

춘계 탐진강 하구역의 동물플랑크톤 군집 동태

김 세 화*

용인대학교 환경과학대학 생명과학과

Pre-monsoon Dynamics of Zooplankton Community in the Estuary of the Tamjin River, Korea

Saywa Kim*

Department of Life Science, College of Environmental Sciences, Yong In University,
Yongin 499-714, Korea

Abstract - Pre-monsoon dynamics of zooplankton community were investigated in the estuary of the Tamjin River flowing into the Doam Bay of the southern coast of Korea. Monthly sampling was carried out to collect zooplankters at five sites in the estuary and the river during the period between March and June 2014. Dissolved oxygen contents were low between 5.0~7.0 mg L⁻¹ in the estuary and high, 7.0~11.0, in the river. Water temperature increased gradually from 12.0 to 28.0°C and pH fluctuated between the range 7.4~8.8, respectively. A total of 85 taxa consisted of 25 species of rotifer, 30 kinds of copepod, 8 species of cladoceran, six kinds of aquatic insect larvae, four kinds of decapod and two kinds of Cirripedia larvae and Polychaeta larvae and one kind of Amphipoda, Ispopoda, Appendicularia, Nematoda and Cnidaria, and *Noctiluca scintillans* was occurred. Brackish copepods distributed at almost all studied sites with freshwater zooplankters being restricted to upper waters of the river. Monthly succession of *Acartia* spp. was observed in the estuary with the occurrence of *A. hudsonica* in March and April then *A. omori* in May and June. Zooplankton abundance showed to vary from 450 to 87,818 ind m⁻³ due to the explosion of copepodite and copepod nauplius in the estuary. Species diversity indices varied between 0.6~2.3 and generally low in the estuary and high in the river. Sea water input into the river seems to affect the river biota for more than some kilometers of the upper waters of the Tamjin River.

Key words : pre-monsoon dynamics, zooplankton, estuary, brackish copepod

서 론

담수가 유입되어 해수와 혼합되는 하구역은 강수량의 변화에 따라 담수공급량의 변화가 일어나고 이에 따른 염분 변동이 극심한 지역이다. 수심이 낮아 조석 간만에

의한 염분 변동도 크며 기온 변화에 따라 수온이 직접적으로 영향을 받아 수온의 일변화도 큰 수역이다. 또한 강에서 흘러드는 생물을 포함한 유기물들이 바다로 유입되는 것을 여과하는 장소이기도 하다 (Lisitzin 1999). 즉 수생생물의 서식을 제한하는 대사속도와 삼투압조절 환경이 크게 변동하는 하구역은 하구역 생태계에 분포하는 기수성 동물플랑크톤의 종 다양성이 감소하는 일차원인을 제공하고 있다 (Hada 1985). 역으로 변동이 극심한 하

* Corresponding author: Saywa Kim, Tel. 031-8020-2778,
Fax. 031-8020-2886, E-mail. swkim@yongin.ac.kr

구역 생태계에 적응하여 서식 가능한 종들은 물리 화학적 환경의 열악함에도 불구하고 경쟁 감소와 포식자의 감소 등 생물학적 환경의 안온함으로 기인하여 폭발적인 증식을 보이기도 한다 (de Madariaga *et al.* 1992).

우리나라 남해안의 도암만으로 흘러들어가는 탐진강은 영산강 섬진강과 함께 전라남도의 3대 하천을 이루고 있으며 한강의 신곡 수중보나 낙동강, 금강, 영산강의 하구언택과 같은 인공구조물을 축조하지 않아 비교적 자연상태의 하구역을 유지하고 있는 수역이다 (Kim and Lee 2007). 비록 탐진강 하류역인 강진군의 홍수피해 방지를 위하여 2006년도에 장흥다목적댐이 준공되면서 하류 생태계에 큰 변화를 가져왔으나 장흥다목적댐 상하류의 생태변화는 한국수자원공사 수자원연구소에서 1997년부터 정기 모니터링을 실시하고 있다 (cf. Alexander and Allan 2007). 또한 국립환경연구원에서 2004년도 하구역 생태계 정밀조사의 일환으로 하계와 추계에 동물플랑크톤 조사를 실시한 바가 있으나 (Seo and Kim 2005) 주로 해산 동물플랑크톤 위주로 조사가 실시되었고 상류역의 기수형성에 대한 고찰이 없었다.

