

강 배후 습지생태계(우포)에서 강우량과 동물플랑크톤 군집 동태

김현우 · 최종윤¹ · 라금환 · 정광석¹ · 주기재^{1,*}

(순천대학교 사범대학 환경교육과, ¹부산대학교 자연과학대학 생명과학과)

Relationship between Rainfall and Zooplankton Community Dynamics in a Riverine Wetland Ecosystem (Upo). Kim, Hyun-Woo, Jong-Yun Choi¹, Geung-Hwan La, Kwang-Seuk Jeong¹ and Gea-Jae Joo^{1,*} (Department of Environmental Education, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea; ¹Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea)

The relationship between rainfall variable and zooplankton dynamics was studied in the Upo wetland, an ecosystem of international importance. Water sampling was conducted on biweekly basis from January 2002 to December 2007 in the study site. The annual average of total rainfall was 1,324 mm during the study period. Total rainfall amount in 2003 (1,766 mm) was unusually high, while total rainfall amount in 2005 (975 mm) was exceptionally lower than the average. Most of basic limnological parameters (water temperature, dissolved oxygen, pH, conductivity and turbidity) in the study site were greatly influenced by the flooding events and rainfall amounts in summer. There were statistically significance between seasonal and inter-annual differences in zooplankton abundance and the total rainfall amount (ANOVA, $P < 0.05$). Zooplankton abundance was high in summer (mean \pm s.d.: $1,594 \pm 1,598$ Ind. L^{-1}) and low in winter (246 ± 234 Ind. L^{-1}). The 47% of annual total zooplankton abundance in the study site were observed in summer. The seasonal pattern of rotifers was similar to that of total zooplankton. This reflected the fact that rotifers strongly dominated and occupied ca. 65% the total zooplankton abundance (annual mean: $398 \pm 1,139$ Ind. L^{-1} , $n=149$), followed by cladocerans (65 ± 140 Ind. L^{-1}) and copepods (58 ± 84 Ind. L^{-1}). Planktonic rotifers such as *Keratella cochlearis*, *Polarthra* spp. and *Brachionus calyciflorus* were dominant from winter to spring and attached rotifers such as *Lecane* spp., *Monostyla* spp. and *Trichocerca* spp., observed commonly from spring to fall. Among the environmental variables considered, rainfall in summer seemed to play the most important role in determining characteristics of zooplankton community dynamics in the Upo wetland.

Key words : Upo, rainfall, zooplankton, riverine wetland, rotifers

서 론

습지생태계는 육상 및 수생태계의 전이 지역으로서, 두

생태계 간 완충 역할을 수행함과 동시에 높은 종 다양성 유지, 서식처 제공, 기후 및 홍수조절과 정화작용 등 중요한 기능을 하는 시스템이다(Whitaker and Matvienko, 1998). 계절적 강우 등에 의한 수위변화는 습지생태계의

* Corresponding author: Tel: 051) 510-2258, Fax: 051) 583-0172, E-mail: gjjoo@pusan.ac.kr

