

섬진강 하류계에서의 염분도에 따른 윤충류 군집의 변화

김광수 · 이종빈¹ · 이관식 · 유형빈*

(전남대학교 생물교육과, ¹전남대학교 생명과학부)

Change of Rotifers Community by Salinity in the Lower Seomjin River System, Korea. Kim, Kwang-Soo, Jong-Bin Lee,¹ Kwan-Sik Lee and Hyung-Bin Yoo*(Dept. of Biology education, Chonnam National University, ¹Dept. of Biological sciences, Chonnam National University, Kwangju 500-757, Korea)

The present study was carried out to clarify the distribution of rotifera with salinity variation during the period from February 1998 to July 1999. Rotifera consists of 27 genera and 88 species, from the maximum occurrence of 39 species in November, 1998 to the minimum of 21 species March, 1998. With 32 dominant species, *Keratella cochlearis cochlearis*, *K. cochlearis f. tecta*, *Ascomorpha saltans saltans* and *Asplanchna (s. str.) priodonta priodonta* occurred predominantly. Distribution of Rotifera related to salinity showed that 36 species occurred in the freshwater zone, 3 species in the mixo-oligohaline zone (0.5~5.0‰) and mixo-mesohaline zone (5.1~28.0‰) respectively, on the other hand 2 species (*Asplanchna (s. str.) priodonta priodonta*, *Synchaeta oblonga*) in all zones. Average abundance by salinity ranged from 1,273 ind./m³ (25.0~28.0‰) to 16,259 ind./m³ (15.1~20.0‰). The percentage composition calculated effect by stepwise multiple regression of the pearson correlation coefficient value of environmental factors and Rotifera abundance (station 1~4) revealed that it was 74.32% in BOD, 72.15% in COD, 69.77% in conductivity, 65.87% in Cl⁻ and 58.27% in chlorophyll *a*. Also, (Station 5~12) revealed 9.11% in Cl⁻, 7.67% in TP and 6.20% in chlorophyll *a*.

Key words : Change, Community, Lower Seomjin River System, Rotifers, Salinity

서 론

전라북도 장수, 임실, 진안 등 3개 군의 경계를 이루는 팔공산에서 발원한 섬진강 (34° 40'26"~35° 50'00" N, 126° 51'50"~127° 53'05" E)은 한반도의 남해안 중서부에 위치하고 있으며 총 유역 면적은 4,896.5 km², 본류의 유로연장이 212.3 km인 큰 강으로 하상은 비교적 급경사이다. 섬진강 유역에는 상류에 섬진강댐과 섬진강의 주요 지천인 보성강에 동북댐, 보성강댐과 주암댐 등이 있다. 섬진강이 흘러들어 가는 광양만은 반폐쇄적인 만

으로, 광양시와 하동군 그리고 여수반도와 남해도로 둘러싸여 있으며, 그 면적은 대략 230 km²이다. 만내에는 중앙에 위치한 묘도를 비롯하여 이십여개의 섬들이 산재해있고 외해인 남해와는 남쪽의 여수 해협 통하여, 그리고 만 동북부의 노량해협과 진주만을 통하여 연결된다. 본 연구 지역은 섬진강의 하류인 전라남도 구례군 토지면 피아골 계곡 합류점에서부터 전라남도 광양시 진월면 선소리 앞까지 12개 정점을 선정하여 담수와 해수가 혼합되는 기수역을 중심으로 수행되었다. 기수역에 분포하는 동물플랑크톤은 담수, 해수 그리고 기수에 서식하는 생물군이 혼재되어 나타나며(서 등, 1991) 이들

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

의 분포양상은 강물의 유입량과 조석에 따른 해수의 유입에 의하여 육지에서 해양쪽으로 변화하는 염분에 크게 영향을 받게 된다 (Jones *et al.*, 1990). 우리나라에서 담수 및 해양 동물 플랑크톤에 대한 분류 및 생태학적 연구는 활발하게 진행되고 있으나 기수역에 대한 연구는 강원도 지방의 기수호 (김 등, 1981; 이 등, 1987), 만경·동진강하구 (서 등, 1991), 한강 기수해역 (명, 1992) 등에서 극히 제한적으로 연구 보고가 있을 뿐이며, 광양만에 대한 연구로는 식물성플랑크톤의 종조성 및 생물량 조사 (Choe, 1970; Jhoo and Sheo, 1975; Yang and Kim, 1981; Yang, 1983)와 동물성플랑크톤에 관한 연구 (Yang and Kim, 1981; Kim, 1984; 서 등, 1993) 등이 광양제철소 주변 해역에서 수행된 바 있다. 그러나 섬진강 하류계의 기수역에 서식하고 있는 동물플랑크톤을 연구한 보고는 없는 실정이다.

따라서 본 연구는 섬진강 하류에 서식하고 있는 동물플랑크톤 군집의 생태학적 특성을 밝히기 위하여 담수 및 기수역 동물플랑크톤 가운데 어류의 먹이생물 및 수중 생태계의 저차 영양단계에서 중요한 역할을 담당하고 있는 윤충류를 택하여 이들의 종 조성 및 시공분포, 생물량의 계절적 변동, 우점종의 동태, 염분도에 따른 종조성과 환경요인과의 상관관계를 검토하여 윤충류의 군집구조의 특성을 밝히고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사 기간 및 조사 정점

윤충류의 채집과 이화학적 조사는 1998년 2월부터 1999년 7월까지 매달 실시하였다. 조사 정점은 위도에 따라 구례군 토지면 외곡리 피아골 계곡 합류점 (정점 1)에서 광양시 진월면 선소리 앞 (정점 12)까지 12개 정점을 선정하여 수심이 얇은 정점 (정점 1, 2, 3, 4)에서는 강가에서 조사하였으며 수심이 깊은 정점인 전라남도 광양시 다압면 섬진마을 (정점 5)부터 하구인 광양시 진월면 선소리 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
- 정점 6. 경상남도 하동군 하동읍 하동대교
- 정점 7. 전라남도 광양시 진상면 월길리
- 정점 8. 경상남도 하동군 고전면 신월리

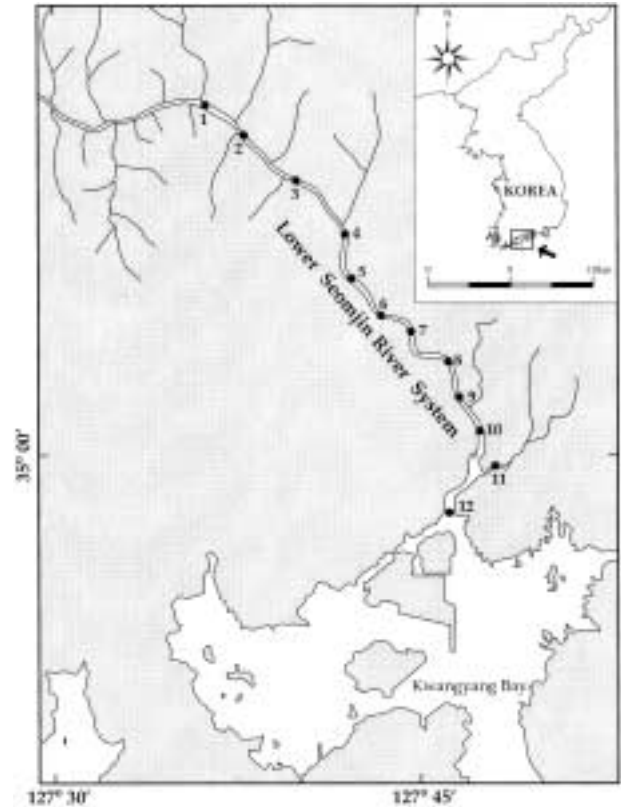


Fig. 1. Map showing the sampling stations in the Lower Seomjin River system.

