

섬진강 하류계에서 유종섬모충류의 군집구조와 계절적 동태

유형빈* · 박수산

전남대학교 사범대학 생물교육과

Seasonal Dynamics and Community Structure of Tintinnina in lower Seomjin River System

Hyung Bin Yoo* and Su San Park

Department of Biology Education, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea

Abstract - Present study has been carried out to clarify the ecological characteristics of Tintinnina community, during the period from March, 1998 to January, 1999 at twelve stations in lower Seomjin river system. During the surveyed period, a total of 56 species were identified. Seasonal variation of number of species occurred was varied: 43 species during spring season, 21 species during summer season, 27 species during autumn season, 20 species during winter season. Total abundance of Tintinnina ranged from 0 to 170,134 indiv./m³. The abundance was high in March and low in September. Among 22 dominant species, 18 species (81.8%) were *Tintinnopsis* genus. The relationships between environmental factors and Tintinnina community were as follows; 11 species (*Tintinnopsis rara*, *T. angulata*, *T. sp. 1*, *T. sp. 4*, *T. sp. 5*, *T. sp. 8*, *T. sp. 9*, *Stenosemella pacifica*, *S. steini*, *Codonellopsis nipponica*, *Favella taraikaensis*) occurred from 10 to 15°C and 2 species (*Codonella amphorella*, *Leprotintinnus neriticus*) occurred from 5 to 30°C. Many species occurred from 10.1 to 25.0‰ of salinity. Four species (*Tintinnopsis acuminata*, *T. angulata*, *T. sp. 10*, *T. sp. 11*) occurred in freshwater only, while four species (*Tintinnopsis rapa*, *T. baltica*, *T. lata*, *Codonella sp.*) occurred from 0.1 to 31.2‰ of salinity.

Key words : lower Seomjin River System, Tintinnina, community structure, dynamics

서론

원생동물에 속하는 유종섬모충류(Tintinnina)는 수중 생태계의 물질순환과정에서 저차 생산자로서 중요한 역할을 하고 있다. 또한 그 분포가 수온과 밀접한 관계가 있어 수온지표종으로서의 가치도 인정되고 있다(Hada 1957; Balech 1972; Sano 1975). 유종섬모충류는 해양의 미소동물플랑크톤 중에서 요각류의 노프리우스 유생과

함께 종류나 생물량에 있어서 우점적인 위치를 차지하며 주로 외편모충류나 규조류 같은 미세한 식물플랑크톤을 포식하거나(Heinbokel and Beers 1979; Stoecker *et al.* 1981, 1983, 1984), 요각류, 화살벌레, 난바다곤쟁이류, 지각류, 치어 등에 의해 포식된다고 알려져 있다(Raymont 1983; Robertson 1983; Stoecker and Sanders 1985).

유종섬모충류에 대한 연구는 1800년대 Ehrenberg (1833) Claparede and Lachmann (1858) 등에 이어 1900년대 초의 Brandt (1906), Jorgensen (1924) 등에 의해 주로 분류학적인 연구가 이루어졌으며 그 후 Kofoid and

*Corresponding author: Hyung-Bin Yoo, Tel. 062-530-2504, Fax. 062-530-2509, E-mail. hbyoo@chonnam.ac.kr

Campbell (1929, 1939)에 의해 본 아목에 대한 분류체계가 확립되었다. 또한 Hada (1932a, b, c, 1935, 1937, 1938)에 의해 일본근해와 서부 열대 태평양의 유종섬모충류에 대한 분류학적 연구를 비롯해 Balech (1948, 1968)에 의해 대서양과 멕시코만의 유종섬모충류에 대한 연구가 이루어진 바 있다. 최근에는 실험실배양을 통해 생태 및 생리학적 연구가 활발하게 진행되고 있으며 (Gold 1968, 1969, 1970, 1973; Heinbokel 1978; Heinbokel and Beers 1979; Laval-Peuto 1977; Paranjape 1980; Stoecker *et al.* 1981; Stoecker and Guillard 1982; Stoecker *et al.* 1983) 전자현미경적 연구도 이루어져 유종섬모충류의 분류학적인 발전에 크게 뒷받침되고 있다 (Gold *et al.* 1976a, b, 1977, 1979, 1980).

우리 나라에서는 마산만(김 1986)과 진해만(Yoo *et al.* 1988), 그리고 영일만(Yoo and Kim 1990)일대의 유종섬모충류에 대한 분류학적 연구가 이루어진 바 있으나, 생태학적인 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 섬진강 하류계에 서식하고 있는 유종섬모충류를 대상으로 출현종의 조성 및 시공분포 그리고 생물량의 계절적 변동, 우점종의 계절적 동태, 유사도 등을 밝히고 수계 환경요인과 군집동태와의 상관 관계 등을 밝힘으로써 군집의 구조와 계절적 동태를 파악 하는데 그 목적이 있다.

조사대상 수계의 개요

섬진강 ($34^{\circ}40'26'' \sim 35^{\circ}50'00''N$, $126^{\circ}51'50'' \sim 127^{\circ}53'05''E$)은 우리 나라 4대강 가운데 하나로서 한반도의 남해안 중서부에 위치하고 있으며 총 유역면적은 $4,896.5 \text{ km}^2$ 이고 본류의 유로연장은 212.3 km 이다.

섬진강은 장수, 임실, 진안 등 3개 군의 경계를 이루는 팔공산에서 발원하여 약 82 km 서 남류하여 섬진강댐 지점에 이르게 되며, 댐 지점으로부터 남동류하여 오수천, 요언, 보성강 등의 지류와 합류하여 전남 광양군과 경남 하동군 지점에서 다도해로 유입되어진다. 본 유역의 동쪽에는 낙동강 유역, 서쪽에는 영산강 유역과 동진강 유역, 북쪽에는 금강유역과 만경강 유역이 접하고 있으며 본 유역의 지형은 북쪽 소백산맥이 낙동강 유역과 경계를 이루면서 남쪽으로 뺏고 있으며 지리산의 노고단에서 분지된 지리산맥은 동남향으로 발달하여 하구에 이르고 있다. 한편 유역의 남북쪽은 노령산맥이 서쪽으로 발달하면서 금강, 만경강 및 동진강 유역과 차례로 분수령을 이루고 있으며, 서쪽은 내장산의 신백봉에서 분지된 산맥이 무등산과 이루어지면서 영산강 유역과 분수령을 이루고 있다. 남쪽 또한 백운산 형제봉, 조계산, 준

제산 등으로 둘러싸여 있다(건설교통부 섬진강홍수통제소 1996).

재료 및 방법

1. 조사기간 및 조사정점

본 조사는 1998년 3월부터 1999년 1월까지 1년간 격월로 실시하였으며, 조사 정점은 위도에 따라 피아골 계곡 합류점에서 섬진강 하구의 섬진강 휴게소 앞까지 12개 정점을 선정하여 수심이 얇은 정점(정점 1, 2, 3, 4)에서는 강가에서 조사하고 수심이 깊은 곳인 전라남도 광양시 다압면 섬진마을(정점 5)부터 하구인 섬진강 휴게소 앞(정점 12)까지는 모터보트를 이용하여 강의 중앙부에서 조사를 실시하였다(Fig. 1).