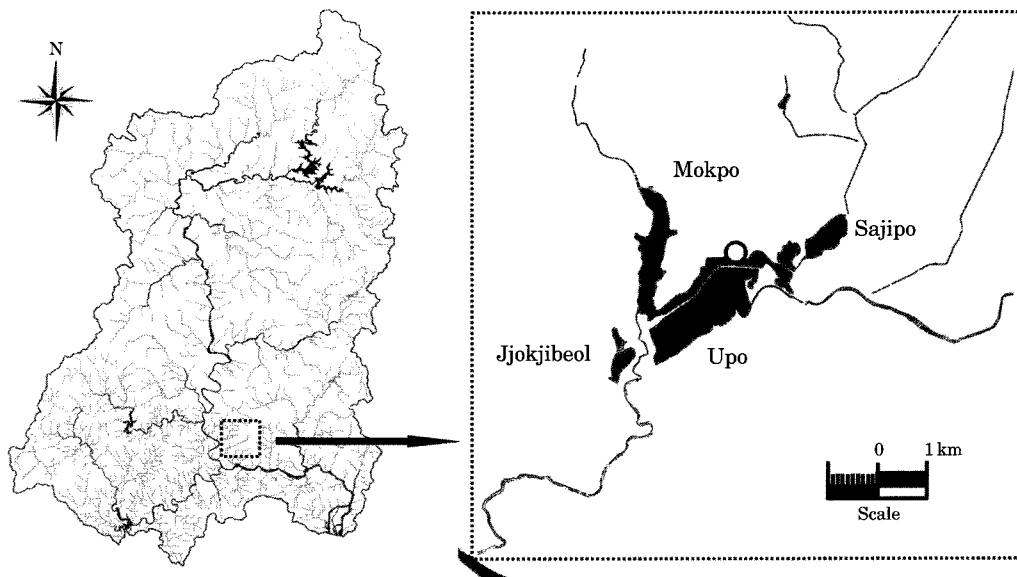


Fig. 1. Map of the Nakdong river basin and the Upo wetland (○ indicates sampling site).

이화학적 요인(Joo and Francko, 1995) 및 부유 미생물상의 구조적 변화를 유도할 수 있으며, 박테리아 및 플랑크톤 동태와 밀접한 연관성이 있는 것으로 파악되고 있다(Chang *et al.*, 2004).

강 배후 습지생태계는 매우 독특한 서식환경 조건을 가지며(Joo, 1990), 배후 습지의 생태학적인 현상 변화는 강의 범람과 밀접한 연관성이 있는 것으로 보고되고 있다(Mitsch and Gosselink, 2000). 특히, 동 아시아권 지역에서의 여름 집중강우는 강과 강에 인접한 담수 생태계의 구조와 기능 등의 변화에 주요한 외부 환경 요인으로 알려져 있다(Allan and Castillo, 2007). 대표적인 강 배후 습지이며 국제적으로 보존의 가치가 높아 람사르 협약 보호습지로 지정된 우포 습지에서는 육상 생물상, 식물플랑크톤 및 수생식물 등에 대한 연구가 지속적으로 수행되어 오고 있다(김, 1993; 강과 주, 1999; 도 등, 2007). 그럼에도 불구하고 수환경 관련 연구 결과의 대부분은 단기간 동안에 수행되어 중장기적인 기후 및 수문학적 변화에 따른 습지생태계의 구조와 기능 등의 변화에 대한 연구 내용이 미흡한 실정이다. 아울러 수환경 생물상에 대한 연구 분야 중 하위영양단계에 위치해 있으며 어류와 식물플랑크톤 사이에 중요한 에너지 순환의 연결자 역할을 담당하는 중소형 동물플랑크톤 군집에 대한 구조 및 기능적 평가에 대한 연구는 대형 호수나 강 생태계에서는 지속적으로 많은 연구가 진행되어 왔으나, 이에 비해 강 배후 습지생태계에서는 매우 드문 실정이다(Burks *et al.*, 2000). 특히 수문학적 요인에 직접적인

영향을 미치는 연간 강우량 변화와 습지생태계 내 동물플랑크톤 군집 동태와의 연관 관계 규명은 강과 연결된 배후 습지생태계의 부유생물상 동태 파악에 주요한 연구 내용이라 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 2002년부터 2007년까지 습지생태계의 외적 환경요인 변화(강우량)와 습지 내의 기초 육수학적 요인 및 동물플랑크톤 군집 동태의 변화를 파악하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지 개황 및 시료 채집

낙동강 중류지점의 소형 지천인 토평천을 따라 약 5 km 정도 떨어진 곳에 위치한 우포 습지는 경상남도 창원군에 위치해 있으며(35° 33'N, 128° 25'E), 주요 4개의 습지 형태로(우포늪, 목포늪, 사지포, 쪽지벌) 구성되어 있다(Fig. 1). 우포 습지의 총면적은 약 2.31 km²이며 평균 수심은 약 1 m, 최대 수심은 약 3.5 m이다(Baek, 1989). 조사기간은 2002년 1월부터 2007년 12월까지 월 2회 간격으로 창원군 이방면의 수문으로부터 약 100 m 상부지점의 수심 약 0.5 m에서 원수 및 동물플랑크톤 시료를 채집하였다.

