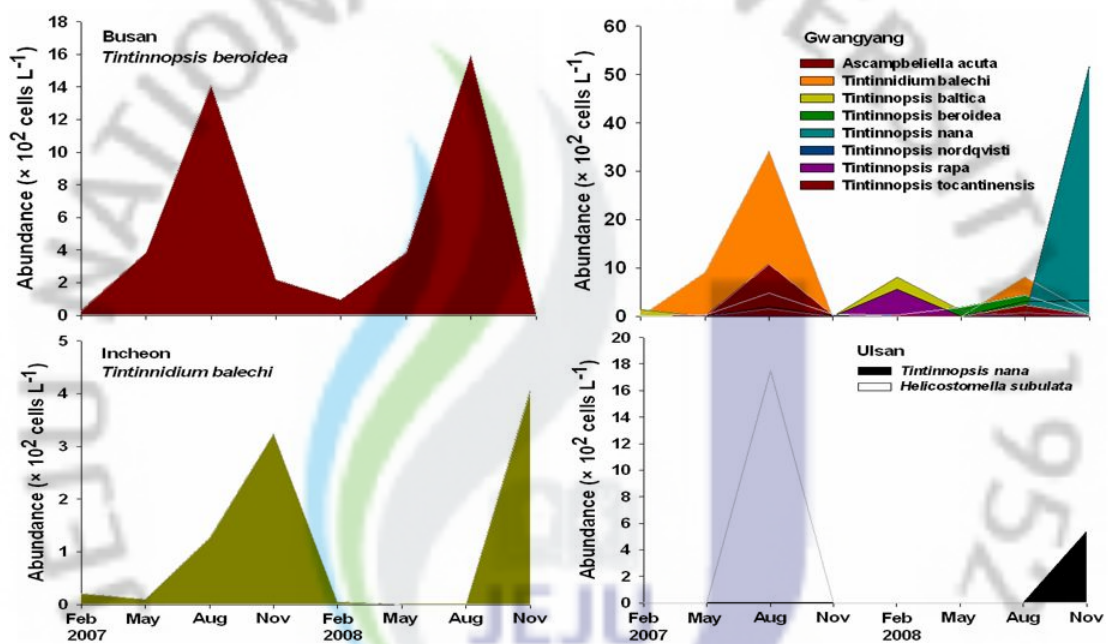


Fig. 17. Seasonal variations of abundance of dominant tintinnids in 2007 and 2008.

Ⅲ-2-4 미기록종

광양항에서 5월에 관찰된 유충섬모충류 *Tintinnopsis ampla*는 국내 미기록종이다. 일본의 Akkeshi Bay에서 처음으로 관찰되어 신종으로 보고된 종(Fig. 18)이며 수온이 11.7℃ 이상의 시기에 출현한다고 보고되어 있는 이 종은 피갑의 길이가 130~192 μ m, 구부의 넓이가 70~75 μ m로 비교적 크기가 큰 종류이다 (Hada, 1937; 해양연구원, 2008) 본종이 출현한 광양만 5월에 표층 해수의 수온은 19.5℃, 염분이 31.9 psu를 기록하여 온난한 기수역의 수환경을 보였다(해양연구원, 2008).



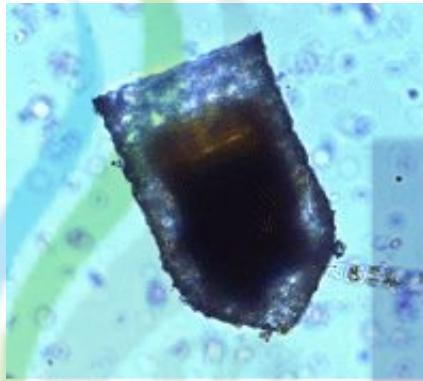


Fig. 18. *Tintinnopsis ampla*

III-2-5 유중섬모충플랑크톤과 환경요인(수온)과의 관계

계절에 따른 평균 수온과 유중섬모충플랑크톤의 종수를 보면 부산항, 울산항, 광양항에서 양의 상관관계(부산항, $r=0.731$, $p<0.05$, $n=8$), (울산항, $r=0.924$, $p<0.01$, $n=8$), (광양항, $r=0.911$, $p<0.01$, $n=8$)를 보였지만 인천항에서는 상관관계($r=-0.091$, $p<0.05$, $n=8$)를 볼 수 없었다(Fig. 19).