본 조사는 춘계 탐진강 하구역 동물플랑크톤의 군집 동태를 파악하고 탐진강 상류역까지 형성되는 기수역에 분포하는 동물플랑크톤의 서식 조건을 밝히는 데 목적을 두고 실시하였다.

재료 및 방법

1. 조사수역

탐진강은 길이가 51.5 km이며 유역면적이 862.5 km²인데 유역 내에는 용반평야, 부산평야, 장흥평야, 강진평야가 형성되어 있다. 장흥군 유치면, 부산면, 장흥읍을 지나면서 유치천, 제비내, 부산천 등과 합류하여 강진군의 군동면과 강진읍을 지나 도암만으로 흘러들어간다.

본 조사수역인 탐진강 하구역은 조수의 영향으로 하폭이 좁지만 정점 3에서 하폭이 급격하게 넓어지면서 바다와 인접한 하구역 정점들인 정점 1과 정점 2는 간척공사로 인하여 하도 정리가 이루어져 있다. 상류 정점인 정점 4와 정점 5도 하안정비 사업으로 직류하도를 이루고 있고 강변 농지의 농업용수 공급을 위한 보가 건설되어 있다 (Fig. 1).

2. 채집 및 조사방법

탐진강이 도암만으로 흘러들어가는 가장 하구역부터 정점 1을 선정한 후 상류역까지 5개 정점에서 2014년 3월부터 6월까지 매월 4회에 걸쳐 동물플랑크톤 시료를 채집하였다. 동물플랑크톤 채집은 코니칼네트의 (망구 25 cm, 망목 0.05 mm) 입구에 여수체를 (Hydrobios model

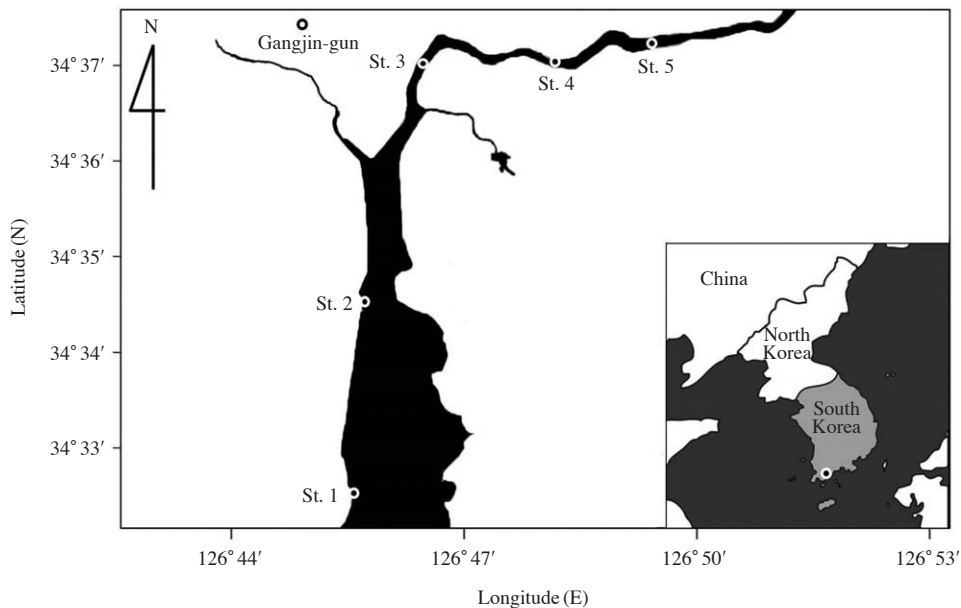


Fig. 1. Map showing the sampling site to investigate zooplankton dynamics in Tamjin River estuary flowing into the Doam Bay of the southern sea of Korea.

Table 1. List of zooplankton species occurred in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March ~ June 2014.