2. 육수학적 요인 및 강우량

조사기간 동안 수온, 용존산소량(YSI Model 58), pH(Orion 407A pH meter), 전기전도도(Fischer 152 Conduc-

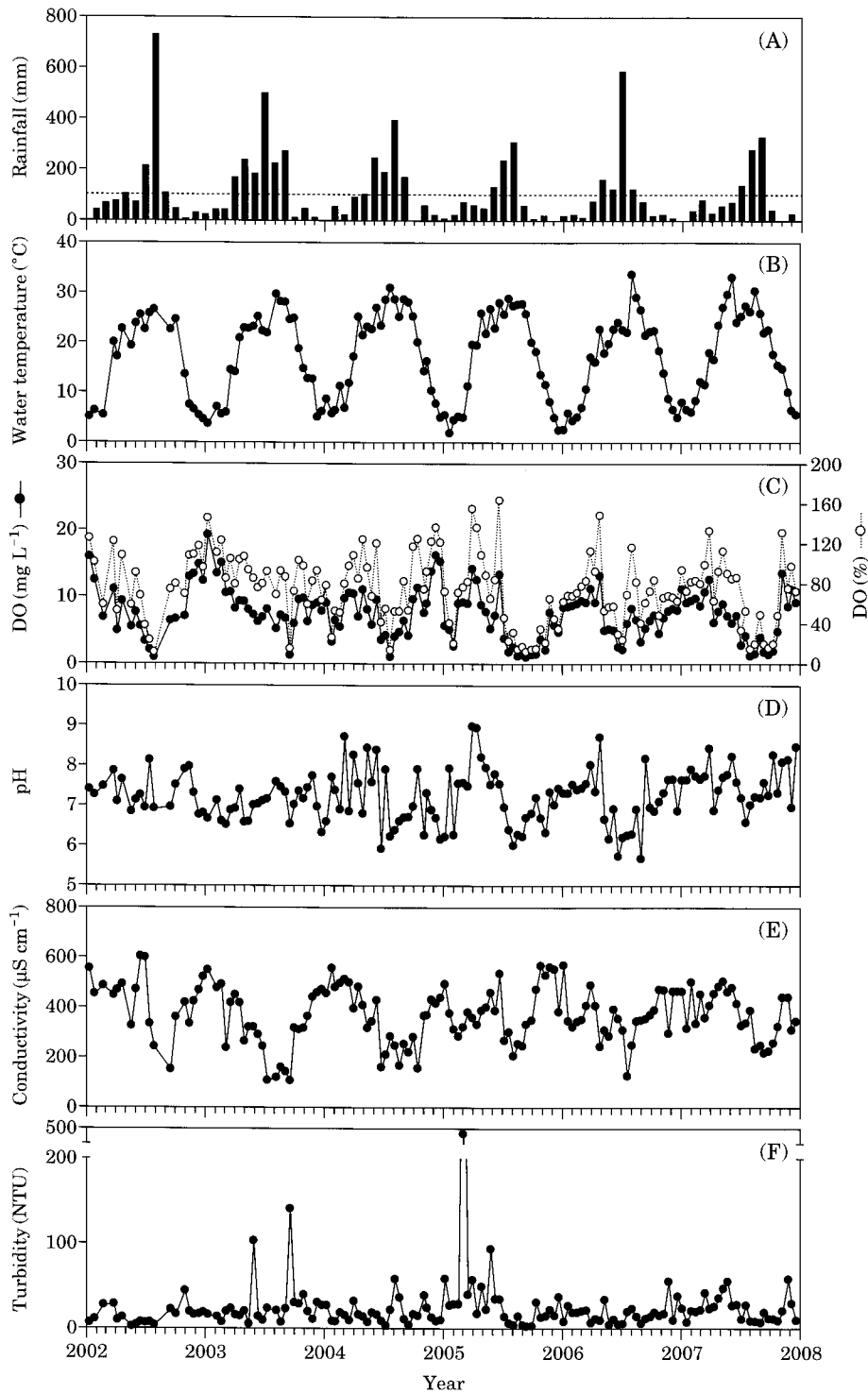


Fig. 2. Changes in monthly total precipitation and basic limnological parameters: (A) precipitation at central river basin, (B) water temperature, (C) dissolved oxygen, (D) pH, (E) conductivity, and (F) turbidity at study site (2002~2007).

tivity meter), 탁도(Shaban 20052 Turbidity meter)를 측정하였다. 조사지점의 강우량은 낙동강 중류 지점의 일일

강우량(대구, 진주, 합천, 밀양) 자료를 활용하였다(기상청 자료).