- 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

윤충류의 채집은 정량용 플랑크톤 네트 (망구 30 cm, 망목 55 μ m)를 사용하여 10 m씩 수평 채집하였으며, 채집 직후 5%의 중성 포르말린으로 고정시킨 후 실험실로 운반하여 실험 재료로 사용하였다. 종의 동정을 위하여 각 개체를 알코올 (8) : 글리세린 (2) 혼합 용액에 넣은 다음 1% basic fuchsin으로 12시간 염색 후 cover glass 조각으로 4군데 지지점을 만든 후 재료를 중앙에 놓고 glycerine jelly로 봉입하여 광학 현미경하에서 종을 동정하였다.

분류 체계는 Ruttner-Kolisko (1974), Pontin (1978)과 Koste (1978)의 방법을 따랐다. 환경 요인은 수온, 투명도, 수소이온 농도, 용존 산소량, 생물학적 산소 요구량, 화학적 산소 요구량, 부유물질, 염분, 염소이온, 전도도,

$\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, T-N, T-P, 엽록소 *a* 등을 측정하였다. 환경요인과 윤충류 군집과의 상관관계를 알아보기 위하여 SAS (Statistical analysis system) 통계 패키지를 이용하여 단계식 중 회귀 분석을 하였다.

결과 및 고찰

1. 이화학적 특성

조사기간 동안 수온이 $4.2 \sim 26.8^\circ\text{C}$, 투명도가 $0.6 \sim 4.3$ m, 수소이온 농도가 $6.60 \sim 9.63$, 용존산소량이 $6.51 \sim 16.20$ mg/l, 생물학적 산소요구량이 $0.10 \sim 6.63$ mg/l, 화학적 산소요구량은 $0.80 \sim 6.71$ mg/l, 부유 물질은 $0.60 \sim 60.3$ mg/l, 염분은 $0.00 \sim 31.20\%$, 염소이온 농도가 $4.0 \sim 23,048$ mg/l, 전도도는 $43 \sim 39,100$ $\mu\text{mhos/cm}$, 암모니아성 질소는 $0.000 \sim 0.340$ mg/l, 아질산성 질소는 $0.00 \sim 0.18$ mg/l, 질산성 질소는 $0.02 \sim 2.37$ mg/l, 총 질소는 $0.40 \sim 3.15$ mg/l, 총 인은 $0.00 \sim 1.16$ mg/l의 범위로 분포하였으며, 생물학적 요인인 엽록소 *a*는 $1.11 \sim 42.7$ mg/l의 범위를 나타내었다.

2. 종 조성 및 생물량

섬진강 하류계에서 조사기간(1998년 2월~1999년 7월)동안 윤충류는 27속 88종이 출현하였다.

전 조사기간을 통하여 월별 출현종은 1998년 11월에 *Brachionus calyciflorus calyciflorus* 외 38종으로 가장 많았으며, 7월에 *B. leydigi leydigi* 외 15종으로 가장 적었다(Fig. 2). 월별 출현종의 변동은 춘계에 점점 감소하기 시작하여 하계에 가장 적었으며 추계에 점점 증가하여 11월에 최고치를 기록하였다. 1999년에는 춘계와 하계에 출현종이 동계 보다 많았다. 1998년 하계에 출현종이 적은 것은 평년에 비하여 강수량이 많아 수계가 생태적으로 불안정한 결과라 사료된다. 특히 7월에는 조사일 2주전부터 조사일 사이에 270.5 mm(순천 기상대)의 강수량을 기록하였다.

또한, 특정 계절에만 출현한 종으로는 춘계에 5종(*Keratella quadrata* f. *testudo*, *Mytilina ventralis* var. *brevispina*, *Gastropus hyptopus*, *Sychaeta elsteri*, *Lacnularia flosculosa*), 하계에 10종(*Brachionus leydigi leydigi*, *B. calyciflorus* f. *amphiceros*, *B. urceolaris urceolaris*, *B. angularis* f. *bidens*, *B. forficula forficula*, *Anuraeopsis fissa fissa*, *Trichocerca* (s. str.) *rosea*, *T. (Diurella) similis similis*, *Pompholyx complanata*, *P. triloba*), 추계에 4종(*Lecane clara*, *L. (Monostyla) stenroosi stenroosi*, *Trichocerca* (s. str.) *gracilis*, *Ploesoma hud-*

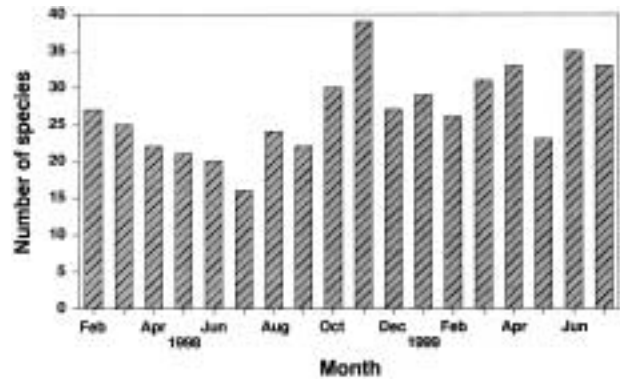


Fig. 2. Seasonal changes in the number of species in the Lower Seomjin River System.

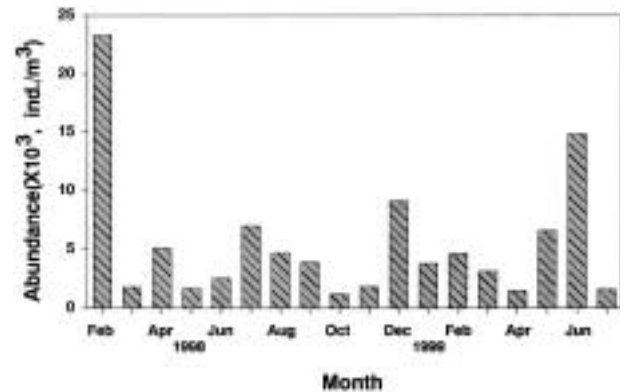


Fig. 3. Seasonal changes of Rotifer abundance in the Lower Seomjin River System.

soni) 그리고 동계에 6종(*K. cruciformis* f. *eichwaldi*, *L. curvicornis curvicornis*, *T. (s. str.) cylindrica cylindrica*, *T. (Diurella) uncinata*, *T. (Diurella) weberi*, *Filinia terminalis*)이었으며, 특정 1개월에만 출현한 종은 22종이었다. 그러나 *Ascomorpha saltans saltans*, *Polyarthra vulgaris vulgaris*, *Philodina roseola*은 전 조사기간 동안 계속 출현하였다. 월별 평균 생물량은 1998년 2월에 가장 많은 평균 24,805 ind./m³, 1998년 10월에 가장 적은 1,192 ind./m³이었다(Fig. 3). 월별 평균 생물량의 변동 경향을 살펴보면, 1998년 2월에 최고의 양은 *Colurella adriatica adriatica* (973 ind./m³), *C. uncinata uncinata* (1,976 ind./m³)와 *Asplanchna* (s. str.) *priondonta priondonta* (15,039 ind./m³) 종이 대량으로 발생하였기 때문이며, 3월에는 위의 3종이 큰 폭으로 감소하여 1,772 ind./m³을 기록하였다. 4월에 약간의 증가를 보이다가 5월에 다시 감소하는 현상이 나타났으며, 6월에 다시 증가하기

시작하여 7월에 *Ascomorpha saltans saltans* (5,721 ind./m³)가 대량 발생하여 7,013 ind./m³의 생물량을 나타내었다.