Species		Species		
Rotifera (fresh)	<i>Brachionus angularis</i> var. <i>chelonis</i>	Amphipoda	<i>Amphipoda</i> sp.	
	<i>Brachionus budapestinensis</i>	Cladocera	<i>Alona costata</i>	
	<i>Brachionus calyciflorus</i>		<i>Alona guttata</i>	
	<i>Brachionus calyciflorus</i> f. <i>calyciflorus</i>		<i>Alona karua</i>	
	<i>Brachionus cochlearis</i> var. <i>hispidus</i>		<i>Alona quadranguaris</i>	
	<i>Brachionus dimidiatus</i> f. <i>inermis</i>		<i>Chydorus ovalis</i>	
	<i>Brachionus falcatus</i>		<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	
	<i>Brachionus leydigii</i> var. <i>rotundus</i>		<i>Pleuroxus laevis</i>	
	<i>Brachionus plicatilis</i>		<i>Simocephalus exspinosus</i>	
	<i>Brachionus rubens</i>		Copepoda (marine)	<i>Acartia erythraea</i>
	<i>Brachionus urceolaris</i>			<i>Acartia hudsonica</i>
	<i>Euchlanis dilatata</i>	<i>Acartia ohtsukai</i>		
	<i>Euchlanis triquetra</i>	<i>Acartia omorii</i>		
	<i>Filinia longiseta</i>	<i>Calanopia minor</i>		
	<i>Keratella cochlearis</i> var. <i>pustulata</i>	<i>Centropages abdominalis</i>		
	<i>Lecane leontina</i>	<i>Clausocalanus mastigophorus</i>		
	<i>Lecane luna</i>	(brackish)	<i>Euterpina acutifrons</i>	
<i>Lecane</i> sp.	<i>Microsetella norvegica</i>			
<i>Notholca labis</i>	<i>Oithona davisae</i>			
<i>Monostyla lunaris</i>	<i>Paracalanus parvus</i> s.l.			
<i>Monostyla</i> sp.	<i>Pseudocyclops lepidotus</i>			
<i>Platylas quadricornis</i> var. <i>quadricornis</i>	<i>Eucyclops serrulatus</i>			
<i>Polyarthra vulgaris</i> var. <i>longiremis</i>	<i>Harpacticella paradoxa</i>			
<i>Pompholyx sulcata</i>	<i>Pseudodiaptomus inopinatus</i>			
<i>Trichocerca longiseta</i>	<i>Pseudodiaptomus trihamatus</i>			
Cirripedia	Cirripedia cyprid		<i>Sinocalanus sinensis</i>	
	Cirripedia nauplius	<i>Sinocalanus tenellus</i>		
Decapoda	<i>Acetes japonicus</i>	<i>Tortanus derjugini</i>		
	<i>Decapoda larvae</i>	<i>Tortanus dextrilobatus</i>		
	<i>Decapoda</i> sp.	(fresh)	<i>Canthocamptus staphylinus</i>	
	<i>Decapoda zoea</i>		<i>Canthocamptus</i> sp.	
Appendicularia	<i>Oikopleura dioika</i>	Diacyclops sp.		
Nematoda.	Nematoda sp.	Isopoda	Isopoda sp.	
Mollusca	Bivalvia larvae	Insecta	Aquatic insect larvae 1	
Pisces	Fish egg		Aquatic insect larvae 2	
	Fish larvae		Aquatic insect larvae 3	
			Aquatic insect larvae 4	
			Aquatic insect larvae 5	
			Aquatic insect larvae 6	
Hydrozoa	Hydrozoa sp.	Sagittioidea	<i>Aidanosagitta crassa</i>	
Myzozoa	<i>Noctiluca scintillans</i>	Polychaeta	Polychaeta larvae 1	
			Polychaeta larvae 2	

438 110) 부착한 후 사선 예망하여 (oblique hauling) 실시하였다.

각 정점의 환경요인으로는 pH는 portable pH meter로 (TI SenzPHduo) 측정하였으며 수온은 pH meter로 측정된 수온을 0.1°C까지 측정 가능한 봉상 수온온도계로 보정하였다. 용존산소량은 1~12 mg L⁻¹ 범위 내에서 측정 가능한 CHEMetrics로 (Model K-7512) 0.5 mg L⁻¹까지

측정하였다.

3. 시료 분석

채집된 시료는 300 mL wide-mouth Nalgene bottle에 담은 후 포르말린을 첨가하여 시료의 최종농도가 4%가 되도록 고정한 후 실험실로 옮겼다. 실험실 내에서 24시간

이상 방치하여 동물플랑크톤이 가라앉은 채집병의 상등액을 분리하여 100 mL로 3배 농축한 후 바닥에 가라앉은 시료를 페트리 디쉬에 넣고 해부현미경 (Zeiss SV11, Mag. X165) 하에서 중준위 검경을 실시하였으며 윤충류와 같은 소형종은 hollow slide로 옮긴 후 광학현미경 (Zeiss Auxiolab, Mag. X400) 하에서 고배율로 검경하여 동정하였다. 동물플랑크톤의 동정은 최근 도감음 (Chihara and Murano, 1997; Mizuno and Takahashi 1999; Seo 2010; Yoon 2010; Chang 2010, 2012; Jeong 2013) 참조하였다.