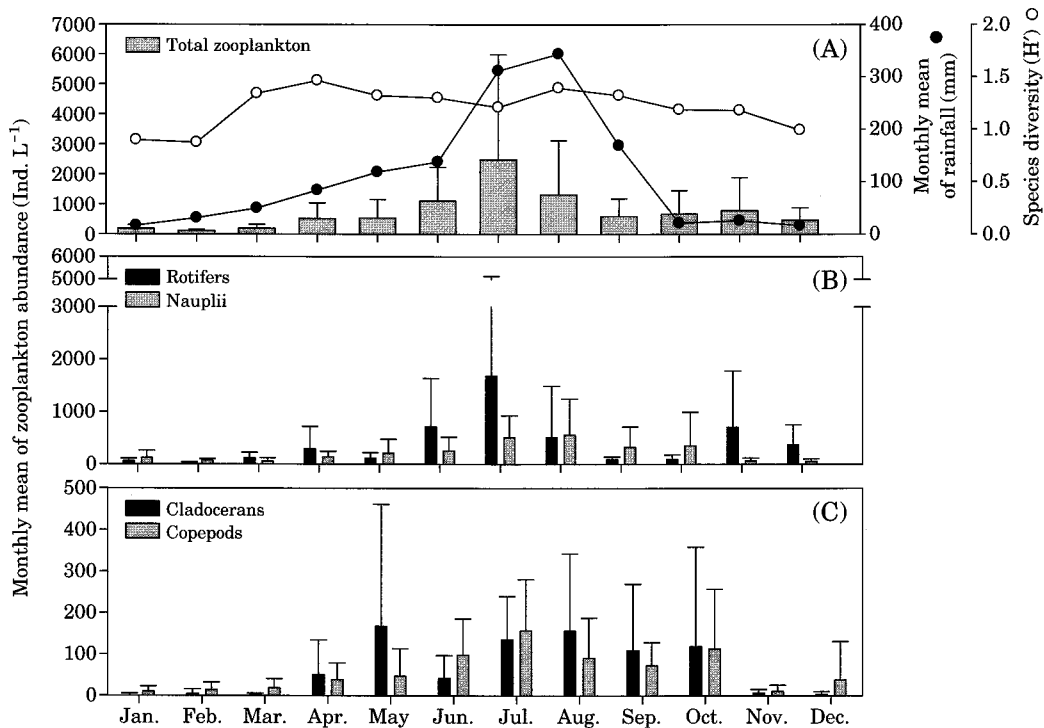


Fig. 3. Changes in monthly mean of zooplankton abundance, rainfall, and species diversity: (A) total zooplankton, (B) rotifers and nauplii, and (C) cladocerans and copepods.

3. 동물플랑크톤 채집, 동정 및 자료 분석

동물플랑크톤은 원수 8~10L를 망목 크기 32µm 네트로 여과하여 농축하였다. 포르말린(최종농도 4~5%)으로 고정된 시료는 실험실에서 종 및 속의 수준까지 동정 후 계수하여 원수 1L당 개체수로 환산하였다(Koste, 1978; Smirnov and Timms, 1983; Koste and Shiel, 1987; Bayly, 1992; Einsle, 1993). 자료의 통계적 분석은 SPSS for Win 14를 사용하였다. 동물플랑크톤 군집 다양성 평가는 Pielou (1966)의 공식에 의한 Shannon-Weaver (H') 지수를 활용하였다.

결 과

1. 강우량 및 육수학적 요인 변화

강우량과 기초 육수학적 요인(수온, DO, pH, 전기전도도 및 탁도)은 연도와 계절에 따라 차이를 나타내었다(Fig. 2). 조사기간 동안 연평균 총 강우량은 1,324 mm 이었다. 2005년의 총 강우량은 975 mm로 가장 낮았고, 2003년에는 1,766 mm로 가장 높았다(Fig. 2A). 총 강우량의 약 60% 이상은 여름 기간(6~8월)에 집중되었고 다

른 기간에는 낮은 강우량을 보였다. 조사기간 동안 연평균 수온은 17±8.6°C이며, 3월말~4월초에 급격한 수온 상승을 나타내었고, 7월과 8월에 일반적으로 30°C 수온 분포를 그리고 11월경에 낮은 수온을 나타내었으며 결빙 현상은 파악되지 않았다(Fig. 2B). 용존산소 및 pH의 계절적 변화는 뚜렷하였다. 늦봄과 여름 기간 동안 낮은 용존산소를 유지하였으며, 겨울 기간 동안에는 상대적으로 높은 용존산소 농도를 보였다(Fig. 2C). pH의 계절적 변화 또한 용존산소 농도 변화와 유사한 양상을 나타내었다(Fig. 2D). 연평균 전기전도도는 370±107 µS cm⁻¹로 여름에 낮고 겨울에는 다소 높은 것으로 파악되었다(Fig. 2E). 탁도의 경우 여름 강우시 큰 폭으로 상승한 것을 제외하면 연중 변이는 낮은 것으로 나타났다(Fig. 2F).

