

우포늪의 미소갑각류 군집 동태: 강우량 및 이화학적 요인이 미소갑각류 군집 분포에 미치는 영향

최종윤 · 김성기 · 나금환¹ · 정광석 · 김현우¹ · 김태규² · 주기재*

(부산대학교 생명과학과, ¹순천대학교 환경교육과, ²국립환경과학원)

Microcrustacean Community Dynamics in Upo Wetlands: Impact of Rainfall and Physico-chemical Factor on Microcrustacean Community. Choi, Jong-Yun, Seong-Ki Kim, Geung-Hwan La¹, Kwang-Seuk Jeong, Hyun-Woo Kim¹, Tae-Kyu Kim² and Gea-jae Joo* (Department of Biological Sciences, Pusan National University, Busan 609-735, Korea; ¹Department of Environmental Education, Suncheon National University, Suncheon 540-742, Korea; ²National Institute of Environmental Research, Incheon 404-708, Korea)

The relationships between environmental factors and the dynamics of the microcrustacean community, including planktonic or epiphytic cladocerans and copepods, were studied at Upo Wetlands from 2001 to 2010. Among 10 identified cladoceran taxon, epiphytic cladocerans (*Alona*, *Camptocercus*, *Simocephalus*, *Diaphanosoma*, *Sida*) and planktonic cladocerans (*Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Daphnia*, *Moina*, *Scapholeberis*) showed distinctive patterns in appearance throughout the year. Overall, epiphytic cladocerans were more abundant during the aquatic plant development season (May to Nov.), planktonic cladocerans were similarly distributed throughout the seasons, but showed a lower density than epiphytic cladocerans. The seasonal changes in copepods abundance showed a similar seasonal pattern when compared to epiphytic cladocerans. Planktonic cladocerans showed no significant relationship to rainfall and physico-chemical factors, while epiphytic cladocerans exhibited a distinct relationship with rainfall and water temperature ($n=120$, $p<0.01$), and a negative relationship with pH and conductivity ($n=120$, $p<0.05$). Among the epiphytic cladocerans, the *Alona* and *Diaphanosoma* showed a distinctive correlation with environmental factors, and their density was affected by rainfall and water temperature ($n=120$, $p<0.01$). Copepods had a positive relationship with rainfall ($n=120$, $p<0.01$) and water temperature ($n=120$, $p<0.05$). In conclusion, changes in rainfall and water temperature can affect the seasonal changes of microcrustacean community and abundance in Upo Wetlands.

Key words : microcrustacean, rainfall, physico-chemical factors, planktonic cladocerans, epiphytic cladocerans, Chydoridae

* Corresponding author: Tel: 051) 510-2258, Fax: 051) 583-0172, E-mail: jyc311@naver.com

서 론

강우량은 생태계의 주요 교란 요소로 작용하며, 특히 미소갑각류와 같은 물의 흐름에 민감한 생물 군집에게 뚜렷한 영향을 미친다(Campbell, 2002) 강의 경우 강우 발생 시 급격한 유량 발생과 함께 강에 서식하고 있는 생물군집에게 뚜렷한 영향을 미치지만, 습지의 경우 상대적으로 강우에 대한 영향이 적기 때문에 수생식물 및 다양한 생물이 서식하기에 적합하다(Denny, 1994). 우리나라는 여름에 강우가 집중되며, 그 외 계절에는 상대적으로 낮아 뚜렷한 계절성을 나타낸다(Jeong *et al.*, 2007). 수온, 용존산소, pH 및 전기전도도와 같은 이화학적 요인 또한 습지에서 서식하는 생물에 영향을 미치며(Arcifa *et al.*, 1986; Angeler *et al.*, 2002), 강우의 정도나 습지 특성에 따라 상이한 범위를 갖는다(Brinson, 1993). 특히 습지에 서식하는 수생식물은 이화학적 요인 변화에 뚜렷한 영향을 미치는데, 수표면에 우점한 부유식물의 경우 대기와 수체 간에 산소 유입을 차단하여 용존산소량을 감소시키며, 각종 이온들을 흡수하여 전기전도도를 낮게 하는 특징을 가진다. 따라서 강우와 이화학적 요인은 미소갑각류의 발생과 번성에 영향을 미치며, 이들의 분포를 결정짓는 중요한 요인으로 작용한다.