동정을 완료한 시료는 다시 농축된 시료병에 넣고 균등하게 섞은 후 5 mL의 subsample을 취해 UNESCO 계수관에 넣고 해부현미경 하에서 각 종별 출현량을 계수하는 작업을 3회 반복하였다. 즉 정량분석을 위해서 항상 채집된 시료의 1/10 이상을 검경하였다. 해부현미경 하에서 계수된 각 종의 출현량은 여수계로 환산된 동물플랑크톤네트 통과 수량을 참조하여 입방미터당 출현량으로 환산하였다. 또한 중준위까지 동정된 개체들 중 특이종과 본 수역에서 처음 보고된 종들은 개체 크기별 특성에 따라 2종류의 현미경 사진기를 사용하여 촬영하여 부록으로 첨부하였다 (LEICA ICC50HD, OPTICAM KCS-3.1C).

동물플랑크톤의 출현량 자료를 근거로 5개의 정점별 동물플랑크톤 생태지수를 계산하였으며 컴퓨터 프로그램 Primer 5로 (Plymouth Routines in Multivariate Ecological Research) 구한 종 다양성지수를 (Shannon and Weaver 1963) 정점별 계절별로 비교 분석하였다.

결 과

동물플랑크톤은 윤충류 25종, 지각류 8종, 요각류 30종, 수서곤충 6종, 십각류 4종, 따개비 유생 2종, 다모류 유생 2종과 단각류, 등각류, 이매패류, 미충류, 선충류, 모악동물, 자포동물, 야광충이 각각 1종씩 등 총 85종류가 출현하였다 (Table 1). 이 중 57종이 중준위까지 동정되었으며 하구역의 특성상 대부분의 정점에서 기수성 요각류가 출현하였다.

정점별 계절별로는 5월 정점 4에서 19종이 출현하여 가장 다양하게 출현하였고 3월에 정점 3에서 8종이 출현하여 가장 빈약한 출현 양상을 보였다 (Fig. 2). 출현종수의 월별 변화는 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 정점별로는 정점 3에서 3, 4월에는 출현종 수가 타 정점들에 비하여 빈약한 양상을 나타내었고 6월에는 가장 다양한 종들이 출현하여 출현종 수의 변동이 타 정점들에 비하

여 크게 나타났다.

Acartia 속의 종들은 대표적 연안종들인 *Acartia hudsonica*, *A. omori*, *A. ohtsukai*가 출현하였는데 *A. ohtsukai*가 조사기간 내내 출현한 반면 *A. hudsonica*는 3, 4월에 출현한 후 소멸하였고 5, 6월에는 *A. omori*만 출현하는 계절적 천이 현상이 관찰되었다.

동물플랑크톤의 출현량은 3월 정점 2에서 요각류 유생과 요각류 미성숙 개체들이 대량 출현하여 87,818 ind m^{-3} 를 기록하였으며 항상 하구역 정점들인 정점 1과 2의 출현량이 높았다 (Fig. 3). 하구역 정점인 정점 1과 2에서만 입방미터당 수 만 개체의 출현량을 보였고 상류 정점들에서는 비교적 출현량이 적었지만 예외적으로 최

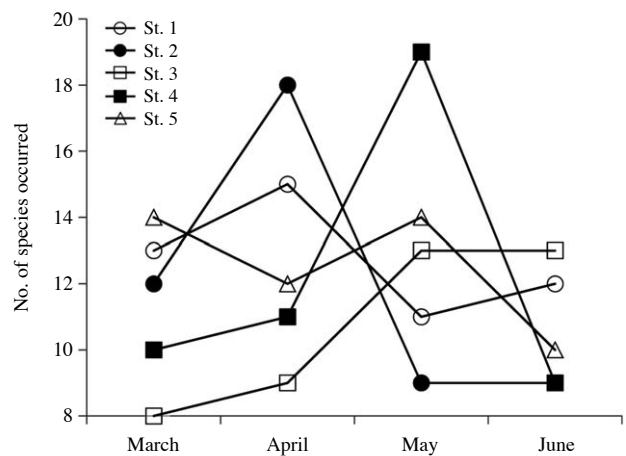


Fig. 2. Variations in the number of species occurred in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March~June 2014.