2. 동물플랑크톤 개체군 및 군집

조사기간 동안 출현한 총 종 수는 97종으로, 윤충류 73종, 지각류 12종, 그리고 요각류 12종이 동정되었다. 대부분 부유성 윤충류인 *Keratella cochlearis*, *Polyarthra* spp. 그리고 *Brachionus calyciflorus*가 우점하였으며, 부착성 윤충류인 *Lecane* spp., *Monostyla* spp. 그리고 *Trichocerca* spp. 종들의 출현 빈도도 다소 높았다. 지각류 군집에서

Table 1. Inter-annual variations of major zooplankton community abundance and total rainfall.

	2002 (n=20)	2003 (n=25)	2004 (n=26)	2005 (n=26)	2006 (n=26)	2007 (n=26)
Total rainfall (mm)	1,503	1,766	1,359	975	1,254	1,089
Rotifers (Ind. L ⁻¹)	52±34	106±134	343±603	220±422	1,180±2,451	455±827
Cladocerans	33±73	76±180	45±69	94±211	89±163	51±90
Copepods	33±73	55±106	53±73	71±102	100±88	36±50
Nauplii	59±55	164±327	114±133	275±293	368±447	334±523
Total zooplankton	176±179	403±479	555±644	660±825	1,737±2,694	875±1,040

Table 2. Seasonal changes of major zooplankton community abundance and mean rainfall.

	Spring (Mar. ~ May)	Summer (Jun. ~ Aug.)	Fall (Sep. ~ Nov.)	Winter (Dec. ~ Feb.)
Mean rainfall (mm)	133	417	247	120
Rotifers (Ind. L ⁻¹)	174±161	946±1,364	298±378	110±179
Cladocerans	73±92	112±48	78±86	3±7
Copepods	35±25	119±85	65±58	13±11
Nauplii	134±83	418±231	248±260	121±90
Total zooplankton	416±241	1,594±1,598	689±638	246±234

는 *Diaphanosoma brachyrum*과 *Ceriodaphnia* sp., 요각류에서는 *Mesocyclops* sp.와 *Thermocyclops* sp.가 우점하는 경향을 나타내었다. 조사기간 동안 우포 습지의 동물플랑크톤 출현 종수는 연도별로 유의한 차이를 보였고(One-way ANOVA, $F=11.42$, $P<0.01$), 2002년에는 총 66종으로 가장 적은 출현 종수를, 그리고 2005년에는 93종이 동정되어 가장 많은 출현 종수를 나타내었다. 종다양도지수(H')는 1.0~2.0 사이에서 변화하였으며, 봄에 전반적으로 높았고 겨울에는 낮았다(Fig. 3A). 여름 시기인 7월에 평균 총 동물플랑크톤 밀도는 가장 높으나 종다양도지수는 낮았다. 주요 동물플랑크톤 군집 중 윤충류 군집의 연평균 밀도가 $398 \pm 1,139$ Ind. L⁻¹ (n=149)로 가장 높았으며, 지각류(65 ± 140 Ind. L⁻¹)와 요각류(58 ± 84 Ind. L⁻¹)는 상대적으로 낮았다. 주요 동물플랑크톤 군집은 겨울을 제외한 대부분 기간 동안 다소 높은 밀도를 유지하는 것으로 파악되었다(Fig. 3). 특히 여름 기간(6~8월)의 평균 총 동물플랑크톤 밀도는 약 1,000 Ind. L⁻¹ 이상으로 다른 계절에 비해 매우 높았다(Fig. 3A). 윤충류 군집의 경우 6~8월과 11~12월 사이에 높은 군집 밀도를 유지하였으며, 지각류와 요각류의 경우는 4~10월까지 평균 약 50 Ind. L⁻¹ 이상의 군집 밀도를 나타내었다(Fig. 3B, C). 요각류 유생의 경우 요각류 성체의 계절적 변화와 유사한 것으로 파악되었다.