부산항, 울산항, 광양항에서는 고수온기에 10종 이상의 상대적으로 다양한 종 구성과 높은 현존량을 보였으나 저수온기에는 10종 이하로 적은 수의 출현종과 낮은 현존량이 관찰되었다. 하지만 인천항에서는 이런 상관관계가 나타나지 않았으며 각 항만에서 우점종 세포수와 환경요인(수온)과의 관계를 보았다. 부산항과 울산항 광양항에서는 우점종 세포수와 환경요인(수온)과 양의 상관을 보이는데 반해 인천항에서는 우점종 세포수와 환경요인(수온)과 양의 상관을 보이지 않았으며 이것은 유중섬모충플랑크톤의 종수에서 보았던 상관관계와 일치하는 결과를 보였으며 인천항이 부산항, 울산항, 광양항과 다른 결과를 보인 이유는 각 항만에서 유중섬모충플랑크톤이 우점 할 수 있는 환경적인 요소가 수온뿐만이 아닌 다른 요소에서 항만 간 차이에 큰 영향을 미친 것으로 판단된다.

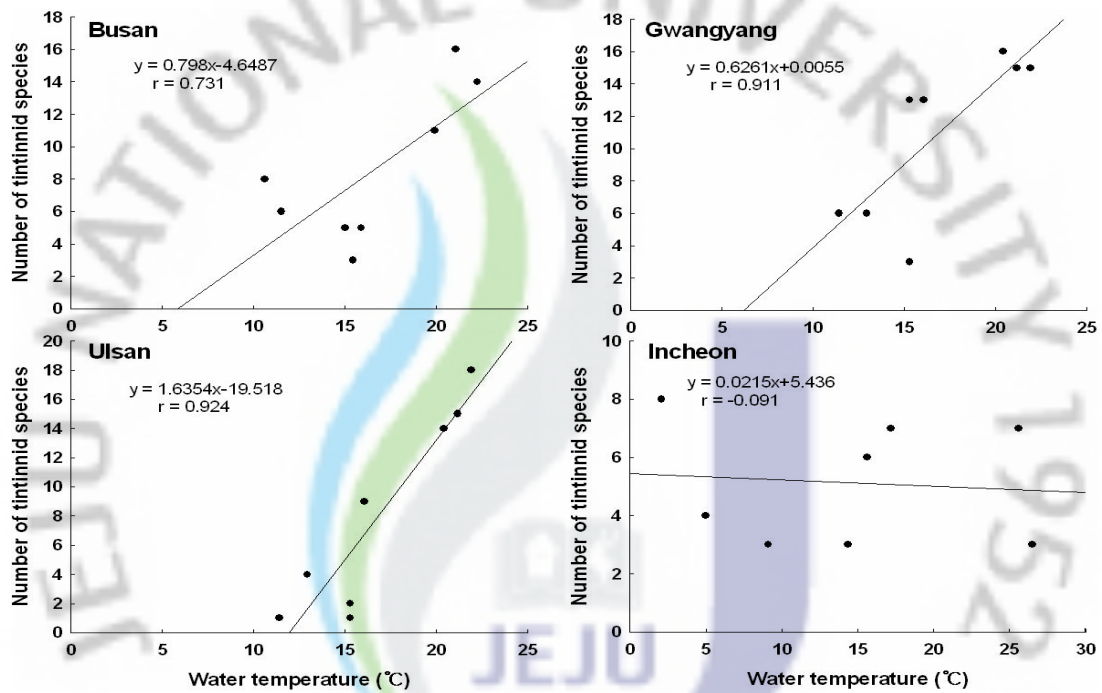


Fig. 19. Linear correlation between species number of tintinnids and water temperature.