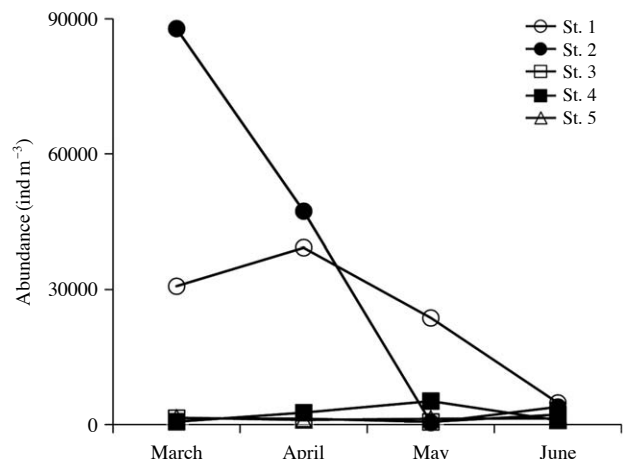


Fig. 3. Variations in zooplankton abundance in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March~June 2014.

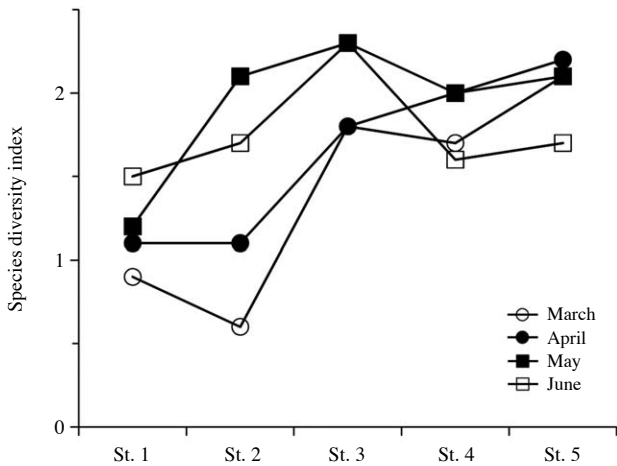


Fig. 4. Variations in species diversity index in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March ~ June 2014.

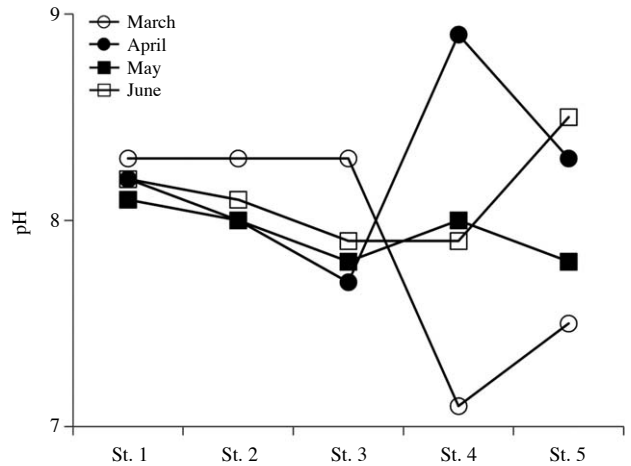


Fig. 6. pH in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March ~ June 2014.

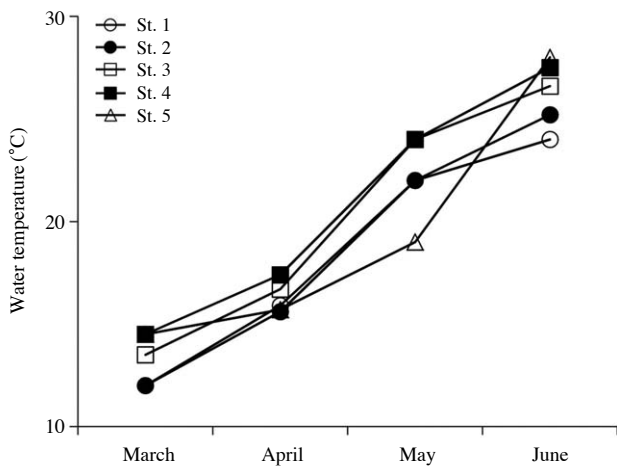


Fig. 5. Water temperature in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March ~ June 2014.