정점 1. 전라남도 구례군 토지면 외곡리 피아골 합류점

정점 2. 경상남도 하동군 화계면 덕은리

정점 3. 경상남도 하동군 악양면 평사리

정점 4. 경상남도 하동군 적량면 흥룡리

정점 5. 전라남도 광양시 다압면 섬진마을

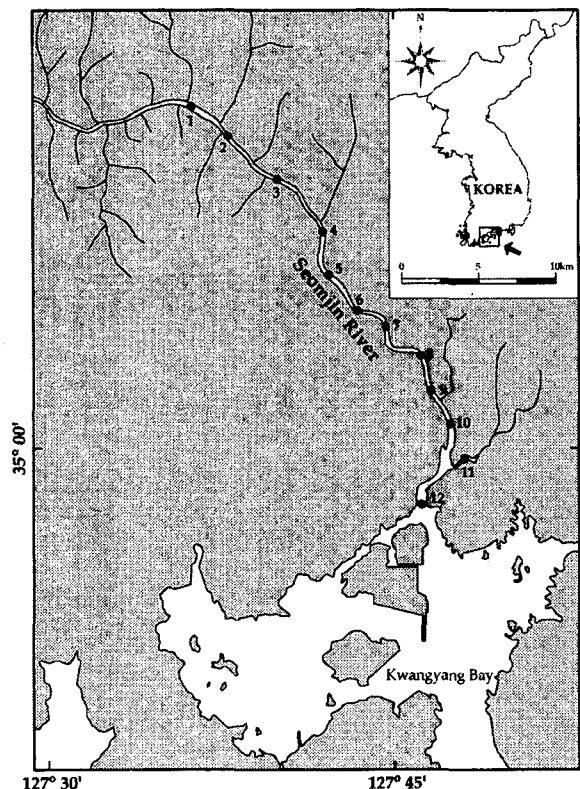


Fig. 1. Map showing the sampling stations in lower Seomjin River system

- 정점 6. 경상남도 하동군 하동읍 하동대교
 정점 7. 전라남도 광양시 진상면 월길리
 정점 8. 경상남도 하동군 고전면 신월리
 정점 9. 전라남도 광양시 진월면 조사리
 정점 10. 경상남도 하동군 고전면 대덕리
 정점 11. 경상남도 하동군 고전면 섬진대교 옆 지류
 정점 12. 전라남도 광양시 진월면 선소리

2. 재료의 채집 및 처리

유충섬모충류의 채집은 정량용 플라크톤 네트(망구 30 cm, 망목 55 μ m)를 사용하여 200 ml씩을 채수하여 선상에서 5% 중성 formalin으로 고정한 후 실험실로 운반

하여 실험재료로 사용하였다.

종의 동정을 위하여 각 개체를 alcohol과 glycerine (8:2) 혼합용액에 넣은 다음 1% basic fuchsin으로 12시간 염색한 후 cover glass 조각으로 4군데 지지점을 만든 후 재료를 중앙에 놓고 glycerine jelly로 봉입하여 영구 프레파라아트를 만들어 광학 현미경 (Nikon Optiphot) 하에서 종을 동정하였다.

시료의 정량분석은 200 ml로 농축한 시료를 균일하게 섞은 후 1 ml를 취하여 Bogorov 계수판에 넣고 광학현미경하에서 각 3회 계수한 것의 평균치를 단위 채적당 개체수 (indiv./m³)로 환산하여 Standard methods에 의하여 생물량을 나타내었다.

Table 1. Systematic list of Tintinnina in lower Seomjin River system

Phylum Protozoa	<i>T. sp. 1</i>
Subphylum Cilophora Doflein	<i>T. sp. 2</i>
Class Polyhymenophora Jankowski	<i>T. sp. 3</i>
Subclass Spirotrichia Butschli	<i>T. sp. 4</i>
Order Oligotrichida Butschli	<i>T. sp. 5</i>
Suborder Tintinnina Kofoid and Campbell	<i>T. sp. 6</i>
Family Tintinnididae Kofoid and Campbell	<i>T. sp. 7</i>
Genus <i>Leprotintinnus</i> Jorgensen	<i>T. sp. 8</i>
<i>L. nordgvisti</i> Brandt	<i>T. sp. 9</i>
<i>L. neriticus</i> Campbell	<i>T. sp. 10</i>
<i>L. simplex</i> Schmidt	<i>T. sp. 11</i>
<i>L. bottinicus</i> Nordgvist	<i>T. sp. 12</i>
Family Codonellidae Kent	<i>T. sp. 13</i>
Genus <i>Tintinnopsis</i> Stein	<i>T. sp. 14</i>
<i>T. cylindrata</i> Daday	Genus <i>Codonella</i> Haeckel
<i>T. beroidea</i> Stein	<i>C. cratera</i> Jorgensen
<i>T. radix</i> Imhoff	<i>C. amphorella</i> Biedermann
<i>T. kofoidi</i> Hada	<i>C. sp.</i>
<i>T. directa</i> Hada	Family Codonellopsidae Kofoid and Campbell
<i>T. gracilis</i> Kofoid and Campbell	Genus <i>Stenosemella</i> Jorgensen
<i>T. lohmanni</i> Laackmann	<i>S. pacifica</i> Wailes
<i>T. tocantinensis</i> Kofoid and Campbell	<i>S. parvicollis</i> Marshall
<i>T. tubulosoides</i> Meunier	<i>S. steini</i> Jorgensen
<i>T. tubulsoa</i> Levander	<i>S. nivalis</i> Meunier
<i>T. butschli</i> Daday	Genus <i>Codonellopsis</i> Jorgensen
<i>T. nana</i> Lohmann	<i>C. nipponica</i> Hada
<i>T. rapa</i> Meunier	<i>C. sp.</i>
<i>T. diversicervica</i> n. sp. Brandt	Family Favellidae Kofoid and Campbell
<i>T. baltica</i> Brandt	Genus <i>Favella</i> Jorgensen
<i>T. urnula</i> Meunier	<i>F. taraikaensis</i> Hada
<i>T. lata</i> Meunier	<i>F. ehrenbergii</i> Claparede and Laackmann
<i>T. uruguayensis</i> Balech	Family Tintinnidae Claparede and Laackmann
<i>T. acuminata</i> Daday	Genus <i>Steenstrupiella</i> Kofoid and Campbell
<i>T. rara</i> Kofoid and Campbell	<i>S. robusta</i> Kofoid and Campbell
<i>T. angulata</i> Meunier	Genus <i>Eutintinnus</i> Kofoid and Campbell
<i>T. ventricosoides</i> Meunier	<i>E. lusus-undae</i> Entz
<i>T. parva</i> Merkle	<i>E. elegans</i> Jorgensen
	<i>E. sp.</i>

분류체계는 문(Phylum)에서 아목(suborder)까지의 상위 카테고리는 Levine (1980)과 Corliss (1982)의 체계를 따랐으며 아목이하의 과(Family)와 속(Genus)의 단계는 주로 Sano (1975)의 체계를 따랐다. 출현종의 동정에는 Kofoid and Campbell (1929, 1939), Campbell (1942) 그리고 Hada (1932a, b, c, 1935, 1937, 1938)의 문헌을 주로 참고하였으며, Balech (1948, 1968), Marshall (1969), Krishnamurthy *et al.* (1979)의 내용도 참고하였다. 환경요인은 수온, 염분도, 용존 산소량, 수소이온 농도, 전도도 등을 측정하였다. 군집분석을 위해 우점도 (McNaughton 1968), 종 다양도 (Shannon and Weaver 1963; Margalef 1968), 유사도 (Brower and Zar 1977) 등을 산출하였다.

결과 및 고찰

1. 수계환경의 특성

조사기간 동안 수온은 4.2(정점 1, 1월)~26.8°C(정점 6, 7월), 염분은 0(정점 1, 2, 3, 4, 전기간; 정점 5, 3월, 5월, 11월; 정점 6, 5월)~30.0‰(정점 12, 1월), 용존 산소량은 6.51(정점 6, 7월)~13.97 mg/l(정점 11, 1월), 수소

이온 농도는 6.60(정점 6, 3월; 정점 2, 7월)~8.20(정점 6, 7, 8, 9, 10, 1월), 전도도는 43(정점 3, 11월)~290,000 $\mu\text{mhos/cm}$ (정점 11, 3월)의 범위를 각각 나타내었다.