그러나 8월부터 다시 감소하기 시작하여 10월에 177 ind./m³로 최저의 생물량을 기록하였으며, 11월부터 다시 증가하여 12월에 또 다시 *A. saltans saltans* (6,965 ind./m³)가 대량으로 발생하여 비교적 많은 9,120 ind./m³의 생물량을 보였다. 1999년 1월과 2월에는 4,200 ind./m³ 내외의 생물량을 나타내었으며 3월부터 감소하기 시작하여 4월에는 1,465 ind./m³로 급 감소하였다가 4월 이후부터 큰 폭으로 증가하기 시작하여 5월에 6,581 ind./m³, 6월에는 *A. saltans saltans* (9,911 ind./m³)가 다시 대량으로 발생하여 14,829 ind./m³의 많은 생물량을 기록하였으나 7월에는 *A. saltans saltans*가 급 감소하여 1,573 ind./m³으로 적은 생물량을 보였다. 섬진강 하류계에서 윤충류의 생물량 변동은 *A. saltans saltans*의 번성에 의해 크게 영향을 받고 있었으며, 계절별 생물량 변동은 전반적으로 동계와 하계에 많은 양이 출현하고 있는 반면, 춘계와 추계에 크게 감소하는 양상을 보였다.

정점별 출현종 분포를 살펴보면, 정점 1에서 *Brachionus leydigi* var. *rotundus*의 59종으로 가장 많았으며, 정점 12에서 *Keratella cochlearis cochlearis*의 5종으로 가장 적었다 (Fig. 4). 조사기간 동안 특정 정점에서만 출현한 종을 정점별로 보면, 정점 1에서 5종 (*Keratella cruciformis* f. *eichwaldi*, *Lecane clara*, *T.* (s. str.) *rosea*, *Pompholyx complanata*, *P. triloba*), 정점 2에서 2종 (*L. curvicornis curvicornis*, *Mytilina ventralis* var. *brevispina*), 정점 3에서 1종 (*K. quadrata* f. *testudo*), 정점 4에서 5종 (*B. calyciflorus* f. *amphiceros*, *B. angularis* f. *bidents*, *L. (Monostyla) stenroosi stenroosi*, *T.* (s. str.) *cylindrica cylindrica*, *Filinia terminalis*), 정점 5에서 4종 (*Brachionus leydigi leydigi*, *T. (Diurella) uncinata*, *T. (Diurella) weberi*, *Gastropus hyptopus*), 정점 6에서 2종 (*Notholca verae*, *Trichocerca* (s. str.) *gracilis*), 정점 8에서 1종 (*Synchaeta elsteri*), 정점 9에서 1종 (*Laciniaria flosculosa*)으로 총 21종이었다. 그러나 5종 (*Keratella cochlearis cochlearis*, *K. cochlearis* f. *tecta*, *Ascomorpha saltans saltans*, *Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*, *Philodina roseola*)은 전 정점에서 출현하였다.

정점별 윤충류의 출현종 수를 종합하여 살펴보면, 담수 수역인 정점 1에서 정점 4까지에서 80종, 비교적 염분이 낮은 기수지역 정점 5, 6, 7, 8, 9에서는 63종 그리고 염분이 비교적 높은 하류 정점 10, 11, 12에서는 16종이 출현하였다. 전반적으로 윤충류는 담수와 염분이

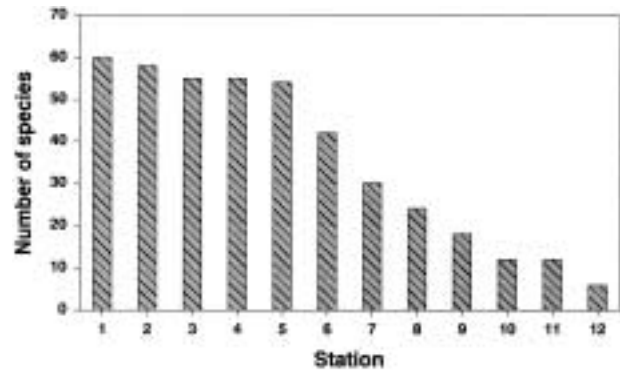


Fig. 4. Variations of number of species by stations in the Lower Seomjin River System.

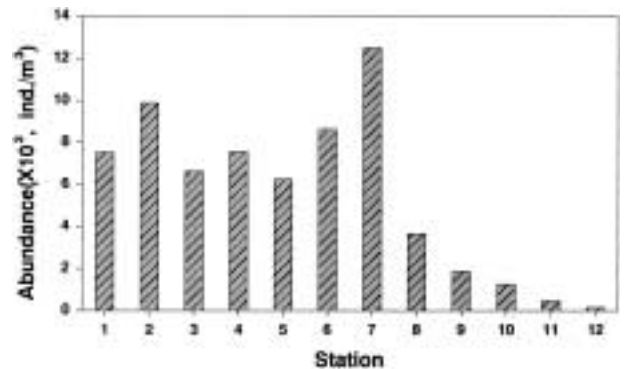


Fig. 5. Variations of abundance by stations in the Lower Seomjin River System.

낮은 정점에서 많이 출현하였으며 염분이 낮은 정점에서는 담수종과 기수종이, 염분이 높은 하류 정점에서는 염분에 생리적 적응능력이 강한 종이 출현하였다. 이는 동물플랑크톤이 생식활동을 위해서는 적합한 고유의 환경을 가져야 하는데 담수와 해수의 교차가 심한 정점에서는 염분에 의한 삼투압 조절이 가능한 종만이 서식한다고 한 서 등 (1991)의 견해와 일치하는 양상을 나타내었다.

정점별 평균 총 생물량 (Fig. 5)은 정점 7에서 12,470 ind./m³으로 최고량을, 정점 12에서 최소량을 기록하였다. 정점 7에서 최고량은 *Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta* (7,395 ind./m³)가 대량으로 서식하고 있기 때문이며, 정점 12에서 최소량은 광양만에 위치한 정점으로 비교적 높은 염분에 내성을 가지고 있는 6종만이 출현하였기 때문이다. 정점별 평균 생물량 변동은 담수 정점과 염분이 낮은 기수 정점 7까지의 생물량이 높게 나타나고 있으나 하류 정점에서는 비교적 높은 염분에 대

Table 1. Dominant species of freshwater and brackish water rotifera by station in the Lower Seomjin River System.

St. 1	Species	Month																	
		F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
St. 1																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>																		+
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>			+	+			+					+						+
	<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>											+							
	<i>Notholca labis labis</i>														+				
	<i>Trichotria tectractis tectractis</i>												+						
	<i>Colurella adriatica adriatica</i>	+												+					
	<i>Lecane (Monostyla) furcata furcata</i>											+							
	<i>L. (Monostyla) bulla bulla</i>												+						
	<i>Cephalodella gibba gibba</i>												+						
	<i>C. catellina catellina</i>													+					
	<i>Ascomorpha saltans saltans</i>																	+	+
	<i>Polyarthra vulgaris vulgaris</i>		+		+		+											+	
	<i>Philodina roseola</i>					+			+										
St. 2																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>																		+
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>			+			+												
	<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>		+																
	<i>Anuraeopsis fissa</i> f. <i>urawnsis</i>											+							
	<i>Trichotria tectractis tectractis</i>												+						
	<i>Colurella adriatica adriatica</i>													+	+	+			
	<i>C. uncinata uncinata</i>	+					+											+	
	<i>Lecane Monosyla bulla bulla</i>											+							
	<i>Cephalodella gibba gibba</i>											+							
	<i>Ascomorpha saltans saltans</i>																	+	+
	<i>Polyarthra vulgaris vulgaris</i>								+										
	<i>Philodina roseola</i>				+	+	+		+									+	
St. 3																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>																		+
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>			+	+	+												+	
	<i>Trichotria tectractis tectractis</i>		+																
	<i>Courella adriatica adriatica</i>											+	+	+	+	+			
	<i>C. uncinata uncinata</i>	+																	
	<i>Lecane venusta</i>		+																
	<i>Lecane doryssa</i>		+																
	<i>L. (Monstyla) furcata furcata</i>											+							
	<i>L. (Monostyla) bulla bulla</i>											+							
	<i>Cephalodella gibba gibba</i>											+							
	<i>C. catellina catellina</i>																	+	
	<i>Scaridium longicaudum</i>											+							
	<i>Ascomorpha saltans saltans</i>		+															+	+
	<i>A. ovalis</i>																	+	
	<i>Asplanchna (s. str.) priodonta priodonta</i>										+								
	<i>Polyarthra vulgaris vulgaris</i>																	+	
	<i>Filinia longiseta</i>																	+	
	<i>Philodina roseola</i>		+		+													+	
St. 4																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>				+													+	+
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>			+															+
	<i>Anuraeopsis fissa</i> f. <i>urawnsis</i>											+	+						
	<i>Colurella adriatica adriatica</i>													+					
	<i>C. uncinata uncinata</i>	+			+										+				

Table 1. To be continued.