V. 결론

부산항과 울산항에서 하계와 추계에 난류지표종인 *Ascampbeliella urceolata*, *Codonellopsis morchella*, *Codonellopsis ostenfeldi*, *Dadayiella ganymedes*, *Eutintinnus stramentus*, *Protorhabdonella curta*가 8월과 11월에 출현하였다. 인천항과 광양항에서는 전 계절을 통해 연안종이 출현하였고 특히 저수온기와 고수온기에 연안 지표종의 출현이 뚜렷하였다. 광양항에서는 2007년 5월에 국내 미기록종이며 난류수에서 출현한다고 보고가 되어있는 *Tintinnopsis ampla*의 출현과 2008년 11월에 *Codonellopsis ostenfeldi*가 출현을 보였지만 인천항에서는 난류지표종의 출현이 관찰되지 않았다. 유종섬모충의 출현분포의 특성은 연안 종이 주로 출현하였으며 쿠로시오 해류(Kuroshio current)의 지류인 대마난류(Tsushima Warm Current)의 영향이 큰 부산과 울산항에 8월과 11월에 난류 지표종이 중점적으로 출현하고 있었던 것으로 보아 대마난류에 의해 외래종이 유입되는 것으로 판단된다.

2007년 2월부터 2008년 11월까지 조사결과 미국의 오레곤 Coos Bay의 항만에서 벡터생물로 보고가 되어 있는 유종섬모충류는 *Eutintinnus lusus-undae*, *Eutintinnus tubulosus*, *Favella ehrenbergii*, *Favella taraikaensis*, *Helicostomella subulata*, *Stenosemella nivalis*, *Tintinnopsis ampla*, *Tintinnopsis beroidea*, *Tintinnopsis cylindrica*, *Tintinnopsis directa*, *Tintinnopsis lohmanni*, *Tintinnopsis radix*, *Tintinnopsis rapa*로 한국의 주요 항만인 부산항, 울산항, 광양항, 인천항에서 총 13종이 출현하였으며 광양항에서 13종으로 가장 많은 종이 출현하였고 인천항에서 6종으로 가장 적은 종수가 관찰되었으며 부산항 10종, 울산항 11종이 관찰되었다. 유종섬모충류의 종 다양성은 고수온기에 높은 출현종수를 보인다고 보고가 되어 있으며 선박평형수에 의한 벡터 생물로 보고가 되어 있는 유종섬모충류 또한, 부산항, 울산항, 광양항에서 고수온기에 가장 높은 출현종수를 보였고 2007년 11월 저수온기에는 모든 항에서 1~2종류로 낮은 종수의 출현을 보였다. 반면에 인천항에서는 저수온기 2월에 4종류로 사계절 중 가장 높은 출현을 보여 항만에 따른 차이로 보이며 과

거의 연구들이 부족한 실정이고 조사 계절도 차이를 보여 정확한 결론을 내리기에 어려움이 있었다. 따라서 향후 주요 항만에 대한 계절 조사가 계속 이루어져 좀 더 심층적인 연구가 필요하다고 판단된다.



참고문헌

- 김영옥, 장민철, 2008. 남해 거제도 장목만에서 부유성 섬모충의 시기별 분포 특성. *Ocean and Polar Research*, 30(4): 419-426.
- 김영옥, 최현우, 이원제, 장풍국, 이재도, 2007. 마산만의 미소생물환(microbial loop) 구성요소의 공간분포와 섬모충플랑크톤의 분포특성. 2007년도 한국해양과학기술협의회 공동학술대회 초록집, 374 pp.
- 고병설, 이재학, 홍재상, 1997. 인천 연안역 저서동물군집의 시, 공간적 분포 양상. *한국해양학회지*, 2: 31-41.
- 김요혜, 이준백, 2003. 제주도 남부해역의 부유성 섬모충류의 종 구성과 계절 변동. *한국해양학회지*, 8: 59-69.
- 양은진, 최중기, 2007. 인천 연안의 초가을 식물플랑크톤 대증식기에 식물플랑크톤과 종속영양 원생동물 군집의 단주기 변동. *Ocean and Polar Research*, 29(2): 101-112.
- 유중수, 1998. 적조 원인종 섬모충류 *Mesodinium rubrum* (Lohmann) Hamburger et buddenbrock에 관하여. *Algae (The Korean Journal of Phycology)*, 13(1): 143-149.
- 정해진, 유영두, 김재성, 2002. 전북 새만금 남쪽 해역의 유해성 적조 발생연구 2. 1999년도 여름-가을 종속영양성 와편모류와 섬모충류의 시간적 변화. *한국해양학회지*, 7(3): 140-147.
- 최진우, 서진영, 박소현, 임현식, 장 만, 2009. 인천항 및 부산항의 여름철 대형저서동물 군집의 구조. *환경생물학회지*, 27(1): 6~19.
- 한국해양연구원, 2008. 항만 환경위해도 평가기술 개발연구 보고서, 494 pp.
- Alder, V.A., 1999. Tintinninea. In: *South Atlantic zooplankton Vol 1*, edited by Boltovskoy, D., Backhuys Publishers, pp. 321-384.
- Choi, J.k. and J.H. Shim, 1986b. The ecological study of phytoplankton in Kyeonggi Bay, Yellow Sea. III. Phytoplankton composition, standing crops, tychopelagic plankton. *J. Kor. Soc. Oceanogr.*, 23: 1-12.