2. 출현종의 조성 및 시공분포

조사기간(1998년 3월~1999년 1월) 동안 출현한 유충섬모충류는 총 8속 56종으로 동정 분류되었다(Table 1).

조사기간을 통하여 출현한 유충섬모충류에 대한 시공분포를 정점별, 계절별로 보면 다음과 같다.

먼저, 월별 출현 종의 분포를 보면 3월에 7속 40종으로 가장 많은 종수가 출현했고, 11월에 2속 3종으로 가장 적은 종수가 출현했다(Fig. 2). 조사기간동안 계속 출현한 종은 *Codonella amphorella* 한 종 뿐이었고, 특정 월에만 출현한 종은 3월에 *Tintinnopsis rara*, *T. angulata*, *T. sp. 1*, *T. sp. 4*, *T. sp. 8*, *Stenosemella pacifica*, *Codonellopsis nipponica*, *Favella taraikaensis*, 5월에는 *Tintinnopsis nana*, *Codonella sp.*, 7월에는 *Tintinnopsis directa*, *Eutintinnus elegans*, 9월에는 *Tintinnopsis acuminata*, *Eutintinnus sp.*, 1월에는 *Tintinnopsis sp. 13*, *T. sp. 14* 였다.

출현종의 정점별 분포를 보면(Fig. 3), 정점 12에서 가장 많은 8속 38종(*Leprotintinnus nordgvisti*, *L. neriti-*

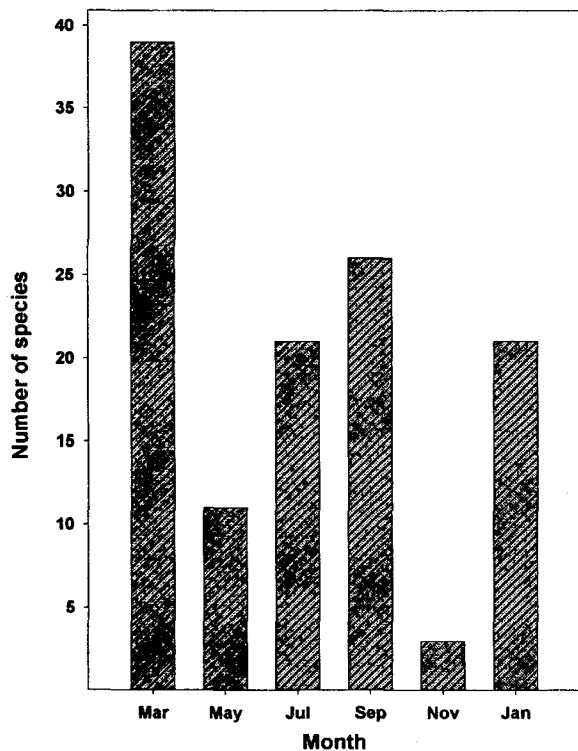


Fig. 2. Bimonthly variation of number of species occurred in lower Seomjin River system.

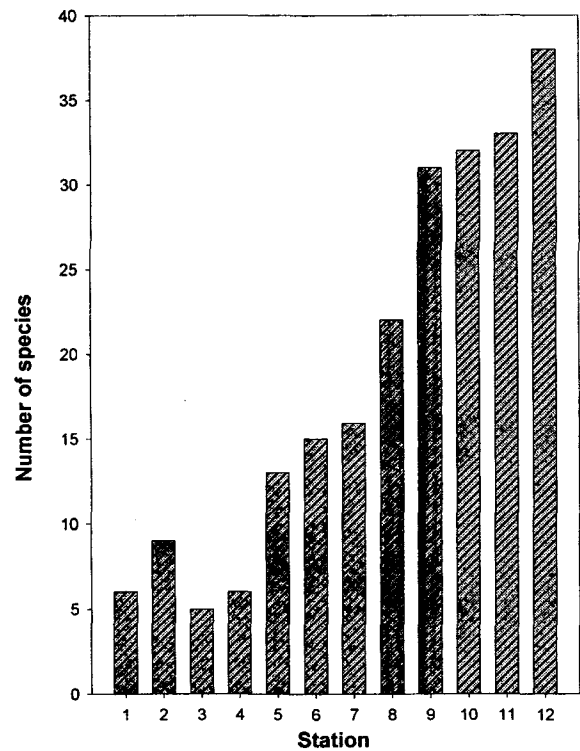


Fig. 3. Variation of number of species occurred by station in lower Seomjin River system.

cus, *L. simplex*, *L. bottinicus*, *Tinti-nnopsis beroidea*, *T. radix*, *T. kofoidi*, *T. directa*, *T. gracilis*, *T. lohmanni*, *T. tocaninensis*, *T. tubulosoides*, *T. tubulosa*, *T. butschli*, *T. nana*, *T. rapa*, *T. diversicervica* n. sp., *T. baltica*, sp. 3, *T. sp. 6*, *T. sp. 12*, *T. urnula*, *T. lata*, *T. uruguayensis*, *T. ventricosoides*, *T. sp. 1*, *T. sp. 2*, *T. Codonella cratera*, *C. amphorella*, *Stenosemella pacifica*, *S. parvicollis*, *Codonellopsis nipponica*, *C. sp.*, *Favella taraikaensis*, *F. ehrenbergii*, *Steenstrupiella robusta*, *Eutintinnus lusus-undae*, *E. elegans*)이 출현하였고, 정점 3에서 2속 5종 (*Tintinnopsis diversicervica* n. sp., *T. uruguayensis*, *T. angulata*, *T. sp. 6*, *Stenosemella parvicollis*)으로 가장 적게 출현하였다.

3. 생물량의 계절적 변동

유중섬모충류의 총출현량은 20,099 (5월)~699,785 indiv./m³(3월)로 조사되었다(Fig. 4).

조사기간동안 총출현량의 계절적 변동은 3월에 가장 많은 양을 보였다가 5월에 급격히 감소하고 7, 9월에 다시 증가, 11월에 감소, 1월부터 다시 증가하는 양상을 보였다. 3월에 출현량이 급격히 증가한 것은 유중섬모충류의 최적수온(10.0~15.0°C) 시기와 관계가 있을 것으로

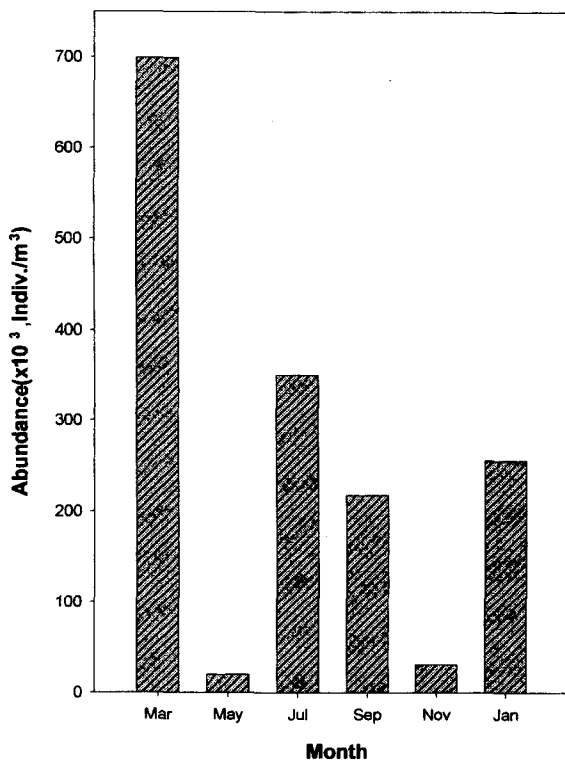


Fig. 4. Bimonthly variation of abundance in lower Seomjin River system.