St. 8	Species	Month																	
		F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
	<i>Asplanchna</i> (s. str.) <i>priodonta priodonta</i>	+										+		+					
	<i>Philodina roseola</i>								+									+	+
St. 9																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>			+											+				
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>																		+
	<i>Colurella adriatica adriatica</i>														+				
	<i>Ascomorpha saltans saltans</i>								+		+					+			
	<i>Asplanchna</i> (s. str.) <i>priodonta priodonta</i>	+										+							
	<i>A. (Asplanchnella) brightwelli</i>	+																	
	<i>Philodina roseola</i>								+									+	
	<i>Podon schmackeri</i>														+				
St. 10																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>			+											+	+			
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>														+	+			+
	<i>Notholca bipaliwn</i>														+				
	<i>Colurella uncinata uncinata</i>														+				
	<i>Trichocerca (Diurella) marina marina</i>															+			
	<i>Ascomorpha saltans saltans</i>											+				+			
	<i>Asplanchna</i> (s. str.) <i>priodonta priodonta</i>											+			+				
	<i>Philodina roseola</i>																	+	
St. 11																			
	<i>Brachionus forficula forficula</i>																		+
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>			+															
	<i>Notholca bipaliwn</i>																		+
	<i>Asplanchna</i> (s. str.) <i>priodonta priodonta</i>	+										+	+		+				
St. 12																			
	<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>			+															
	<i>K. cochlearis</i> f. <i>tecta</i>			+															

한 생리적 적응 능력을 갖는 종만이 출현하여 생물량이 크게 감소하였다. 그러므로 섬진강 하류계에서 서식하는 담수산 윤충류와 염분에 대한 내성이 강해 기수에서도 잘 적응하는 윤충류의 서식 공간의 구분은 정점 7이라고 판단된다.

2. 우점종의 계절적 변화

조사 기간을 통하여 출현한 우점종은 *Brachionus calyciflorus calyciflorus* 외 31종으로 조사되었다 (Table 1). 월별 우점종 수는 1999년 3월에 가장 많은 *Brachionus calyciflorus calyciflorus* 외 12종이었으며, 1999년 5월에 가장 적은 2종 (*Ascomorpha saltans saltans*, *Philodina roseola*)이었다. 우점종의 계절적 분포 양상은 춘계에 가장 많은 23종, 하계에 14종, 추계에 13종 그리고 동계에 가장 적은 11종이었다. 또한, 춘계에만 출현한 우점종은 *Brachionus calyciflorus calyciflorus* 외 7종,

하계에 2종 (*Brachionus forficula forficula*, *Lecnae flexilis*), 추계에 1종 (*Lecane (Monostyla) bulla bulla*) 그리고 동계에 2종 (*Notholca labis labis*, *Asplanchna (Asplanchnella) brightwelli*)은 각각 특정 계절에만 우점 출현한 반면, *Ascomorpha saltans saltans*, *Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*, *Philodina roseola*는 전 계절에 걸쳐 우점종으로 나타났다. 각 정점에서 출현한 대표적인 우점종은 정점 1에서 *Keratella cochlearis* f. *tecta*가 조사기간 동안 5회에 걸쳐 우점 출현하였으며, 정점 2에서는 *Philodina roseola*가 5회, 정점 3에서는 *K. cochlearis* f. *tecta*가 5회, 정점 4에서는 *K. cochlearis cochlearis*와 *Anuraeopsis fissa* f. *urawnsis*가 각각 3회, 정점 5에서는 *Ascomorpha saltans saltans*가 6회, 정점 6에서는 *Polyarthra vulgaris vulgaris*가 5회, 정점 7에서는 *A. saltans saltans*가 7회, 정점 8에서는 *A. saltans saltans*가 4회, 정점 9에서는 *A. saltans saltans*가 3회, 정점 10에서는

K. cochlearis cochlearis, *K. cochlearis* f. *tecta*, *Philodina roseola*가 각각 3회, 정점 11에서는 *Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*가 4회 그리고 정점 12에서는 *K. cochlearis cochlearis*, *K. cochlearis* f. *tecta*가 각각 1회 우점 출현하여 각 정점을 대표하는 우점종이었다.

전체적으로 살펴볼 때 담수 정점과 염분이 낮은 기수 정점에서 우점종의 수가 많았다. *Keratella cochlearis cochlearis*와 *K. cochlearis* f. *tecta*는 9회에 걸쳐 동일 시기와 동일 정점에서 우점 출현하는 것으로 보아 서식 장소와 먹이 경쟁이 없는 것으로 생각되나 *Colurella adriatica adriatica*와 *C. uncinata uncinata*는 서로 다른 정점에서만 우점하는 것으로 조사되어 먹이와 서식 공간의 경쟁관계에 있는 것으로 판단된다. 그리고 *Ascomorpha saltans saltans*와 *Philodina roseola*는 담수와 염분이 낮은 기수 정점에서 우점 출현하는 것으로 보아 염분에 대한 적응력이 매우 강한 종으로 생각된다.

3. 염분도에 따른 동물플랑크톤의 변화

강 하류에서 동물플랑크톤의 염분에 대한 내성은 그들의 군집분포를 결정하는 중요한 요소이며 특히, 작은 강 하류에서는 세로축을 따라 염분의 분포가 달라져 종의 연속성의 변동양상과 우점 출현하는 종의 분포도 염분의 농도와 밀접한 관계가 있다 (Michael, 1990). 따라서 섬진강 하류계에 서식하고 있는 윤충류와 염분과의 관계를 알아보려고 한다. 본 연구 수역에서 측정된 염분 분포를 Remane and Schlieper (1971)의 분류체계를 참고하여 살펴보면, 담수역 (0.5‰ 이하), 빈염기수역 (0.5~5.0‰), 중염기수역 (5.0~28.0‰), 고염기수역 (28.0‰ 이상)으로 나눌 수 있다.

염분 분포에 따른 출현종의 조성을 살펴보면, 담수역에서만 출현하는 종은 36종 (*Brachionus calyciflorus* f. *ampheros*, *B. quadridentatus quadridentatus*, *B. urceolaris urceolaris*, *B. angularis* f. *bidens*, *Keratella cruciformis* f. *eichwaldi*, *K. quadrata* f. *testudo*, *Anuraeopsis fissa fissa*, *Euchlanis dilatata* f. *lucksiana*, *Mytilina mucronata mucronata*, *M. ventralis* var. *brevispina*, *Trichotria tetractis tetractis*, *Lepadella patella* f. *oblonga*, *L. acuminata acuminata*, *Lepadella* sp., *Lecane clara*, *L. venusta*, *L. doryssa*, *L. curvicornis curvicornis*, *L. (Monostyla) furcata furcata*, *L. (Monostyla) stenroosi stenroosi*, *L. (Monostyla) closterocerca closterocerca*, *L. (Monostyla) arcurata arcurata*, *Trichocerca* (s. str.) *rattus* f. *carinata*, *T. (s. str.) bicristata bicristata*, *T. (s. str.) cylindrica cylindrica*, *T. (s. str.) rosea*, *T. (s. str.) longi-*