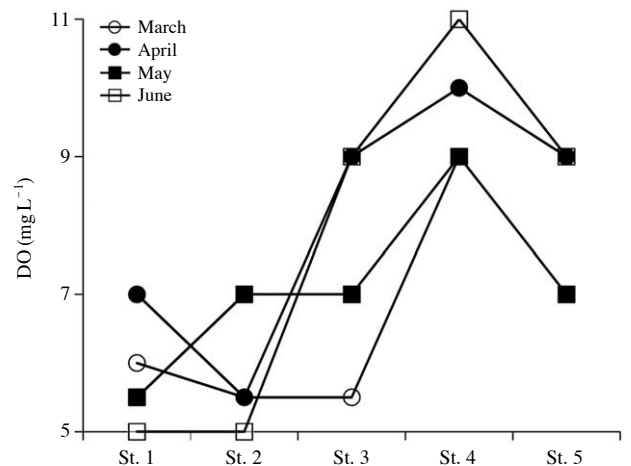


Fig. 7. Dissolved oxygen contents in the estuary of the Tamjin River in the pre-monsoon period between March ~ June 2014.

출현량은 5월 정점 2에서 450 ind m^{-3} 로 나타났다.

종 다양성지수는 0.6~2.3 사이에서 변동하였는데 월별로는 정점 1, 2와 같은 하구역 정점들에서는 3월부터 6월까지 지속적으로 증가한 반면 나머지 정점들에서는 뚜렷한 변화 경향을 보이지 않았고 정점별로는 상류인 정점 3, 4, 5에서 하구역인 정점 1, 2보다 높았다 (Fig. 4).

수온은 3월에 $12.0 \sim 14.5^\circ\text{C}$ 에서 6월에 $24.0 \sim 28.0^\circ\text{C}$ 로 서서히 증가하였고 (Fig. 5) 정점별로는 5월의 정점 3을 제외하면 항상 하구역 정점들인 정점 1, 2의 수온이 상류 정점들의 수온보다 낮았다.

pH는 7.1~8.9 사이에서 변동하였는데 정점 4에서 3,

4월에 급격한 변화를 보였다. 또한 4개월간 5개 정점에서 총 20회의 pH 측정 결과 중 상류 정점들인 정점 4, 5의 pH가 하구역인 정점 1, 2보다 높게 나타난 경우는 3회에 불과하여 하구역 정점들은 높은 pH의 해수 영향을 받는 것으로 나타났다 (Fig. 6).

용존산소량은 조사기간 중 $5.0 \sim 11.0 \text{ mg L}^{-1}$ 사이에서 변동하여 조사수역의 수생생물 서식을 크게 제한하지 않는 것으로 나타났다 (Fig. 7). 하지만 하구역 정점들인 정점 1, 2는 항상 $5.0 \sim 7.0 \text{ mg L}^{-1}$ 범위에서 변동하여 상류역 정점들보다 용존산소량이 낮았다.

고 찰

담수가 해수로 흘러들어가는 하구역은 생산성이 높고 극심한 환경변화에 적응한 기수종들이 우점하는 수역이다. 탐진강은 전라남도에서 세 번째로 큰 강으로 2004년 하구역 생태계 정밀조사에서 동물플랑크톤 조사가 일차 수행된 바 있다(Seo and Kim 2005). 39개의 출현분류군이 기록되었으며 10월에 31개 분류군이 출현하여 가장 다양한 출현 양상을 보였다고 보고되어 있으나 본 조사에서는 춘계에 국한하여 조사가 수행되었음에도 불구하고 85 분류군이 출현하였다(cf. Yoo and Lim 1992). 이것은 우선 일차 조사에서는 담수 동물플랑크톤인 담수산 지각류 8종과 윤충류 25종에 대한 조사가 전혀 이루어지지 않았고 미기록종 및 신종의 출현이(Ueda and Bucklin 2006) 제외된 결과로 추정된다. 이에 따라 *Acartia ohtsukai*와 같은 신종의 분포 범위에 도암만이 포함되었다.

탐진강 하구역은 전 조사수역에 기수성 요각류가 분포하고 있었고 특히 하구역 정점들인 정점 1, 2에서는 *Pseudodiaptomus inopinus*, *Sinocalanus sinensis*, *S. tenellus*, *Tortanus derjugini*, *T. dextrilobatus* (Ohtsuka et al. 1992) 등과 같은 기수성 요각류가 항상 출현하고 있었다. 가장 상류 정점에서도 기수성 요각류의 분포가 확인되어 해수의 영향이 높은 수역으로 밝혀졌다. 하지만 상류 정점들인 정점 3, 4, 5에서 출현한 지각류와 윤충류는 모두 담수산 종들로서 기수역에 적응한 종들은 출현하지 않았다(Yoo and Kim 1987; Kim 1989). 하구역인 정점 1과 2에서는 해산종이 우점하면서 기수종이 함께 출현하는 반면 하쪽이 급격하게 줄어드는 정점 3에서는 담수종, 기수종, 해산종이 함께 출현하고 있었고 가장 상류인 정점 4, 5에서는 담수종이 우점하면서 기수종이 함께 출현하는 전형적인 하구역의 특징을 나타내고 있었다(Cho et al. 1975; Kim et al. 2002; Kim and Kang 2003).