3. 강우량과 동물플랑크톤 군집 동태

조사기간 동안 주요 동물플랑크톤 군집별 밀도 변화는

연도별로 상이하였으며, 연간 총 강우량의 분포 정도와 총 동물플랑크톤 밀도 간에 상호 관계가 있는 것으로 파악되었다. 조사기간 연 평균 총 강우량(1,320 mm)보다 높은 2002~2004년에는 전체 평균 연 동물플랑크톤 밀도가 176~555 Ind. L⁻¹ 범위였으며, 적은 강우량을 보인 2005~2007년의 전체 평균 동물플랑크톤 밀도는 660~1,737 Ind. L⁻¹ 범위를 나타내어 강우량이 낮은 해에 총 동물플랑크톤 밀도가 높은 것으로 나타났다(Table 1). 윤충류 군집은 연간 강우량 변화에 따른 총 동물플랑크톤 밀도 변화와 다소 유사한 경향성을 나타내었다. 2007년을 제외하고 상대적으로 강우량이 적은 2005~2006년에는 지각류와 요각류 군집의 밀도가 많은 강우량을 보인 연도보다 다소 높은 것으로 파악되었다(Table 1). 동물플랑크톤 군집의 계절별 동태는 매우 상이하였으며 전체 개체수의 약 47%가 여름에 출현하는 것으로 파악되었다. 여름 기간 동안의 총 동물플랑크톤 평균 밀도는 $1,594 \pm 1,598$ Ind. L⁻¹로, 다른 계절에 비해 약 2~6배 이상의 높은 밀도를 나타내었다(Table 2). 주요 동물플랑크톤 군집(윤충류, 지각류, 요각류) 또한 여름에 가장 높은 밀도를 나타내었으며, 겨울 기간에는 전반적으로 낮은 밀도 분포를 보였다(Table 2).

고 찰

기후 및 수문학적인 조건은 수생태계 군집 변화에 주요한 영향을 미치는 것으로 밝혀져 있다(Adrian *et al.*,

1995; Straile, 2000). 특히 홍수효과에 의한 환경인자들은 습지생태계의 종 풍부도 및 군집구조의 변화 등에 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다(Muzaffar and Ahmed, 2007). 국내의 경우 강 배후 습지생태계에서 동물플랑크톤 동태에 대한 선행 연구결과는 미흡한 실정이나(Chang *et al.*, 1998), 본 연구를 통해 우포 지점에서 지난 6년간의 (2002~2007년) 동물플랑크톤 군집이 강우량 변화에 의해 영향을 받는 것으로 평가되었다. 연 총 강우량이 다소 낮은 해인 2005~2006년에 높은 총 동물플랑크톤 밀도를, 연 총 강우량이 높은 해인 2002~2003년에 낮은 총 동물플랑크톤 밀도를 보여, 강우량이 조사지점의 동물플랑크톤 밀도 변화와 군집별 상대적 구성 비율 변화에 주요한 요인인 것으로 사료된다. 특히, 여름 기간(6~8월)은 다른 계절에 비해 상대적으로 기초 육수학적 환경요인과 동물플랑크톤 군집 동태가 매우 역동적인 것으로 파악되었다. 국내 대형강 및 호수 생태계에서의 동물플랑크톤의 계절별 밀도 변화 패턴은 봄과 가을 기간에 다소 높고 상대적으로 여름 및 겨울에 낮은 밀도를 나타내는 것으로 알려져 있으나(Uhm and Hwang, 2006; 김과 이, 2007), 이에 비해 강 배후 습지인 우포 지점의 경우는 여름 기간인 7월에 가장 높은 동물플랑크톤 밀도를 나타내어 강 및 호수 생태계 내 계절별 동물플랑크톤의 군집 동태 특성과는 상이한 결과를 나타내었다.