사료된다.

유중섬모충류의 정점별 총출현량(Fig. 5)은 정점 11에서 가장 많은 출현량(431,706 indiv./m³)을 보였고, 정점 4에서 가장 적은 출현량(8,777 indiv./m³)을 보였다. 대체적으로 조사 수역의 상류인 정점 1에서 정점 5까지는 적은 생물량을 보이다가 정점 10, 11, 12에서 급격히 증가하였다. 이러한 현상은 조사 수역 상류에서 하류로 갈수록 염분농도가 증가하면서 유중섬모충류의 최적조건이 조성되었기 때문인 것으로 사료되어진다. 한편 정점 6(143,804 indiv./m³)에서 높게 나타난 것은 만조시에 채집을 하였기 때문인 것으로 생각된다.

4. 군집의 구조 분석

1) 우점종의 계절적 동태 및 우점도

조사 기간 동안 출현한 유중섬모충류의 우점종은 총 5속 22종(*Leprotintinnus nordgusti*, *Tintinnopsis cylindrata*, *T. kofoidi*, *T. lohmanni*, *T. tocaninensis*, *T. tubulosoides*, *T. rapa*, *T. baltica*, *T. lata*, *T. uruguayensis*, *T. sp. 1*, *T. sp. 2*, *T. sp. 3*, *T. sp. 6*, *T. sp. 7*, *T. sp. 10*, *T. sp. 11*, *T. sp. 12*, *Codonella amphorella*, *Stenosemella parvicollis*, *Stenosemella nivalis*, *Codonellopsis sp.*)으로 나타났다. 이 중 *Tintinnopsis* 속이 81.8%(18종)를 차지하

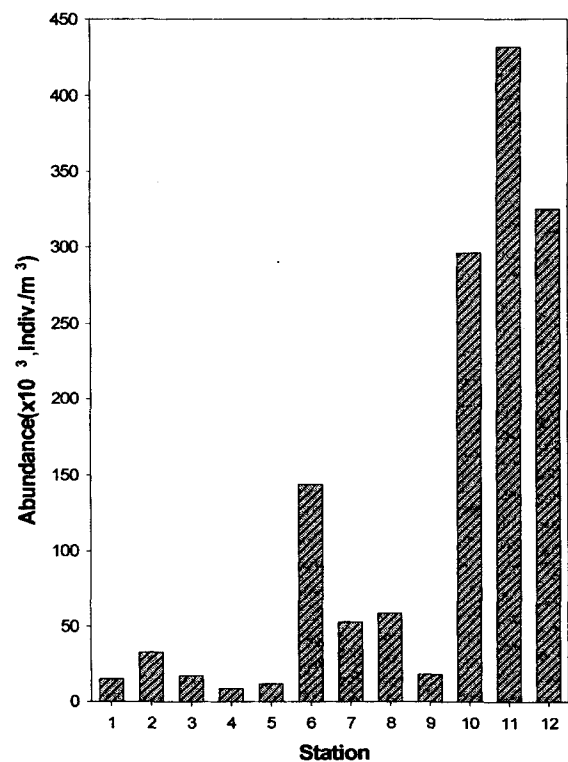


Fig. 5. Variation of total abundance by station in lower Seomjin River system.

Table 2. Dominant species and their dominance index (DI) of Tintinnina in lower Seomjin River system

Station 1			Station 2		
Month	Dominant species	DI	Month	Dominant species	DI
'98. 3	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	1.00	'98. 3	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i> <i>Tintinnopsis</i> sp. 6.	1.00
5	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	1.00	5	<i>Tintinnopsis cylindrata</i>	1.00
7	<i>Tintinnopsis rapa</i> <i>Stenosemella parvicollis</i>	1.00	7	<i>Stenosemella parvicollis</i>	1.00
9	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	0.70	9	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	0.76
11	.	.	11	.	.
'99. 1	.	.	'99. 1	.	.
Station 3			Station 4		
Month	Dominant species	DI	Month	Dominant species	DI
'98. 3	<i>Tintinnopsis</i> sp. 6.	0.83	'98. 3	<i>Tintinnopsis</i> sp. 6. <i>Tintinnopsis</i> sp. 7.	1.00
5	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i> <i>Tintinnopsis</i> sp. 10.	1.00	5	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	0.88
7	<i>Stenosemella parvicollis</i>	1.00	7	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	1.00
9	<i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	1.00	9	.	.
11	.	.	11	.	.
'99. 1	.	.	'99. 1	.	.
Station 5			Station 6		
Month	Dominant species	DI	Month	Dominant species	DI
'98. 3	<i>Tintinnopsis</i> sp. 1. <i>Tintinnopsis</i> sp. 11.	0.53	'98. 3	<i>Tintinnopsis lata</i> <i>Tintinnopsis uruguayensis</i>	0.50
5	.	.	5	.	.
7	<i>Stenosemella nivalis</i>	1.00	7	.	.
9	<i>Tintinnopsis</i> sp. 6.	1.00	9	<i>Codonellopsis</i> sp.	0.92
11	.	.	11	<i>Codonella amphorella</i>	1.00
'99. 1	<i>Tintinnopsis rapa</i> <i>Tintinnopsis baltica</i> <i>Tintinnopsis</i> sp. 2 <i>Tintinnopsis</i> sp. 6.	1.00	'99. 1	<i>Tintinnopsis rapa</i>	0.95
Station 7			Station 8		
Month	Dominant species	DI	Month	Dominant species	DI
'98. 3	<i>Tintinnopsis lata</i>	0.60	'98. 3	<i>Tintinnopsis lata</i>	0.38
5	<i>Tintinnopsis</i> sp. 7.	1.00	5	.	.
7	<i>Codonellopsis</i> sp.	1.00	7	<i>Codonellopsis</i> sp.	1.00
9	<i>Codonellopsis</i> sp.	1.00	9	<i>Codonellopsis</i> sp.	1.00
11	<i>Codonella amphorella</i>	1.00	11	<i>Tintinnopsis</i> sp. 12.	0.94
'99. 1	<i>Tintinnopsis rapa</i>	0.95	'99. 1	<i>Tintinnopsis rapa</i>	0.93
Station 9			Station 10		
Month	Dominant species	DI	Month	Dominant species	DI
'98. 3	<i>Tintinnopsis lata</i>	0.54	'98. 3	<i>Tintinnopsis lata</i>	0.43
5	.	.	5	<i>Codonella amphorella</i>	1.00
7	<i>Codonellopsis</i> sp.	0.73	7	<i>Codonellopsis</i> sp.	0.66
9	<i>Codonellopsis</i> sp.	1.00	9	<i>Tintinnopsis baltica</i>	0.75
11	<i>Codonella amphorella</i> <i>Tintinnopsis</i> sp. 12.	1.00	11	<i>Codonella amphorella</i>	1.00
'99. 1	<i>Tintinnopsis rapa</i>	0.89	'99. 1	<i>Tintinnopsis baltica</i>	0.97
Station 11			Station 12		
Month	Dominant species	DI	Month	Dominant species	DI
'98. 3	<i>Tintinnopsis lohmanni</i>	0.48	'98. 3	<i>Tintinnopsis kofoidi</i>	0.48
5	<i>Tintinnopsis</i> sp. 3.	0.83	5	<i>Codonella amphorella</i>	0.82
7	<i>Leprotintinnus nordgusti</i>	0.50	7	<i>Tintinnopsis tocaninensis</i>	0.64
9	<i>Tintinnopsis baltica</i>	0.83	9	<i>Tintinnopsis tubulosoides</i>	0.65
11	<i>Codonella amphorella</i>	1.00	11	<i>Codonella amphorella</i>	0.91
'99. 1	<i>Tintinnopsis rapa</i>	0.92	'99. 1	<i>Tintinnopsis baltica</i>	0.84

였다. 이 같이 *Tintinnopsis* 속에 속하는 종들의 구성비가 높은 것은 이 속에 속하는 종들의 대부분이 난류종이고 연안성이기 때문이라 생각된다(Raymont 1983). 정점별 우점종과 우점도지수는 Table 2에서와 같다.