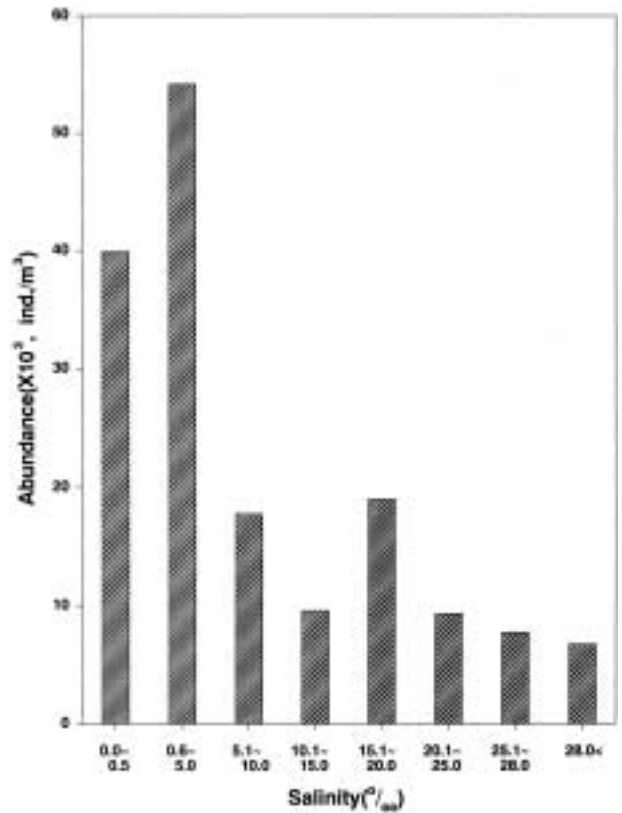


Fig. 6. Relationships between salinity and rotifer abundance in the Lower Seomjin River System.

seta, *T. (s. str.) capucina capucina*, *T. (Diurella) weberi*, *T. (Diurella) sp.*, *Gastropus hyptopus*, *Ploesoma hudsoni*, *P. (s. str.) truncatum*, *Pompholyx complanata*, *P. triloba*, *Filinia teminalis*)으로 가장 많았으며, 빈염기수역에서만 출현한 종 (*Brachionus leydigi leydigi*, *Trichocerca* (s. str.) *gracilis*, *T. (s. str.) uncinata*)과 중염기수역에서만 출현한 종 (*Nothloca verae*, *Synchaeta elsteri*, *Lacinularia flocculose*)은 각각 3종으로 조사되어 가장 적었다. 또한 담수역과 빈염기수역에 걸쳐 출현한 종은 15종, 담수역, 빈염기수역, 중염기수역에 걸쳐 출현한 종은 27종이었으며, 전 염분 범위에서는 2종 (*Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*, *Synchaeta oblonga*)이 출현하였다. 조사기간 동안 출현한 윤충류 중 개체수가 많고 우점 출현한 종에 대하여 염분에 따른 개체군 밀도의 변동을 살펴보면 (Fig. 6), *Brachionus leydigi* var. *rotundus*, *B. calyciflorus calyciflorus*는 0.0~10.0‰의 범위에서 출현하고 있으며 전자는 담수역에서 후자는 1.0~4.0‰의 범위에서 출현 분포의 중심을 나타내어 후자가 전자에 비하여 염분에 대한 내성이 강한 종이었

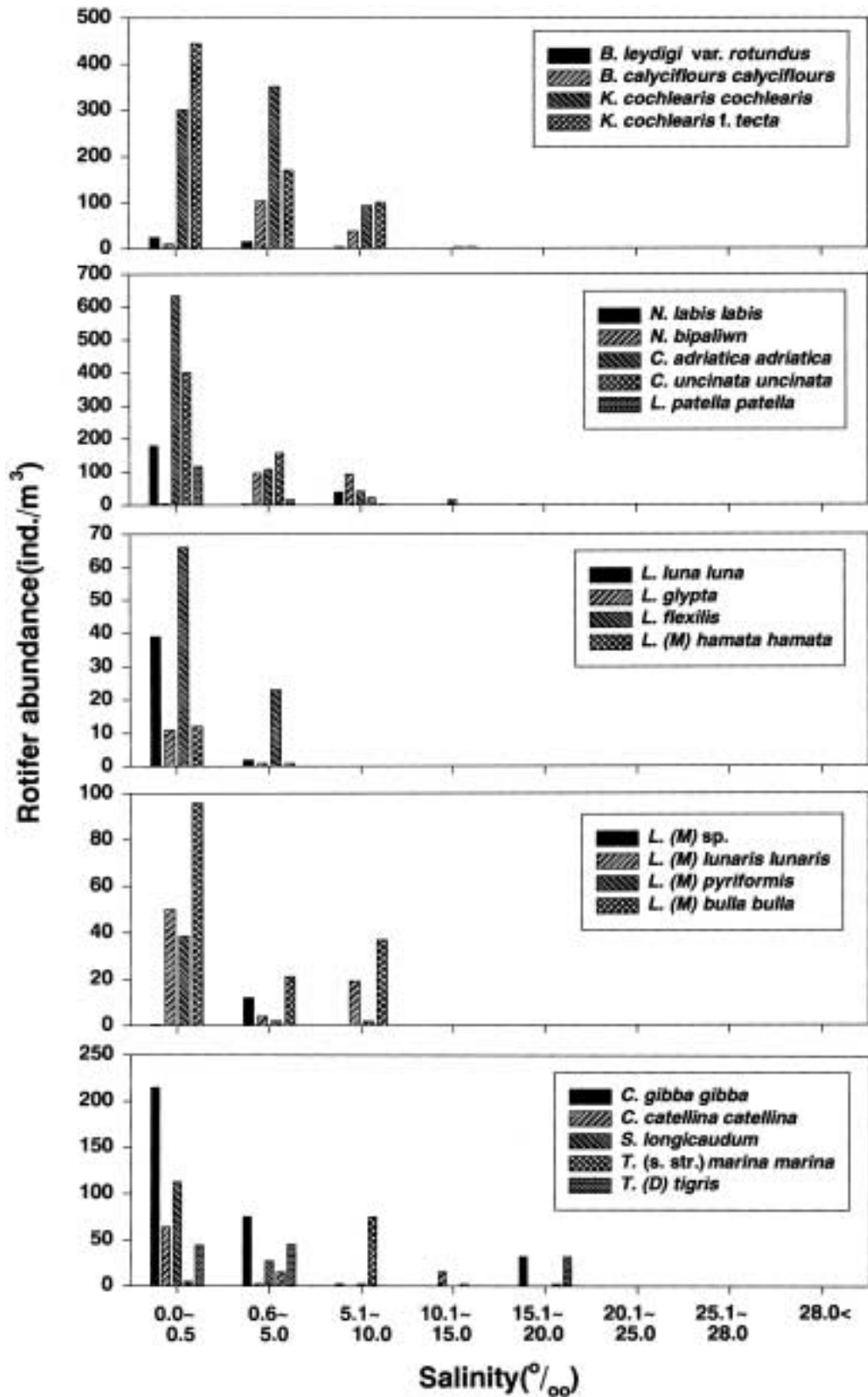


Fig. 6. To be continued.