- Globallast, 2002. The GEF/UNDP/IMO Global ballast water management programme (Globallast). Available from <<http://www.globallast.imo.org>>.
- Hada, Y., 1932a. Description of two new neritic Tintinnoinea, *Tintinnopsis japonica* and *Tintinnopsis kofoidi* with a brief Note on a unicellular Organism parastic on the latter. *Proc. Imp. Acad.*, 8: 209–212, 3 Figs, in text.
- Hada, Y., 1932b. The tintinnoidea from Sea of Okhotsk and its neighbourhood. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser.*, 4, 2(1): 37–59.
- Hada, Y., 1932c. Report of the biological survey of Mutsu Bay, 26. The pelagic Ciliata, suborder Tintinnoinea. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. 4th Ser., Biol.*, 7: 553–573.
- 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.
- Hada, Y., 1937. The fauna of Akkeshi Bay. IV. The pelagic Ciliata. *J. Far. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. 4, zool.*, 5: 143–216.
- Hada, Y., 1938. Studies on the Tintinnoinea from the western tropical Pacific. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. Ser. 6, zool.*, 6: 87–190.
- Hada, Y., 1957. The Tintinnoinea, useful microplankton for judging oceanographical conditions. *Inform. Bull. Planktol. Japan*, 5: 10–12.
- Kim, Y.O., J. Chae, J.S Hong, and P.G Jang, 2007. Comparing the distribution of ciliate plankton in inner and outer areas of a harbor divided by an artificial breakwater. *Mar. Environ. Res.*, 64: 38–53.
- Kofoid, C.A. and A.S. Campbell, 1929. A conspectus of the marine and freshwater ciliata belonging to the suborder Tintinnoinea, with descriptions of new species principally from the Agassiz Expedition to the Eastern tropical Pacific 1904–1905. *Univ. California 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 Alecander Agassiz.,

- by U.S. Fish Commission Steamer "Albatross", From October, 1904, to March, 1905. The Ciliata: the Tintinnoinea. *Bull. Mus. Comp. Zool.*, 84: 1-473.
- Lee, J.B. and Y.H. Kim, 1999. Distribution of tintinnids in the south 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.
- Lee, J.B. and Y.H. Kim, 2000. Taxonomical descriptions of planktonic ciliates in the southwestern coastal waters, the East China Sea and Yellow Sea. *Bull. Mar. res. Inst. Cheju Nat. Univ.*, 24: 55-77.
- Lindholm, T., 1985. *Mesodinium rubrum* - a unique photosynthetic ciliate. *Advances in Aquatic Microbiology.*, 3: 1-48.
- Lindholm, T., 1992. *Mesodinium rubrum* - a photosynthetic ciliate. In: Reisser, W. (ed), *Algae and symbioses: Plants, Animals, Fungi, Virus, Interactions Explored*, Biopress Limited, Bristol, pp. 501-514.
- Lindholm, T., Lindroos P. and Mark A.C. 1988. Ultrastructure of the photosynthetic ciliate *Mesodinium rubrum*. *Biosystems Amstertam.*, 21: 141-149.
- Park, J.S., 1991. Red tide occurrence and countermeasure in Korea. In: *Recent Approaches On Red Tides*. Park, J.S and H.G. Kim (eds.), National Fisheries Research and Development Agency, Republic of Korea, Pusan, pp. 1-24
- Pierce, R.W. and J.T. Turner, 1992. Ecology of planktonic ciliates in marine food webs. *Rev. Aquat. Sci.*, 6: 139-181.
- Pierce, R.W. and J.T. Turner, 1993. Global biogeography of marine tintinnids. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 94: 11-26.
- Pierce, R.W. and J.T. Carlton and D.A. Carlton and J.B. Geller, 1997. Ballast water as a vector for tintinnid transport. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 149: 295-297.
- Pomeroy, L.R., 1974. The ocean's food web, a changing paradigm. *Bioscience.*, 24: 499-504.