일반적으로 우점종의 출현은 월별로 상당히 비슷한 양상을 보여주었다.

즉 *Tintinnopsis rapa*의 경우 1월의 8개 정점중 6개 정점에서 우점하였고, *Codonella amphorella*는 11월의 7개 정점 중 6개 정점에서 각각 우점하였다. 한편 종별로는 *Tintinnopsis uruguayensis*의 경우 정점 1~4, *Codonellopsis sp.*의 경우 정점 7~10에서 각각 우점하였다.

2) 종 다양성 (Species diversity index : H')

조사 기간 중 다양도 지수는 0.00~3.38의 범위를 나타내었다(Fig. 6).

월별변화를 살펴보면, 3월에 0.00(정점 1)~3.38(정점 12), 5월에 0.00(정점 1)~1.84(정점 11), 7월에 0.00(정점 2, 5, 6, 7)~2.78(정점 11), 9월에 0.00(정점 4)~2.26(정점 12), 11월에 0.00(정점 1, 2, 3, 4, 5, 6)~1.10(정점 12), 1월에 0.00(정점 1, 2, 3, 4)~2.00(정점 5)의 범위를 각각 나타내었다. 일반적으로 전 정점에서 3월에 높은

다양성을 보였다. 이는 앞에서 언급했던 3월의 여러 가지 환경요인이 생물량 뿐 아니라 종의 다양성에도 영향을 준 것으로 생각된다.

정점별 종 다양성 지수는 정점 1이 0.00~1.84, 정점 2는 0.00~2.07, 정점 3에서 0.00~1.46, 정점 4의 경우 0.00~1.41, 정점 5는 0.00~2.57, 정점 6은 0.00~2.79, 정점 7은 0.00~2.87, 정점 8은 0.00~3.53, 정점 9는 0.00~3.11, 정점 10은 0.22~3.22, 정점 11은 0.97~3.32, 정점 12는 0.98~3.38의 범위를 각각 나타내었다. 일반적으로 3월을 제외한 전기간에 걸쳐 정점 1에서 정점 6까지는 낮은 다양도 지수를 보이고, 정점 7부터 정점 증가하여 정점 11이나 12에서 최대치를 나타내고 있다. 이것은 각 정점의 염분 차이가 종의 다양성에 영향을 준 것으로 사료된다.

3) 유사도 (Community similarity : Cs)

유사도는 0.06(정점 2와 8)~0.82(정점 11과 12)의 범위로 분포하였다(Table 3). 유사도는 염분 유무의 기준이 되는 정점 5를 기준으로 나누어서 볼 수 있겠다. 정점12와 각 정점의 유사도 지수를 비교하면 정점 4(0.14)까지는 낮은 유사성을 보이다가 정점 5(0.39)부터 점점 증가하여 정점 11(0.82)과는 매우 높은 유사성을 보였다. 한편 담수 정점인 정점 1~정점 4에 대한 유사도 지수는 0.37(정점 3과 정점 4)~0.67(정점 1과 정점 2)의 범위를 나타내어 염분이 있는 기수정점들 사이의 유사도에 비해 낮게 나타났다. 또한 인접하고 있는 정점들간의 유사도는 높게 나타났다. 대체적으로 강의 하구에서는 유사성이 높게 나타났고, 정점 1에서 정점 4까지는 낮은 유사성을 보였다.

5. 환경요인과 군집동태

유충섬모충류의 군집동태와 환경요인과의 상관관계를 살펴보면 수온과 염분, 특히 염분과는 아주 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.

수온에 따른 군집동태를 살펴보면(Figs. 7, 8) 대체적으로 10.0~15.0°C에서 가장 많은 종수(39종)와 출현량을 보였다. 이 중 다양한 범위에서 나타난 광온성 종은 *Leprotintinnus nordgvisti*, *L. neriticus*, *Tintinnopsis tubulosa* 3종이었고, 대체적으로 계절성을 띠거나 수온에 민감한 출현율을 보였다. 조사기간동안 11종(*Leprotintinnus nordgvisti*, *L. simplex*, *L. bottinicus*, *Tintinnopsis directa*, *T. tocantinensis*, *T. acuminata*, *Codonellopsis sp.*, *Favella ehrenbergii*, *Steenstrupiella robusta*, *Eutintinnus elegans*, *E. sp.*)은 수온 20°C 이상에서 높은 출현율을 보였고, 특히 5종(*Leprotintinnus nord-*

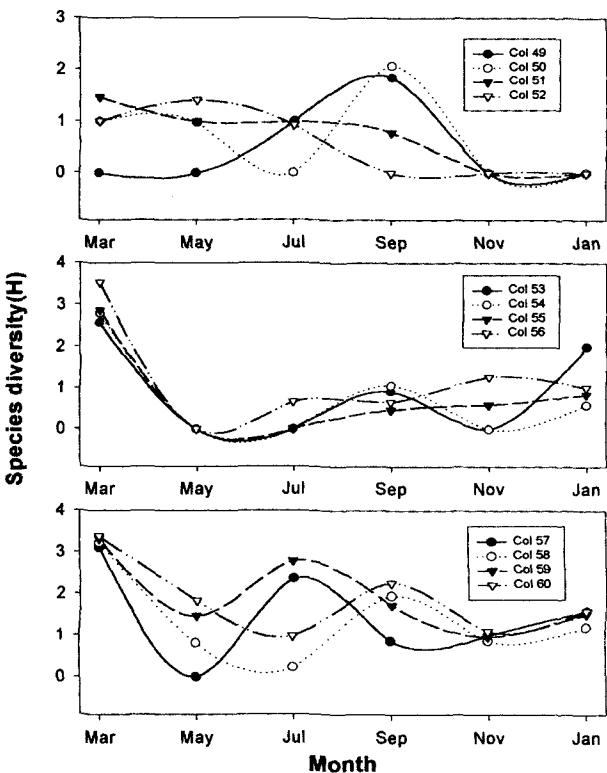


Fig. 6. Bimonthly variation of diversity index (H) in lower Seomjin River system.