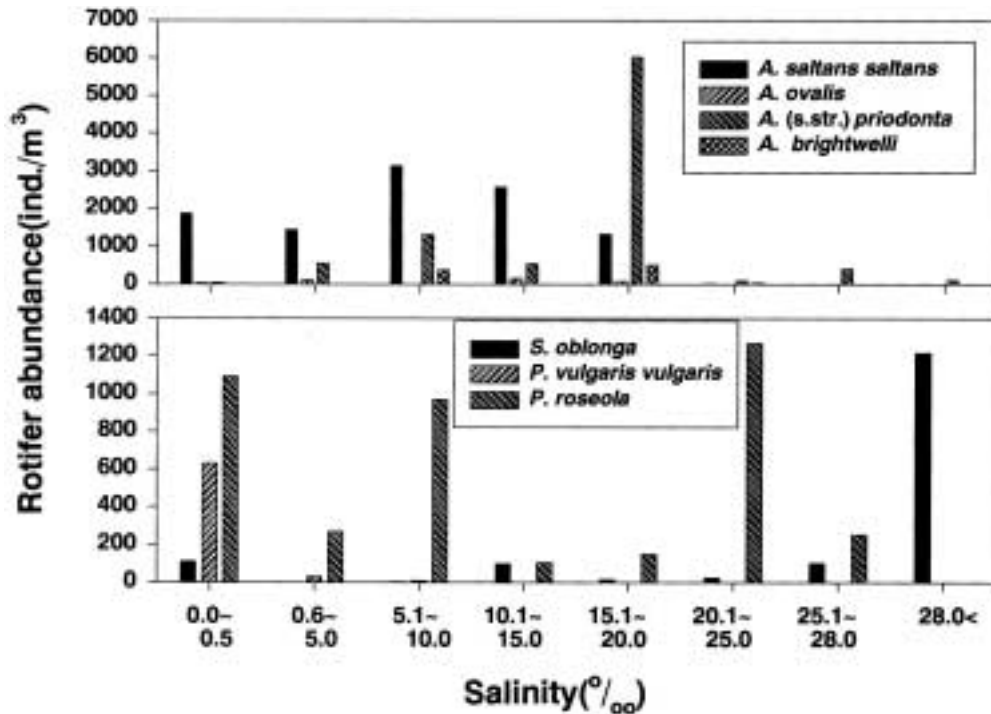


Fig. 6. To be continued.

다. *Keratella cochlearis cochlearis*, *K. cochlearis* f. *tecta*는 0.0~14.0‰의 범위에서 분포하여, 후자가 전자에 비하여 10.0‰ 이상에서 더 많은 종이 출현하는 경향을 나타내었으며, *Nothloca labis labis*는 0.0~17.0‰, *N. bipaliwn*은 0.0~10.0‰의 범위에서 출현하고 있으나 전자는 담수역에서, 후자는 2.0~10.0‰에서 출현 밀도가 많았다. *Colurella adriatica adriatica*는 0.0~15.0‰, *C. uncinata uncinata*는 0.0~8.0‰의 염분 범위에서 출현하고 있으며 전자가 후자에 비하여 염분에 대한 내성의 폭이 넓게 나타났다. *Lepadella patella patella*는 0.0~8.0‰의 범위에서 출현하나 담수역에서 출현 분포의 중심을 나타내었다. *Lecane*속 중 *L. luna luna*, *L. glypta*, *L. flexilis*, *L. (Monostyla) hamata hamata* *L. (Monostyla) sp.*는 5‰ 이하의 염분에서 출현하고 있는 반면, *L. (Monostyla) lunaris lunaris*, *L. (Monostyla) pyriformis*, *L. (Monostyla) bulla bulla*는 10.0‰ 내외의 염분에서도 출현하여 후자 3종이 전자 5종 보다 염분에 대한 내성의 폭이 넓게 나타났으며, *Cephalodella gibba gibba*는 0.0~19.0‰, *C. catellina catellina*는 0.0~16.0‰, *Scaridium longicaudum*은 0.0~11.0‰의 범위에서 출현하고 있으나 담수역에서 출현분포의 중심을 나타내었다. *Trichocerca* (s. str.) *marina marina*는 0.0~20.0‰, *T. (s. str.) tigris*는 0.0~17.0‰에서 출현하고 있으며 전

자는 5.0~7.0‰에서 후자는 담수역에서 많은 출현 밀도를 나타내었다. *Ascomorpha saltans saltans*는 0.0~24.0‰의 범위에서 출현하여 5.1~10.0‰에서 최대의 출현 분포를 나타내었으며, *A. ovalis*는 0.0~18.0‰의 범위에서 고른 분포로 출현하는 양상을 보이고 있다. *Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*는 염분 0.0~29.0‰의 광범위하게 출현하여 16.0~17.0‰ 범위에서 대량 발생 (6,020 ind./m³) 하였으며, *A. (Asplanchnella) brightwelli*는 0.0~26.0‰의 범위에서 출현 10.1~15.0‰의 범위에서 최고의 밀도를 보였다. *Synchaeta oblonga*는 윤충류 중 가장 넓은 염분 범위인 0.0~30.0‰에서 출현하여 25.0‰ 이상에서 많은 밀도를 나타내어 염분에 대한 생리적인 적응력이 강한 종이였다. *Polyarthra vulgaris vulgaris*는 0.0~8.0‰의 범위에서 출현하여 담수역에서 출현 분포의 중심을 나타내고 있으며, *Philodina roseola*는 0.0~28.0‰의 범위에서 출현하여 0.0~25.0‰ 범위에서 고르게 분포하는 특징을 나타내었다. 전반적으로 윤충류는 담수역과 염분이 낮은 지역에서 많은 밀도로 서식하고 있는데 이는 윤충류가 대부분 담수산 종이기 때문이다. 그러나 본 연구 지역에서 윤충류가 15.1~20.0‰에서 가장 많은 출현 밀도를 보인 것은 기수 환경에 적응력이 강한 *Ascomorpha*속 (1,403 ind./m³)과 *Asplanchna*속 (6,535 ind./m³)이 대량

Table 2. Relationships between dominant species and environmental factors in the Lower Seomjin River System (Station 1-4). (Temp.; Temperature, SS; Suspend solid Cond.; Conductivity, Sal.; Salinity, Chla.; Chlorophyll *a*)

Species	Environmental factor (+)	Environmental factor (-)
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>	COD (39.69%), S-S (15.94%), Cond. (33.91%), NH ₃ -N(37.33%), T-N (41.89%), Chla. (29.06%)	pH (25.41%)
<i>K. cochlearis f. tecta</i>	Temp. (11.42%), BOD (8.09%), T-N (5.12%)	
<i>Colurella adriatica adriatica</i>	DO (32.65%), BOD (41.69%), Cond. (44.09%), NO ₂ -N (36.31%), NO ₃ -N (38.97%)	
<i>C. uncinata uncinata</i>	Temp. (36.25%), COD (12.91%), SS (44.51%), Sal. (42.69%), NH ₃ -N(33.97%), NO ₃ -N (31.52%)	
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>	SS (4.38%), T-N (7.36%)	
<i>Lecane flexilis</i>	DO (25.13%), NO ₂ -N (31.40%), NO ₃ -N (28.37%), Chla. (34.07%)	
<i>L. (M) lunaris lunaris</i>	COD (16.03%)	
<i>Cephalodella gibba gibba</i>	pH (26.08%), DO (10.79%), SS (23.62%), NH ₃ -N (5.10%), NO ₃ -N (21.16%), T-N (3.80%)	
<i>Scaridium longicaudum</i>		
<i>Ascomorpha saltans saltans</i>	Temp. (80.51%), pH (76.44%), BOD (85.34%), COD (84.12%), Sal. (84.71%), Cl ⁻ (69.96%), Cond. (78.19%), NO ₂ -N (82.96%), Chla. (62.64%)	
<i>Asplanchna (s. str.) priodonta priodonta</i>	Temp. (6.74%), COD (3.35%)	
<i>Polyarthra vulgaris vulgaris</i>	DO (85.40%), Sal. (85.91%), Cl ⁻ (81.86%), NH ₃ -N (84.57%), NO ₂ -N (82.97%), Chla. (51.47%)	
<i>Philodina roseola</i>	Sal. (8.49%), NO ₂ -N (4.66%)	

으로 발생한 결과이다. 일반적으로 환경 변화가 심한 강 하구 생태계에서 동물플랑크톤의 분포 및 군집 변동은 그 지역의 다양한 환경과 밀접한 관계를 보이고 있는데, 본 조사 수역에서는 그 중 염분에 의해 가장 크게 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다. 한편 Collins and Williams (1982)는 영국 남서부 연안의 동물플랑크톤 군집 분포를 결정하는 가장 중요한 요인이 염분이라고 한 바 있다.