조사기간 동안 출현한 총 동물플랑크톤 종수는 96종으로 국내 다른 강 배후 습지보다는 상대적으로 다소 높은 종 다양성과 밀도를 나타내는 것으로 파악되었고, 동물플랑크톤 군집 중 율충류의 총 종수의 비율이 약 75%로 높았으며 지각류와 요각류의 상대적 출현 종수는 다소 낮은 것으로 나타났다. 일반적으로 부영양 습지생태계에서의 동물플랑크톤 군집은 율충류 군집이 우점하는 경향성을 띠며(e.g., Maier, 1996), 본 조사지점에서도 이러한 지표종으로 평가받는 *Keratella cochlearis*, *Polyarthra* spp. 등이 전체 총 동물플랑크톤 밀도에서 매우 높은 상대적 비율을 나타내는 것으로 파악되었다. 아울러, 우포 습지의 동물플랑크톤 출현 분류군 수 또한 연간 변화가 큰 것으로 확인되었다. 연간 총 강우량, 여름 기간 동안 강우빈도 및 강우량 변화에 따른 인접한 낙동강 본류의 홍수효과와 아울러 우포 습지 내 탁류의 잔류기간과 수생식물 분포 정도(Lau and Lane, 2002) 등 복합적인 요인에 의해 동물플랑크톤 총 개체수 및 종 다양도가 영향을 받을 것으로 사료된다.

결론적으로 강 배후 습지의 동물플랑크톤 군집은 연 강우량 변화에 전체 동물플랑크톤 밀도 변화가 상당한 영향을 받는 것으로 평가되며, 특히 우포 습지의 경우 여

름 기간 동안의 강우 패턴에 따른 동물플랑크톤 군집 동태가 연간 동물플랑크톤 군집 구조 특성에 많은 영향을 미치는 것으로 사료된다. 본 연구에서는 언급되지 않았으나, 추후 우포 습지에서 어류 및 무척추동물의 섭식 효과에 따른 동물플랑크톤 군집 동태 변화와 연관된 실험적 연구가 병행되어 습지생태계 내 생물적 요인에 의한 전반적인 미생물 먹이환 파악에 대한 연구가 수행되었으면 한다.

적 요

국제적 중요성을 가지는 우포 습지에서 강우량과 동물플랑크톤 동태 간의 상호관계를 파악하였다. 현장 조사는 우포 습지 내 조사지점에서 2002년 1월부터 2007년 12월까지 격주 간격으로 수행되었다. 조사기간 동안 연평균 강우량은 1,324 mm이었으며, 총 강우량은 2003년에 1,766 mm로 가장 높았던 반면 2005년에는 975 mm로 낮게 나타났다. 육수학적 요인(수온, 용존산소, pH, 전기전도도 그리고 탁도)은 여름의 강우량과 홍수에 의해 크게 영향을 받는 것으로 파악되었다. 동물플랑크톤 밀도와 총 강우량은 통계적으로 유의한 계절성과 연간변이성을 보였다(ANOVA, $P < 0.05$). 동물플랑크톤 밀도는 여름에 높고(평균±표준편차; $1,594 \pm 1,598$ Ind. L^{-1}) 겨울에 낮았으며(평균±표준편차; 246 ± 234 Ind. L^{-1}), 조사지점의 총 동물플랑크톤 밀도 중 47%가 여름에 출현하였다. 율충류의 계절적 변화는 전체 동물플랑크톤의 양상과 유사하였고 총 동물플랑크톤 밀도(연 평균: $398 \pm 1,139$ Ind. L^{-1} , $n=149$)의 약 65%를 율충류가 차지하였으며, 다음으로 지각류(65 ± 140 Ind. L^{-1}) 및 요각류(58 ± 84 Ind. L^{-1}) 순으로 나타났다. *Keratella cochlearis*, *Polyarthra* spp. 그리고 *Brachionus calyciflorus*와 같은 부유성 율충류는 겨울부터 봄까지 우점하였고 *Lecane* spp., *Monostyla* spp. 그리고 *Trichocerca* spp.와 같은 부착성 율충류는 주로 봄부터 가을에 걸쳐 출현하였다. 여러 환경요인 중 여름의 강우량 변동이 우포 습지의 동물플랑크톤 군집 동태의 특성 결정에 중요한 역할을 하는 것으로 사료된다.

사 사

본 연구논문은 국가 장기생태연구사업(2002~2007, 낙동강)의 지원으로 작성되었음.