Table 3. Variation of community similarity by stations in lower Seomjin River system

station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1		0.67	0.55	0.50	0.53	0.19	0.18	0.14	0.22	0.16	0.15	0.18
2			0.57	0.40	0.42	0.08	0.08	0.06	0.15	0.10	0.14	0.17
3				0.36	0.33	0.10	0.10	0.07	0.11	0.11	0.16	0.19
4					0.32	0.19	0.27	0.14	0.16	0.16	0.15	0.14
5						0.43	0.48	0.46	0.41	0.40	0.35	0.39
6							0.71	0.59	0.39	0.51	0.46	0.42
7								0.68	0.55	0.50	0.49	0.52
8									0.68	0.67	0.65	0.63
9										0.67	0.72	0.64
10											0.77	0.71
11												0.82
12												

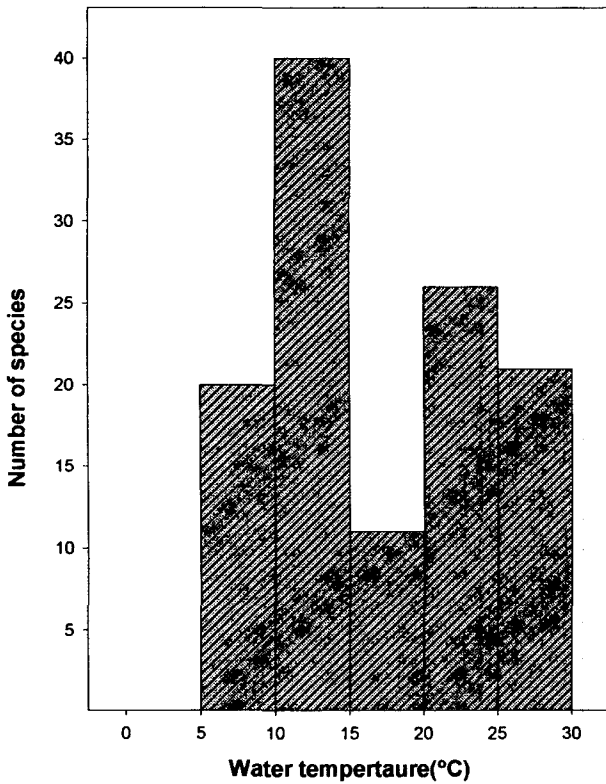


Fig. 7. Relationships between water temperature and number of species occurred in lower Seomjin River system.

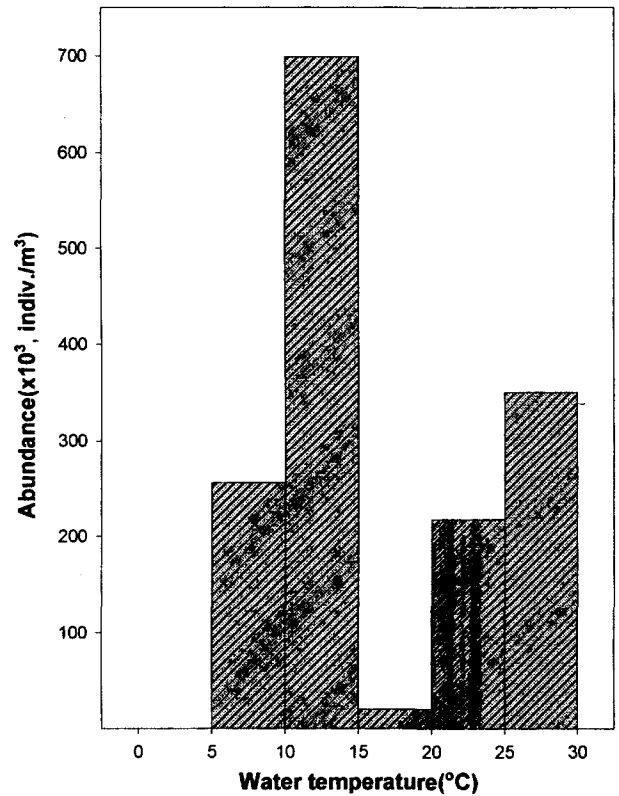


Fig. 8. Relationships between water temperature and abundance in lower Seomjin River system.

gvisti, *Tintinnopsis directa*, *T. tocaninensis*, *T. butschli*, *Codonellopsis* sp.)은 25°C 이상의 높은 온도에서 더 폭발적인 출현율을 보였다. 반대로 *Tintinnopsis kofoidi*와 *T. lohmanni*는 10.1~15.0°C 구간에서만 높은 출현율을 나타내 전형적인 냉수종이라고 사료된다. 또한 11종 (*Tintinnopsis rara*, *T. angulata*, *T. sp. 1*, *T. sp. 4*, *T. sp.*

5, *T. sp. 8*, *T. sp. 9*, *Stenosemella pacifica*, *S. steini*, *Codonellopsis nipponica*, *Favella taraikaensis*)은 수온 10~15°C 한 구간에서만 출현한 협온성 종으로 나타났다. 대표적으로, 다른 종보다 더 많은 생물량을 보였던 *Tintinnopsis rapa*와 *T. baltica*는 각각 5.1~10.0°C, 10.1~15.0°C 구간에서 높은 출현율을 보였다.

염분에 따른 군집동태를 살펴보면 (Figs. 9, 10) 대체적

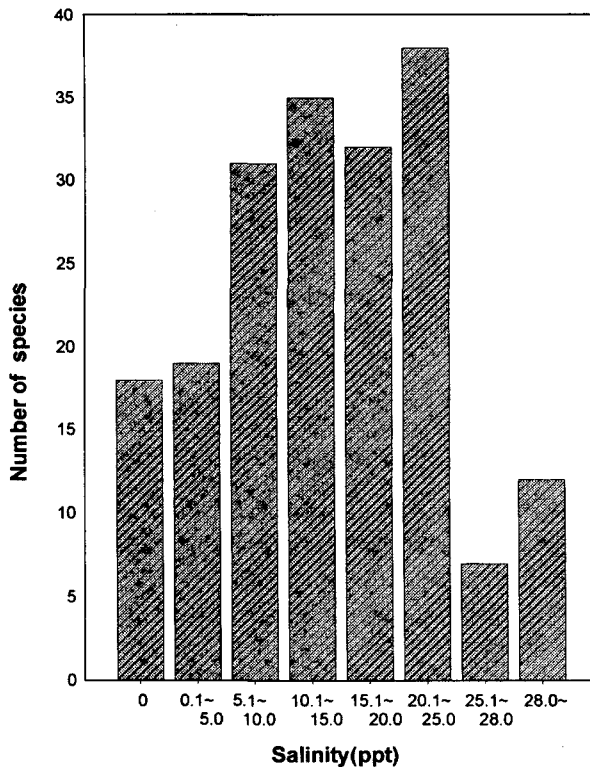


Fig. 9. Relationships between salinity and number of species occurred in lower Seomjin River system.

으로 10.1~25.0‰ 구간에서 다양한 종 조성과 높은 생물량을 나타내었다.

Tintinnopsis rapa, *T. baltica*, *T. lata*, *Codonella* sp. 4 종은 염분 0~28.1‰ 이상까지 전구간에서 다양하게 출현하는 것으로 보아 광염성 종으로 생각되어진다. 이 중 *Tintinnopsis rapa*와 *T. baltica*는 각각 20.0‰ 이상에서 높은 출현율을 보였고, *Tintinnopsis lata*는 5.1~20.0‰에서 높은 출현율을 나타냈다. 조사수역의 상류에서 많이 출현하였던 *Tintinnopsis uruguayensis*는 염도가 0인 구간에서 더 많은 출현율을 보였다. 한편, *Tintinnopsis acuminata*, *T. angulata*, *T. sp. 10*, *T. sp. 11*은 염분이 0인 구간에서만 출현하는 양상을 보여 대표적인 담수종이라고 사료된다.