환경요인도 하구역에서는 해수의 영향에 의하여 pH가 높고 용존 및 부유 유기물의 영향에 의하여 용존산소량이 낮은 반면 상류에서는 하구역에 비하여 pH가 낮고 풍부한 용존산소량을 기록하고 있었다(An and Shin 2005).

본 조사를 통하여 탐진강 하구역은 정점 3, 4, 5에 보가 건축되어 있음에도 불구하고(Alexander and Allan 2007) 인위적인 영향을 적게 받는 자연 하구역의 특징을 그대로 유지하고 있었고 정점 1, 2까지도 담수의 영향을 받는 기수역의 특징을 보이고 있었다(cf. Kim and Lee 1999; Gil et al. 2007).

결론적으로 동물플랑크톤의 군집동태를 근거한 탐진

강 하구역은 기수역이 뚜렷하게 형성되어 본 연구 최상류 정점까지인 10 km 가까이 확장되어 있는 자연 하천의 특징을 나타내는 수역으로 밝혀졌다.

적 요

전라남도 강진군 도암만으로 흘러드는 탐진강 하구역의 5개 정점에서 2014년 3월부터 6월까지 매달 동물플랑크톤을 채집하여 춘계 동물플랑크톤의 군집동태를 조사하였다. 용존산소량은 하구역 정점에서 $5.0 \sim 7.0 \text{ mg L}^{-1}$ 로 강 상류역의 $7.0 \sim 11.0 \text{ mg L}^{-1}$ 보다 낮았고 pH는 $7.4 \sim 8.8$ 사이에서 변동하며 하구역에서 높았으며 수온은 조사초기 12.0°C 에서 28.0°C 까지 증가하였다. 동물플랑크톤은 윤충류 25종, 지각류 8종, 요각류 30종, 수서곤충 6종, 십각류 4종, 딱개비 유생 2종, 다모류 유생 2종과 단각류, 등각류, 이매패류, 미충류, 선충류, 모악동물, 자포동물, 야광충이 각각 1종씩 등 총 85종류가 출현하였다. 기수성 요각류는 전 정점에서 출현하였으며 담수산 윤충류와 지각류의 분포는 강 상류 정점에 제한되었다. *Acartia* 속에 속하는 종들은 3, 4월에 *A. hudsonica*가 출현한 후 소멸하면 5, 6월에 *A. omori*가 출현하는 월별 천이를 하였다. 동물플랑크톤 출현량은 $450 \sim 87,818 \text{ ind m}^{-3}$ 사이에서 변동하였는데 하구역 정점들에서 요각류 유생과 미성숙 개체들의 대량 출현에 의하여 입방미터당 수 만 개체의 출현량이 기록된 결과이다. 종 다양성지수는 $0.6 \sim 2.3$ 범위에서 변동하였는데 하구역에서 낮았고 강 상류에서 높았다. 탐진강 하구역에서의 기수역 형성은 뚜렷하며 강 상류역 수 km까지 확장되어 있는 것으로 추정된다.

사 사

이 논문은 2015년도 용인대학교 학술연구조성비 재원으로 수행된 연구임.

REFERENCES

- Alexander GG and JD Allan. 2007. Ecological success in stream restoration: case studies from the midwestern United States. *Environ. Manage.* 40:245-255.
- An K-G and I-C Shin. 2005. Influence of the Asian monsoon on seasonal fluctuations of water quality in a mountainous stream. *Korean J. Limnol.* 38:54-62.