인 용 문 헌

- 강호철, 주용규. 1999. 자연습지의 구조적 특성과 갈대 (*Phragmites japonica*)의 적정 생육 수심. 한국정원학회지 **17**: 191-200.
- 김한순. 1993. 창녕군 일대의 자연늪 및 저수지에 대한 담수조류의 분류생태학적 연구, 경북대학교, 대구.
- 김현우, 이학영. 2007. 하구연 댐 유무에 따른 강 생태계에서의 동물플랑크톤 동태의 차이. 한국육수학회지 **40**(2): 273-284.
- 도윤호, 장민호, 김동균, 주기재. 2007. 우포늪 범람에 의한 먼지벌레류(딱정벌레목, 딱정벌레과)의 다양성과 종조성 변화. 한국육수학회지 **40**: 346-351.
- Adrian, R., R. Deneke, U. Mischke, R. Stellmacher and P. Lederer. 1995. A long-term study of the Heiligensee (1975~1992): evidence for effects of climate change on the dynamics of eutrophied lake ecosystems. *Archiv für Hydrobiologie* **133**: 315-337.
- Allan, J.D. and M.M. Castillo. 2007. Stream Ecology. Springer, Dordrecht.
- Baek, S.Y. 1998. Ecological studies on the Upo Wetland. M.S. Thesis. Chung-Ang Univ.
- Bayly, I.A.E. 1992. The Non-marine Centropagidae (Copepoda: Calanoida) of the World. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World No.2. SPB Academic Publishing, The Hague.
- Burks, R.L., E. Jeppesen and D.M. Lodge. 2000. Chemicals from macrophytes and fishes suppress *Daphnia* growth and alter life history traits. *Oikos* **88**: 139-147.
- Chang, K.-H., H.-W. Kim, G.-H. La, K.-S. Jeong and G.-J. Joo. 2004. Prey preference of juvenile fish based on the laboratory experiments and its impact on zooplankton community of the Nakdong River. *Korean Journal of Limnology* **37**: 130-136.
- Chang, K.-H., S.-H. Choi, H.-W. Kim, K. Ha and G.-J. Joo. 1998. Seasonal changes of the zooplankton community in the Woopo Wetland. *Korean Journal of Limnology* **31**(4): 258-265.
- Einsle, U. 1993. Crustacea, Copepoda, Calanoida and Cyclopoida. Süßwasserfauna von Mitteleuropa, Vol. 8, Part 4-1. J. Fisher, Stuttgart.
- Joo, G.-J. 1990. Limnological studies of oxbow lakes in the southeastern United States: morphometry, physico-chemical characteristics and patterns of primary productivity. Univ. of Alabama Ph. D. Dissertation.
- Joo, G.-J. and D.A. Francko. 1995. Limnological characterization of the tristate oxbow wetland (Ohio, Indiana). *The Ohio Journal of Science* **95**: 316-320.
- Koste, W. 1978. Rotatoria. Die radertiere mitteleuropas. Uberordnung Monogononta: ein bestimmungswerk (German edition). Gebruder Borntraeger, Stuttgart.
- Koste, W. and R.J. Shiel. 1987. Rotifera from Australian inland waters II. Epiphanidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Invertebrate Taxonomy* **1**: 949-1021.
- Lau, S.S.S. and S.N. Lane. 2002. Nutrient and grazing factors in relation to phytoplankton level in a eutrophic shallow lake: the effect of low macrophyte abundance. *Water Research* **36**: 3593-3601.
- Maier, G. 1996. Copepod communities in lakes of varying trophic degree. *Archiv für Hydrobiologie* **136**: 455-465.
- Mitsch, W.J. and J.G. Grosselink. 2000. Wetlands. Elsevier Science, New York.
- Muzzaffar, S.B. and F.A. Ahmed. 2007. The effects of the flood cycle on the diversity and composition of the phytoplankton community of seasonally flooded Ramsar wetland in Bangladesh. *Wetlands Ecology and Management* **15**: 81-93.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* **13**: 131-144.
- Smirnov, N.N. and B.V. Timms. 1983. A revision of the Australian Cladocera (Crustacea). *Record of the Australian Museum Supplement* **1**: 1-132.
- Straile, D. 2000. Meteorological forcing of plankton dynamics in a large and deep continental European lake. *Oecologia* **122**: 44-50.
- Uhm, S.H. and S.J. Hwang. 2006. Zooplankton grazing on bacteria and factors affecting bacterial C-flux in lake Paldang ecosystem. *Korean Journal of Limnology* **39**(4): 424-434.
- Whitaker, V. and B. Matvienko. 1998. The denitrification potential and hydrological conditions in the wetlands of the Lobo reservoir. *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie* **26**: 1377-1380.

(Manuscript received 22 January 2010,
Revision accepted 2 March 2010)