결론

유중섬모충류의 생태학적 특성을 알아보기 위하여 1998년 3월부터 1999년 1월까지 격월로 섬진강 하류계에서 12개 정점을 선정하여 실시하였다. 조사 기간동안 수온은 4.2~26.8°C, 염분도는 0~30.0‰, 용존산소량은 6.51~13.97 mg/l, pH는 6.60~8.20, 전도도는 43~

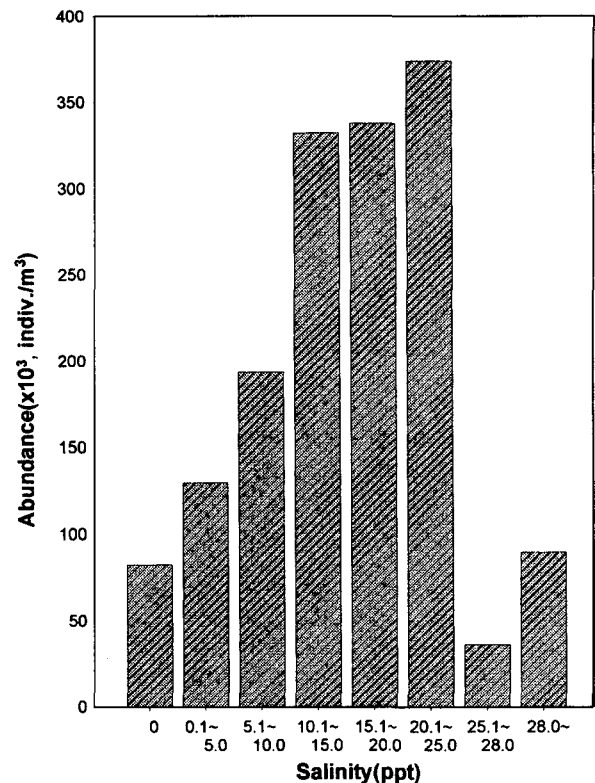


Fig. 10. Relationships between salinity and abundance in lower Seomjin River system.

290,000 $\mu\text{mohs/cm}$ 의 범위를 각각 나타내었다.

조사기간동안 출현한 유중섬모충류는 총 8속 56종으로 동정 분류되었다.

출현종의 월별분포를 보면, 3월에 7속 40종으로 가장 많고, 11월에 2속 3종으로 가장 적게 나타났다.

출현종의 정점별 분포를 보면, 정점 12에서 8속 38종으로 가장 많이, 정점 3에서 2속 5종으로 가장 적게 각각 출현하였다.

유중섬모충류의 월별 총 생물량은 20,099 (5월)~699,502 indiv./m³ (3월)의 범위로 변동하고 있었다. 정점별로는 정점 11에서 가장 많은 생물량(431,706 indiv./m³)을 보였고, 정점 4에서 가장 적은 생물량(8,777 indiv./m³)을 보였다.

유중섬모충류의 우점종은 총 5속 22종 (*Leptotintinnus nordqvisti*, *Tintinnopsis cylindrata*, *T. kofoidi*, *T. lohmanni*, *T. tocaninensis*, *T. tubulosoides*, *T. rapa*, *T. baltica*, *T. lata*, *T. uruguayensis*, *T. sp. 1*, *T. sp. 2*, *T. sp. 3*, *T. sp. 6*, *T. sp. 7*, *T. sp. 10*, *T. sp. 11*, *T. sp. 12*, *Codonella amphorella*, *Stenosemella parvicollis*, *S. nivalis*, *Codonellopsis* sp.)으로 나타났다. 우점도 지수는 0.00

~1.00의 범위를, 종 다양도 지수는 0.00~3.53의 범위를 각각 나타내어 서로 역상관 관계를 보여주었다.

유사도 지수는 0.06(정점 2와 8)~0.82(정점 11과 12)의 범위로 분포하였다.

유중섬모충류의 군집동태와 환경요인과의 상관관계에서는 여러 환경요인 가운데서도 수온과 염분농도가 군집동태에 가장 크게 영향을 미친 것으로 나타났다. 수온은 10~15°C에서 가장 많은 종수(39종)와 생물량을 나타내었다. 특히 11종(*Tintinnopsis rara*, *T. angulata*, *T. sp. 1*, *T. sp. 4*, *T. sp. 5*, *T. sp. 8*, *T. sp. 9*, *Stenosemella pacifica*, *S. steini*, *Codonellopsis nipponica*, *Favella taraiensis*)은 이 수온 범위(10~15°C)에서만 출현한 혐온성 종으로 나타났고, *Codonella amphorella*, *Leprotrintinnus neriticus* 두 종은 온도의 내성범위(5~30°C)가 가장 넓은 광온성인 종으로 나타났다. 염분도는 대체적으로 10.1~25.0‰ 구간에서 다양한 종 조성과 높은 생물량을 나타내었다. 특히, 4종(*Tintinnopsis rapa*, *T. baltica*, *T. lata*, *Codonella sp.*)은 염도가 0~28.1‰의 범위에서 출현한 광염성인 종으로 나타났고, 이와는 달리 4종(*Tintinnopsis acuminata*, *T. angulata*, *T. sp. 10*, *T. sp. 11*)은 염도가 0인 구간에서만 출현하여 담수종인 것으로 나타났다.

적 요

본 연구는 유중섬모충류의 생태학적 특성을 알아보기 위하여 1998년 3월부터 1999년 1월까지 격월로 섬진강 하류계에서 12개 정점을 선정하여 실시하였다. 조사기간 중 유중섬모충류는 총 8속 56종이 동정 분류되었다. 출현종의 월별분포는 1998년 3월에 7속 40종으로 가장 많이 출현하였고, 1998년 11월에 2속 3종으로 가장 적은 종이 출현하였다. 출현종의 정점별 분포는, 정점 12에서 8속 38종으로 가장 많았고, 정점 3에서 2속 5종으로 가장 적게 출현하였다. 유중섬모충류의 월별 총출현량은 20,099(5월)~699,502 indiv./m³(3월)의 범위로 변동하고 있었다. 정점별로는 정점 11에서 가장 많은 출현량(431,706 indiv./m³)을 보였고, 정점 4에서 가장 적은 출현량(8,777 indiv./m³)을 보였다. 우점종은 22종으로 그 중 *Tintinnopsis*속이 18종으로 전체 우점종의 81.8%를 차지하였다. 유중섬모충류의 군집동태와 환경요인과의 상관관계에서는 여러 환경요인 중 수온과 염분도가 군집동태에 가장 큰 영향을 미친 것으로 조사되었는데 수온은 10~15°C에서, 염분도는 10.1~25.0‰ 구간에서 다양한 종 조성과 높은 출현량을 나타내었다.

사 사

본 연구를 수행하는데 있어 관련 문헌을 흔쾌히 제공해 주신 김영옥 박사께 진심으로 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 김영옥. 1986. 한국산 유중섬모충류의 분류학적 연구, 한양대학교 석사학위논문, pp. 1-122.
- 건설교통부 섬진강홍수통제소. 1996. 섬진강유역 상류지점 유량측정조사 보고서, pp. 11
- Balech E. 1948. Tintinoinea de Atlantica. *Comun. Mus. Argent. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" Inst. Nac. Invest. Cienc. Nat. Zool.*, 7:1-23, 107 figs.
- Balech E. 1968. Algunas especies nuevas interesantes de Tintinnidos del Golfo de Mexico y Caribe. *Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" Hidrobiol.*, 2(5):165-197, 47 figs.
- Balech E. 1972. Los Tintinnidos indicadores de afloramientos de aguas (Ciliata). *Physis*, 31(83):519-528.
- Brandt K. 1906. Die Tintinnodeen der Plankton-Expedition. Tafelerklarung nebst Kurzer Diagnose der neuen Arten. *Ergebn. Plankton-Exped. Humboldtstift.*, 3:L.a., 33pp., 70pls.
- Brower JE and JH Zar. 1977. Field and laboratory methods for General Ecology. Wm. C. Brown Company, pp. 143-145.
- Campbell AS. 1942. The Oceanic Tintinnoida of the plankton gathered during the last cruise of the Carnegie. *Publ. Carnegie Inst. Wash.*, 537:i-v, 1-163.
- Claparede E and J Lachmann. 1858. Etudes sur les infusoires et les rhizopodes *Mem. Inst. Genevois*, 6: mem.1, 261-482, pls. 14-24.
- Corliss JO. 1982. Ciliophora, p. 603-637, pls. 62-66. In S.D. Parker ed, *Synopsis and Classification of living organisms*. McGraw-Hill Book Co., Inc., New York, 1:1166 pp. 2:1232 pp.
- Ehrenberg CG. 1833. Ueber die Organisation der Infusorien und die Keimen bei Raderthieren. *Oken's Isis*, 1833: 414 pp.
- Gold K. 1968. Some observation on the Biology of *Tintinnopsis sp.* *J. Protozool.*, 15(1):193-194.
- Gold K. 1969. Tintinnida: Feeding Experiments and Lorica Development. *J. Protozool.*, 16(3):507-509.
- Gold K. 1970. Cultivation of marine ciliates (Tintinnida) and heterotrophic flagellates. *Helgolander Wiss. Meeresunters.*, 20:264-271.
- Gold K. 1973. Methods for Growing Tintinnida in Continuous Culture. *Amer. Zool.*, 13:203-208.