4. 환경요인과 동물플랑크톤 생물량간의 상관관계

윤충류의 생물량과 환경요인과의 상관관계를 살펴보기 위해 윤충류를 단계적 변수 선택법 (stepwise method)를 이용 설명변수를 추출하여 환경요인이 동물플랑크톤 생물량에 미치는 영향을 염분에 따라 담수역, 기수역으로 구분하여 살펴보았다.

1) 담수역 (정점 1~정점 4)에서 환경요인이 동물플랑크톤에 미치는 영향

윤충류의 생물량에 영향을 주는 환경요인은 BOD (74.32%), COD (72.15%), 전도도 (69.77%), 염소이온 (65.87%), 엽록소 *a* (58.27%)순으로 모두 양의 영향으로

작용하였으며 회귀식은 다음과 같다.

$$y = 1111.60 + 1083.96[\text{COD}] - 146.40[\text{CON}] - 1089.22[\text{BOD}] + 875.03[\text{Chl-a}] + 115258.63[\text{NO}_2\text{-N}] \quad [R^2 = 0.74]$$

조사기간 동안 많은 개체수로 출현한 종의 생물량에 가장 많은 영향을 주는 환경요인에 대하여 살펴보면 (Table 2), *Keratella cochlearis cochlearis*에는 총 인 (41.89%)이 양의 영향으로 pH (25.41%)가 음의 영향으로 나타났다. *K. cochlearis f. tecta*에는 수온 (11.42%), *Colurella adriatica adriatica*에는 전도도 (44.09%), *C. uncinata uncinata*에는 부유물질 (44.51%), *Euchlanis dilatata dilatata*에는 총 인 (7.36%), *Lecane flexilis*에는 엽록소 *a* (34.07%), *L. (M) lunaris lunaris*에는 COD (16.03%), *Cephalodella gibba gibba*에는 pH (26.08%), *Ascomorpha saltans saltans*에는 염분 (84.71%), *Asplanchna (s.str.) priodonta priodonta*에는 수온 (6.74%), *Polyarthra vulgaris vulgaris*에는 염분 (85.91%), *Philodina roseola*에는 염분 (8.49%)의 환경 요인에 각각 가장 크게 양의 영향으로 나타났다.

Table 3. Relationships between dominant species and environmental factors in the Lower Seomjin River System (Station 5-12). (Temp.; Temperature, Trans.; Transparency, SS; Suspend solid, Cond.; Conductivity, Sal.; Salinity, Chla.; Chlorophyll *a*)

Species	Environmental factor (+)	Environmental factor (-)
<i>Keratella cochlearis cochlearis</i>	Temp. (23.09%), COD (20.24%), T-N (24.74%)	Trans. (18.33%), pH (26.49%), Sal. (11.04%)
<i>K. cochlearis f. tecta</i>	BOD (25.26%), T-N (5.12%)	Trans. (21.79%), pH (26.61%), Sal. (16.78%), NH ₃ -N (23.87%)
<i>Colurella adriatica adriatica</i>		DO (9.31%), Sal. (16.34%)
<i>C. uncinata uncinata</i>	pH (2.02%), SS (10.87%), Sal. (9.07%)	
<i>Euchlanis dilatata dilatata</i>	NH ₃ -N(5.27%)	Cl ⁻ (3.29%)
<i>Lecane flexilis</i>	Trans. (2.85%), Cl ⁻ (5.02%),	
<i>L. (M) lunaris lunaris</i>	NH ₃ -N (6.69%), Cl ⁻ (1.84%)	
<i>Cephalodella gibba gibba</i>	Trans. (10.75%), Sal. (13.75%), NH ₃ -N (12.37%), T-N (3.80%)	Cl ⁻ (3.93%)
<i>Scaridium longicaudum</i>	Trans. (10.75%), Sal. (13.75%), NH ₃ -N (12.37%), T-N (4.93%)	
<i>Ascomorpha saltans saltans</i>	SS (14.36%), Chla. (12.27%)	
<i>Asplanchna (s. str.) priodonta priodonta</i>	Temp. (1.85%)	
<i>Polyarthra vulgaris vulgaris</i>		Sal. (9.92%), NH ₃ -N (13.54%)
<i>Philodina roseola</i>	NO ₂ -N (9.92%)	DO (8.21%), T-N (3.40%)

또한, 각각의 환경요인에 가장 큰 영향을 받는 종 (Species)에 대하여 살펴보면, 수온에 *A. saltans saltans* (80.51%)가, pH에는 *A. saltans saltans* (76.44%), DO에는 *P. vulgaris vulgaris* (85.40%), BOD에는 *A. saltans saltans* (85.34%), COD에는 *A. saltans saltans* (84.12%), 부유 물질에는 *C. uncinata uncinata* (44.51%), 염분에는 *P. vulgaris vulgaris* (85.91%), 염소이온 (Cl⁻)에는 *P. vulgaris vulgaris* (81.86%), 전도도에는 *A. saltans saltans* (78.19%), 암모니아성 질소 (NH₃-N)에는 *P. vulgaris vulgaris* (84.57%), 아질산성 질소에는 *P. vulgaris vulgaris* (82.97%), 질산성 질소에는 *C. adriatica adriatica* (38.97%), 총 질소에는 *K. cochlearis cochlearis* (41.89%), 엽록소 *a*에는 *A. saltans saltans* (62.64%)가 각각의 환경요인에 가장 큰 양 (positive)의 영향을 받는 종이였다.

2) 기수역 (정점 5~정점 12)에서 환경요인이 동물 플랑크톤에 미치는 영향

윤충류의 생물량에 영향을 주는 환경요인은 염소이온 (9.11%), 총 인 (7.67%), 엽록소 *a* (6.20%)순으로 양의 영향을 미치고 있으며 다음과 같은 회귀식을 얻었다.

$$y = 4183.83 + 580.29[\text{Chl}-a] - 86523.26[\text{T}-\text{P}] - 0.31[\text{Cl}^-] \\ [R^2 = 0.09]$$

조사기간 동안 많은 개체수로 출현한 종 (Species)의

생물량에 가장 많은 영향을 주는 환경요인에 대하여 살펴보면 다음과 같다 (Table 3).

*Keratella cochlearis cochlearis*에 가장 많은 양 (positive)의 영향을 주는 환경요인은 총 인 (24.74%)이었으며, 음 (negative)의 영향을 주는 요인은 pH (26.49%)로 나타났다. *K. cochlearis f. tecta*에는 BOD (25.26%)가 양으로, pH (26.61%)가 음으로 가장 많은 영향을 나타내었다. *Colurella adriatica adriatica*에 양의 영향을 주는 환경요인은 없으며, 음의 영향으로는 염분 (16.34%)으로 조사되었다. *C. uncinata uncinata*는 부유 물질 (10.87%)에 대하여 양의 영향을 받고 있으며, *Euchlanis dilatata dilatata*에는 암모니아성 질소 (5.27%)가 양의 영향으로, 염소이온 (3.29%)이 음의 영향으로 작용하였다. *Lecane flexilis*에는 암모니아성 질소 (6.69%)가, *L. (M) lunaris lunaris*에는 염소이온 (1.84%)이 각각 양의 영향을 주었으며, *Cephalodella gibba gibba*에는 총 인 (13.55%)이 양의 영향을, 염소이온 (3.93%)이 음의 영향을 주었다. *Scaridium longicaudum*에는 염분 (13.75%), *Ascomorpha saltans saltans*에는 부유 물질 (14.36%), *Asplanchna (s.str.) priodonta priodonta*에는 수온 (1.85%)이 각각 양의 영향을 나타내었다.