- Chang CY. 2010. Continental Harpacticoida. Invertebrate fauna of Korea, Flora and fauna of Korea. 21(4) NIBR, MIE, Seoul.
- Chang CY. 2012. Continental Cyclopoida I. Invertebrate fauna of Korea, Flora and fauna of Korea. 21(19) NIBR, MIE, Seoul.
- Chihara M and M Murano. 1997. An illustrated guide to marine plankton Japan. Tokai Univ. Pre., Simizu.
- Cho KS, SU Hong and KH Ra. 1975. The comparative study of limnological conditions and plankton fauna of brackish water in the east coast of Korea. Korean J. Limnol. 8:25-37.
- de Madariaga I, L Gonzales-Axpiri, F Villate and E Orive. 1992. Plankton responses to hydrological changes induced by Freshets in a shallow mesotidal estuary. Estuar. Coast. Shelf Sci. 35:425-434.
- Gil J-W, Y-P Hong Y-P and S Kim. 2007. Fish fauna in southern river of Bukcheong and brackish lakes, Shinpo district, North Korea. Korean J. Environ. Biol. 25:279-287.
- Hada A. 1985. Ecological studies of a brackish-water copepod *Sinocalanus tenellus* (Kikuchi) (Calanoida). MS Thesis, Hiroshima Univ., Hiroshima.
- Jeong HG. 2013. Diversity of freshwater Cladocera (Crustacea: Branchiopoda) in the south of Korean Peninsula. PhD Dissertation, Hanyang Univ., Seoul.
- Kim H-W and HY Lee. 2007. The differences of zooplankton dynamics in river ecosystems with and without estuary dam in river mouth. Korean J. Limnol. 40:273-284 .
- Kim S. 1989. Studies on the ecology of marine cladocerans in the northwestern Pacific Ocean. PhD Dissertation, Hiroshima Univ., Hiroshima.
- Kim S and JH Lee. 1999. Environmental studies of the lower part of Han River IV. Zooplankton dynamics. Korean J. Limnol. 32:16-23.
- Kim S, M-S Han, K-I Yoo, K Lee and Y-K Choi. 2002. Zooplankton and phytoplankton dynamics with the construction of river mouth dam in Kum River estuary, Korea. Korean J. Limnol. 35:141-144.
- Kim S and Y-S Kang. 2003. Brackish lakes in Shinpo district, North Korea. I. Zooplankton. Korean J. Limnol. 36:215-220.
- Lisitzin AP. 1999. The continental-ocean boundary as a marginal filter in the World Oceans pp.69-103. In Biogeochemical Cycling and Sediment Ecology (Gray JS, W Ambrose and A Szaniawska eds.). Kluwer Acad. Publ., Dordrecht.
- Mizuno T and E Takahashi. 1999. An illustrated guide to freshwater zooplankton in Japan. Tokai Univ. Pre., Simizu.
- Ohtsuka S, Y-H Yoon and Y Endo. 1992. Taxonomic studies on brackish copepods in Korean water. I. Redescription of *Tortanus dextrilobatus* Chen and Zhang, 1965 from Korean waters, with remarks on zoogeography of subgenus *Eutortanus*. J. Oceanol. Soc. Korea 27:112-122.
- Seo HY. 2010. Marine planktonic copepods. Invertebrate fauna of Korea, Flora and fauna of Korea. 21(3) NIBR, MIE, Seoul.
- Seo HY and BS Kim. 2005. XII. Zooplankton. pp.877-894. In Estuary Ecosystem Investigation (Lee MH ed.). NIER, Incheon.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. The mathematical theory of communication. University of Illinois Pre., Urbana.
- Yoo K-I and B-J Lim. 1992. Seasonal succession in the abundance and community structure of zooplankton in Pal'tang reservoir. Korean J. Limnol. 25:89-97.
- Yoo K-I and S-W Kim. 1987. Seasonal distribution of marine cladocerans in Chinhae Bay, Korea. J. Oceanol. Soc. Korea 22:80-86.
- Yoon SM. 2010. Branchiopods. Invertebrate fauna of Korea, Flora and fauna of Korea. 21(2) NIBR, MIE, Seoul.

Received: 27 August 2014

Revised: 19 January 2015

Revision accepted: 20 January 2015

Appendix



Tortanus derjugini
St. 1 in May



Acartia ohtsukai
St. 2 in June



Sinocalanus tenellus
St. 3 in April



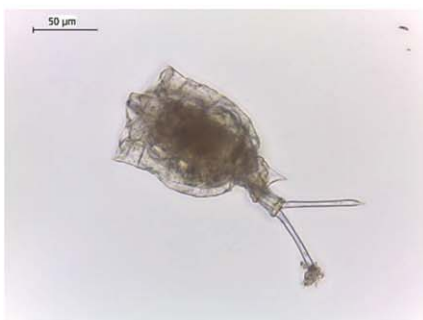
Tortanus dextrilobatus
St. 3 in May



Simocephalus exspinosus
St. 3 in June



Pleuroxus laevis
St. 4 in March



Lecane leontina
St. 5 in March



Platyas quadricornis var. *quadricornis*
St. 5 in June