- Sieburth, J. McN. and V. Smetacek and F. Lenz, 1978. Pelagic ecosystem structure: Heterotrophic compartments of the plankton and their relationship to plankton size fractions. *Limnol. Oceanogr.*, 23: 1256-1263.
- Smith, W.O. Jr. and R.T. Barber, 1979. A carbon budget for the autotrophic ciliate *Mesodinium rubrum*. *J. of Phycol.*, 15: 27-33.
- Yoo, J.S., 1994. Biotic Community Structure, Productivity and Carbon Flux in Dock Marine Ecosystem of Incheon Harbor. PH.D. thesis. Seoul National University, Seoul. (in Korean with English abstract)
- Yoo, J.S., Y.H. Kim, J.H. Lee and I.K. Lee, 1992. Fluctuation of phytoplankton biomass and primary productivity in closed marine ecosystem, Incheon Dock. *Korean J. Bot.*, 35: 323-332. (in Korean with English abstract)
- Yoo, J.S., J.H. Lee and I.K. Lee, 1997. Characteristics of physicochemical factors of Incheon Dock ecosystem, Korea. *Korean J. Ecol.*, 20: 61-68. (in Korean with English abstract)

요약

한국의 주요항만에 분포하는 섬모충플랑크톤의 계절적인 특성을 파악하고 수괴지표종인 유충섬모충을 이용하여 외래 생물종의 유입을 조사하였다. 외래 생물종의 유입은 기후변화에 따른 해류의 영향으로 인한 유입과 선박평형수(ballast water)를 통한 가능성을 두고 접근하였다. 시료의 정성 및 정량 채집은 우리나라 주요항만인 부산항, 울산항, 광양항, 인천항에서 2007년 2월부터 2008년 8월까지 이루어졌다. 조사기간 동안 출현한 유충섬모충플랑크톤은 총 15속 45종이다. 광양항에서 34종, 부산항에서 33종, 울산항에서 31종, 인천항에서 18종이 관찰되었고 무각섬모충 플랑크톤의 개체수의 범위는 566~65,151 cells L⁻¹이며 유충섬모충 플랑크톤의 개체수의 범위는 10~5,973 cells L⁻¹이다. 전체 섬모충플랑크톤의 개체수의 범위는 642~65,182 cells L⁻¹로 개체수의 변화는 조사 계절에 따라 큰 차이를 보였다.

우점종으로는 부산항에서 *Tintinnopsis beroidea*, 울산항에서 *Helicostomella subulata*와 *Tintinnopsis nana*, 인천항에서 *Tintinnidium balechi*, 광양항에서 *Ascampbelilla acuta*, *Tintinnidium balechi*, *Tintinnopsis beroidea*, *T. tocaninensis*, *T. baltica*, *T. nana*, *T. nordqvisti*, *T. rapa*가 우점종으로 출현하였다.

미국의 오레곤 Coos Bay의 항만에서 선박평형수의 벡터생물로 보고가 되어 있는 유충섬모충플랑크톤을 한국의 4개 주요항만(부산, 울산, 광양, 인천)에서 조사를 한 결과로 *Eutintinnus lusus-undae*, *Eutintinnus tubulosus*, *Favella ehrenbergii*, *Favella taraikaensis*, *Helicostomella subulata*, *Stenosemella nivalis*, *Tintinnopsis ampla*, *Tintinnopsis beroidea*, *Tintinnopsis cylindrica*, *Tintinnopsis directa*, *Tintinnopsis lohmanni*, *Tintinnopsis radix*, *Tintinnopsis rapa*로 한국의 4개 주요항만인 부산항에서 10종류, 울산항에서 11종류, 광양항에서 13종류, 인천항에서 6종류가 기록되었다.