*Polyarthra vulgaris vulgaris*에는 NH₃-N (13.54%)가 음의 영향으로 작용하였으며, *Philodina roseola*에는

$\text{NO}_2\text{-N}$ (9.92%)가 양의 영향을, 용존산소 (8.21%)가 음의 영향을 주었다. 또한, 각각의 환경요인에 가장 많은 양 (positive)의 영향을 받는 종 (Species)에 대하여 살펴보면, 수온에 *K. cochlearis cochlearis* (23.09%), 투명도에는 *Lecane (Monostyla) flexilis* (2.85%), pH에는 *C. uncinata uncinata* (20.02%), BOD에는 *K. cochlearis f. tecta* (25.26%), COD에는 *K. cochlearis cochlearis* (20.24%), 염분에는 *C. uncinata uncinata* (9.07%), 염소이온에는 *P. vulgaris vulgaris* (81.86%), 암모니아성 질소에는 *P. vulgaris vulgaris* (84.57%), 아질산성 질소에는 *P. vulgaris vulgaris* (82.97%), 총 질소에는 *K. cochlearis cochlearis* (24.74%), 총 인에는 *C. gibba gibba* (13.55%), 엽록소 a에는 *A. saltans saltans* (62.64%)의 종이였다.

각 환경요인에 가장 크게 음 (negative)의 영향을 받는 종에 대하여 살펴보면, 투명도에 *K. cochlearis f. tecta* (21.79%), pH에는 *K. cochlearis f. tecta* (26.61%), 용존산소에 *C. adriatica adriatica* (9.31%), 염분에 *K. cochlearis f. tecta* (16.78%), 염소이온에 *C. gibba gibba* (3.93%), 암모니아성 질소에 *K. cochlearis f. tecta* (23.87%)이었다.

담수역과 기수역에서 윤충류의 생물량에 공통으로 영향을 주는 요인은 엽록소 a로 조사되어 식물플랑크톤 군집이 섬진강 하류계에서 윤충류 군집의 분포와 동태에 많은 영향을 미치고 있었다. 기수역에서 윤충류의 생물량에 영향을 주는 요인의 값이 낮게 나타나고 있는데 이는 윤충류가 주로 담수에 서식하고 있는 분류군으로 기수역에서 염분에 생리적으로 내성을 갖는 몇몇 종만이 서식하고 있기 때문이라 생각된다. 또한, 우점종에 대한 환경요인의 영향 정도가 담수와 기수역에서 상이하게 분석되었는데 이는 윤충류의 군집 분포가 특정 몇몇의 환경요인에 의해 결정되는 것이 아니라 복합적인 물리화학적 요인에 영향을 받고 있다는 점을 시사한다. 그리고 염분의 변화가 심한 강 하류계에서 윤충류의 조사는 염분의 내성범위를 알기 위해 사망율에 대한 조사도 함께 이루어져야 하나 본 조사에서는 수행되지 못하였다. 그러므로 강 하류계의 염분에 따른 윤충류 군집의 분포를 명확히 알기 위해서는 윤충류의 염분에 대한 생리적 적응 범위에 대한 연구가 선행되어야 한다고 생각된다.

적 요

섬진강 하류계에 서식하고 있는 윤충류의 염분에 따른 분포를 파악하기 위해 1998년 2월부터 1999년 7월까지 12개 정점을 선정하여 매달 수평 채집하였다. 조사

기간 중 출현한 윤충류는 27속 88종이었다. 월별 출현종의 분포로는 1998년 11월에 가장 많은 39종이 출현하였으며, 1998년 3월에 가장 적은 21종이 출현하였다. 우점종은 32종이었으며 대표적인 우점종은 4종 (*Keratella cochlearis cochlearis*, *K. cochlearis f. tecta*, *Ascomorpha saltans saltans*, *Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*)이었다. 염분에 따른 출현종의 분포를 보면 담수역 (0~0.5‰)에서만 출현한 종은 36종, 빈염기수역과 중염기수역에서만 출현한 종은 각각 3종이었으며, 담수역과 빈염기수역에 걸쳐 출현한 종은 15종, 담수역, 빈염기수역, 중염기수역에 걸쳐 출현한 종은 27종 그리고 전염분의 범위에서 출현한 종은 2종 (*Asplanchna* (s. str.) *priodonta priodonta*, *Synchaeta oblonga*)이었다. 염분 분포에 따른 생물량은 15.1~20.0‰의 범위에서 평균 16,259 ind./m³으로 최고량을, 25~28.0‰의 범위에서 1,273 ind./m³으로 최소량을 기록하였다. 담수역 (정점 1-정점 4)에서 윤충류의 생물량에 영향을 주는 환경요인은 BOD (74.32%), COD (72.15%), 전도도 (69.77%), 염소이온 (65.87%) 그리고 엽록소 a (58.27%)가 양의 영향으로 작용하였으며, 기수역 (정점 5-정점 12)에서는 염소이온 (9.11%), 총 인 (7.67%), 엽록소 a (6.20%)가 양의 영향을 나타내었다.

인 용 문 헌

- 김종만, 이순길, 허성범, 김동엽, 이재학, 이진환, 허형택. 1981. 동해안 기수호 (향호, 송지호, 영랑호)의 해양 생태학적 연구. 해양연구소보 3: 29-37.
- 명철수. 1992. 한강하구 기수해역의 동물플랑크톤 군집에 관한 생태학적 연구. 인하대학교 석사학위 청구논문 pp. 1-88.
- 서해립, 서호영, 차성식. 1991. 만경동진강 하구계의 동물플랑크톤의 분포와 염분. 한국해양학회지 26: 181-192.
- 서호영, 서해립. 1993. 광양만의 부유성 요각류 출현량의 계절 변동. 환경생물학회지 11: 26-34.
- 이진환, 곽희상. 1987. 영랑호의 환경학적 연구. 한국육수학회지 20: 39-48.
- Collins, N.R. and R. Williams. 1982. Zooplankton communities in the Bistol Channel and seven estuary. *Mar. Ecol.* 9: 1-11.
- Jhoo, H.K. and H.J. Sheo. 1975. Physical and Chemical study on the Water Quality of Estuary of Seomjin River and Gwangyang Bay. *Kor. J. Lim.* 8: 7-12.
- Jones, K.K., C.A. Simenstad, D.L. Higley and D.L. Bottom. 1990. Community structure, distribution, and standing stock of benthos, epibenthos, and plankton in the Col-

- umbia River estuary. *Prog. Oceanog.* **25**: 211-241.
- Kim, W.S. 1984. An Ecological study on the zooplankton community in Kwangyang Bay, Korea. Master thesis, Univ. Seoul pp. 1-76.
- Koste, W. 1978. Die Radertiere Mitteleuropas. Uberordnung Monogononta. Befundet von M. Voigt. I. Textbd. VIII+673 pp.: II+476 pp. mit 234 Tafeln, Stuttgart.
- Michael J. Kennish. 1990. Ecology of Estuaries, volume II, Biological Aspects. CRS Press pp. 117-140.
- Pontin, R.M. 1978. A key the freshwater planktonic and semi-planktonic Rotifera of the abritish Isles FBA Scientific Publication, no. 38, 178 pp.
- Remame, A. and C. Schlieper. 1971. Biology of brackish water. Wiley-Interscience, N.Y., 372 pp.
- Rutter-kolisko, A. 1974. Plankton rotifers; biology and taxaonamy (translated from the German). Binnengewasser, 26, 1(Suppl.). 146 pp.
- Yang, H.C. 1983. On Seasonal changes of the Numbers of Appearance of spawn and Fry in Kwangyang Bay, Korea. *Bull. Yeosu Nat. Fish. Coll.* **4**: 33-37.
- Yang, M.C. and Y.K. Kim. 1981. Seasinal changes in Abundance and Composition of plankton in the Kwangyang Bay, Korea. Thesis Collect. *Yeosu Nat. Fish. Coll.* **15**: 33-45.