- Gold K and EA Morales. 1976a. Studies on the sizes, shapes, and the development of the lorica of agglutinated Tintinnida. *Biol. Bull.*, 150:377-392.
- Gold K and EA Morales. 1976b. Studies on the Tintinnida using scanning electron microscopy. *Trans. Amer. Micros. Soc.*, 95(4):707-711.
- Gold K and EA Morales. 1977. Studies on the Tintinnida of Enewetak Atoll. *J. Protozool.*, 24(4):580-587.
- Gold K. 1979. Scanning Electron Microscopy of *Tintinnopsis parva*: Studies on Particle Accumulation and the Striae. *J. Protozool.*, 26(3):415-419.
- Gold K. 1980. SEM studies on the lorica of various Tintinnina. *Scanning Electron Microscopy*, 3:537-541.
- Hada Y. 1932a. Descriptions of two new neritic Tintinninoinea, *Tintinnopsis japonica* and *Tps. Kofoidi* with a brief Note on a unicellular Organism parasitic on the latter, *Proc. Imp. Acad.*, 8:209-212, 3figs, in text.
- Hada Y. 1932b. The Tintinninoinea from Sea of Okhotsk and its neighbourhood. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, Ser. 4, 2(1):37-59.
- Hada Y. 1932c. Report of biological survey of Mutsu Bay. 26. The pelagic Ciliata, suborder Tintinninoinea. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, 4th Ser., *Biol.*, 7(4):553-573.
- Hada Y. 1935. On the pelagic Ciliata, Tintinninoinea, from the East Indies with consideration on the character of the plankton in the seas. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 4(4):242-252.
- Hada Y. 1937. The fauna of Akkeshi Bay. 4. The pelagic Ciliata. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, Ser. 4, *Zool.*, 5:143-216.
- Hada Y. 1938. Studies on the Tintinninoinea from the Western Tropical Pacific. *J. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ.*, Ser. 6, *Zoology.*, 6(2):87-190.
- Hada Y. 1957. The Tintinninoinea, Useful Microplankton for judging Oceanographical Conditions. *日本フ ラククト 研連報.* 5:10-12.
- Heinbokel JF. 1978. Studies on the Function Role of Tintinnids in the Southern California Bight. I. Grazing and Growth Rates in Laboratory Cultures. *Mar. Biol.* 47:177-189.
- Heinbokel JF and JR Beers. 1979. Studies on the Function Role of Tintinnids in the Southern California Bight. III. Grazing Impact of Natural Assemblages. *Mar. Biol.* 52:23-32.
- Jorgensen E. 1924. Mediterranean Tintinnidae. *Rep. Danish Oceanograph. Exped. 1908-10 to Mediterranean and adjacent Seas*, 2: (Biol.), 110pp., 114figs. in text.
- Kofoed CA and AS Campbell. 1929. A conspectus of the marine and freshwater Ciliata belonging to the suborder Tintinninoinea, with descriptions of new species principally from the Agassiz expedition to the eastern tropical Pacific 1904-1905. *Univ. Calif. Publ. Zool.*, 34:403 pp.
- Kofoed CA and AS Campbell. 1939. Reports on the scientific results of the expedition to the eastern tropical Pacific in charge of Alexander Agassiz, by the U.S. fish commission steamer "Albatross", from October, 1904, to March, 1905, Lieut. -Commander L.N. Garrett, U.S.N., Commanding. XX XVII. The Ciliata: The Tintinninoinea. *Bull. MUS. Comp. Zool.*, 84:473pp., pls. 1-36.
- Krishnamurthy K, Damodara Naidu, W and Santhanam R. 1979. Further Studies on Tintinnids (Protozoa: Ciliata)., 122:171-180.
- Laval-Peuto M. 1977. Reconstruction d'une lorica de forme *Coxiella* par le trophonte nu de *Favella ehrenbergii* (Ciliata, Tintinnina). *C.R. Acad. Sc. Paris, Serie D*, 284:547-550.
- Levine ND. 1980. A Newly Revised Classification of the Protozoa. *J. Protozool.*, 27(1):37-58.
- Margalef R. 1968. Perspectives in ecological theory. University of communication university of Illinois press, urbana, pp. 1-117.
- Marshall SM. 1969. Conseil International Pour L'exploration de la mer, sheet 11 7-121.
- McNaughton. 1968. Relationship among functional properties of California grassland. *Nature*, 216:168-169.
- Paranjape MA. 1980. Occurrence and significance of resting cysts in a hyaline Tintinnid, *Helicostomella sub-ulata* (Ehre.) Jorgensen. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, 48:23-33.
- Raymont JEG. 1983. Plankton and Productivity in the Oceans, 2nd ed. Pergamon Press, Oxford. pp. 824.
- Robertson JR. 1983. Predation by Estuarine Zooplankton on Tintinnid Ciliates. *Estuar. Coast. and Shelf Sci.*, 16: 27-36.
- Sano A. 1975. Taxonomy of Tintinnida. *Marine Science*, 7: 170-177.
- Shannon CF and W Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois press, Urbana, pp. 1-117.
- Stoecker D, RRL Guillard and R.M. Kavee. 1981. Selective predation by *Favella ehrenbergii* (Tintinnina) on and among dinoflagellates. *Biol. Bull.*, 160:136-145.
- Stoecker D, RRL Guillard. 1982. Effects of temperature and light on the feeding rate on *Favella* sp. (Ciliated Protozoa, Suborder Tintinnina). *Ann. Inst. Oceanogr.*, Paris 58:309-317.
- Stoecker D, LH Davis and A. Provan. 1983. Growth of *Favella* sp. (Ciliata: Tintinnina) and other microzooplankters in cages incubated in situ and comparison to growth on vitro. *Mar. Biol.*, 75:293-302.

- Stoecker DK, LH Davis and DM Anderson. 1984. Fine Scale spartial correlations between planktonic ciliates and dinoflagellates. *J. Plankton Res.* 6(5):829-842.
- Stoecker DK and NK Sanders. 1985. Differential grazing by *Acartia tonsa* on a dinoflagellates and a tintinnid. *J. Plankton Res.*, 6:829-842.
- Yoo KI, YO Kim and DY Kim. 1988. Taxonomical Studies (Proto-zoa: Ciliata) in Korean Coastal Waters. 1. Chinhae Bay. *Kor. J Syst. Zool.*, 4(1):67-90.
- Yoo, KI and YO Kim. 1990. Taxonomical Studies (Protozoa: Ciliata) in Korean Coastal Waters. 2. Yongil Bay. *Kor. J Syst. Zool.*, 6(1):87-122.

(Received 5 December 2000, accepted 5 March 2001)