부산항과 울산항에서 하계와 추계에 난류지표종인 *Ascampbeliella urceolata*, *Dadayiella ganymedes*, *Eutintinnus stramentus*, *Protorhabdonella curta*,

Codonellopsis morchella, *Codonellopsis ostenfeldi*가 8월과 11월에 출현하였다. 인천항과 광양항에서는 전 계절을 통해 연안종이 출현하였고 특히 저수온기와 고수온기에 연안 지표종의 출현이 뚜렷하였다. 광양항에서는 2007년 5월에 국내미기록종이며 난류종인 *Tintinnopsis ampla*의 출현과 2008년 11월에 *Codonellopsis ostenfeldi*가 출현을 보였지만 인천항에서는 난류지표종의 출현이 관찰되지 않았다. 유종섬모충의 출현분포의 특성은 연안종이 주로 출현하였으며 쿠로시오 난류의 지류인 쓰시마 난류의 영향이 큰 부산과 울산항에 8월과 11월에만 난류 지표종이 중점적으로 출현하고 있었다. 따라서 국내 미기록종 및 난류종의 영향은 기후변화와 쓰시마 난류에 의해 유입되는 것으로 판단된다.



감사의 글

해양학의 의미도 모른 채 마냥 새로운 마음으로 해양학 전공 수업을 들었던 일이 었그제 같은데 벌써 대학원 졸업을 앞두고 있다는 것이 믿어지지 않습니다.

2년이라는 시간은 앞만 보고 달려와 놓친 것과 잃은 것도 많은 시간일 수 있지만 얻은 것이 더 많은 발전과 발돋움의 기간이 되어 부족하나마 작은 결실을 맺게 되었습니다. 연구실 생활을 돌이켜 한 편의 논문으로 대신하기엔 아쉬움이 많지만 대학원 생활을 잘 마무리 할 수 있게 되어서 무엇보다 뜻 깊게 생각하고, 이 논문이 완성되기까지 저를 도와주시고 지도해 주신 분들께 적은 지면을 빌려 감사의 마음을 전하고자 합니다.

본 논문이 완성될 수 있도록 학부시절부터 지금까지 언제나 지속적이고 열정적으로 관심을 가져주시고 가르쳐주신 이준백 지도교수님께 먼저 진심으로 감사를 드립니다. 심사를 맡아 세심한 조언과 충고로 논문을 바로 잡아 주신 방익찬 교수님과 여러 가지로 꼼꼼하게 지도해 주신 윤정수 교수님, 그리고 끝까지 관심을 가져주신 고유봉 교수님, 최영찬 교수님, 윤석훈 교수님께도 감사의 말씀을 올립니다.

섬모충이 뭔지도 모르는 저에게 섬모충플랑크톤이란 새로운 분야를 통해서 많은 지도와 열정적으로 관심을 가져주신 한국해양연구원 남해연구소의 김영옥 박사님께도 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 한국해양연구원 남해연구소에서 항만환경위해도 평가기술 개발연구로서 한국의 4개 주요항만에서 시료 채집에 도움을 주신 강정훈 박사님과 차용환 선생님, 권오윤 선생님에게도 감사의 말씀을 드립니다.

논문이 완성되기까지 희로애락을 함께 한 연구실 선, 후배님들에게도 감사의 맘을 전합니다. 제주바다를 좋아하고 해양에 대해 공부 하고 싶어 멀리 서울에서 공부하러 온 주영이형과 한식이, 대학원에 함께 들어와 같이 고생한 김승현, 막내인 학부생 은호에게 감사의 마음을 전합니다. 이외에도 저에게 힘이 되어 주신 분들이 너무 많습니다. 제주산업정보대학 좌종현 교수님, 해양지질연구실 태정이형, 해양화학연구실 혁준이형, 해양물리연구실 성준이형과 준호형, 씨그랜트 사무

실에서 항상 열심히 일하고 있는 정현이와 정의 그리고 학부 선배인 비밀이 많은 남자 상호형, 학부 후배들인 승헌, 용운, 선영, 한빈, 용준이, 사랑하는 친구들인 연정이, 은정, 선경, 지혁, 기철, 성필, 정홍, 정훈이, 창원과 마산, 거제도, 인천을 지키고 있는 국보, 문수, 용섭, 현수, 미란, 소현, 봉길이형, 옥명이형, 수현이형, 언제나 내 곁에서 힘이 되어주는 지운이, 부족한 저를 위해 언제나 기도하여 주시고 이끌어주시는 조마가 목사님, 소망목자님, 노아목자님에게도 감사의 마음을 전합니다.

마지막으로 자식 걱정애 노심초사하시는 아버지, 어머니, 자신의 일을 사랑하고 언제나 최선을 다하는 기특한 남동생에게 감사의 마음을 전하며 감사의 마음을 작은 결실인 논문으로 바칩니다.