미소갑각류 군집은 수역의 특징에 따라 종조성 및 연중 군집 특성의 변화 등을 보이며, 수생식물이 발달된 얕은 수체에서 상대적으로 높은 종다양성을 보이는 것으로 알려져 있다(Diehl, 1992; Beaver *et al.*, 1998). 미소갑각류 군집 중 지각류는 서식 특성에 따라 부착성과 부유성 군집으로 구분할 수 있으며, 특히 부착성 지각류(*Alona*, *Diaphanosoma*, *Simocephalus* 등)는 수생식물에 부착할 수 있는 형태를 가지고 있으며, 수생식물이 우점하는 습지에서 높은 밀도를 가질 수 있다(Nicolle *et al.*, 2010). 또한 수생식물의 복잡한 구조는 어류와 같은 시각적 포식자의 포식활동을 제한하기 때문에(Burks, 2001), 이런 환경에서 어류의 주요 피식자인 미소갑각류는 높은 밀도로 분포할 수 있다. 요각류는 전형적인 부유성 군집에 속하며, 각 단계별로 섭식과 유영 패턴이 다르므로, 이들의 분포와 생태 또한 차이를 보이는 것으로 알려져 있다(Balcer *et al.*, 1984).

미소갑각류 군집에 대한 연구는 행동(Dini and Carpenter, 1992; Beklioglu *et al.*, 2008), 분포(Goulden, 1971; Havel *et al.*, 2009), 피식자-포식자 간의 상호 관계(Horpila *et al.*, 2000; Sakuma *et al.*, 2004; SAGRARIO and Balseiro, 2010) 등에 대해서 활발하게 진행되어 왔다(Red-

field, 1980; Depaggi, 1981; Bertrand *et al.*, 2011). 우리나라의 경우 강우가 여름에 집중되는 등, 계절적 변화가 매우 뚜렷한 편이며, 이는 담수생태계의 생물상 변화에 결정적인 영향을 미칠 것으로 사료된다. 또한 미소갑각류는 어류나 무척추동물의 주요 먹이원으로 활용되기 때문에, 미소갑각류와 강우 및 이화학적 요인 간의 관계를 파악하는 것은 습지의 생물상 예측이나 종다양성 확보 측면에서 매우 중요할 것으로 보인다. 따라서 본 연구에서는 수생식물이 잘 발달되어 있고 집수역의 강우나 강의 범람이 매우 중요한 우포늪에서 출현하는 미소갑각류 군집에 대해서 10년 동안(2001~2010)의 동태를 파악하고, 강우 및 이화학적 요인이 이들의 분포 변화에 미치는 영향을 파악하였다.

재료 및 방법

조사 지역인 우포늪은 국내 최대의 자연습지로 길이 3 km, 폭이 3.5 km, 면적은 303.2 ha로, 우포(1.3 km²), 목포(0.53 km²), 사지포(0.36 km²) 그리고 쪽지벌(0.14 km²)로 구성되어 있다. 우포늪은 평균 수심이 0.5 m로 4~10월에 걸쳐 수표면에 수생식물이 우점하는 특징을 가지고 있다. 특히 본 연구의 조사 지점은 개구리밭, 마름, 자라풀, 점정말, 붕어마름 등의 부유 및 침수식물이 분포하고 있으며, 특히 자라풀과 점정말이 높은 비율로 우점하고 있다.

이화학적 요인 측정 및 미소갑각류의 채집은 2001년 1월부터 2010년 12월까지 조사지점(35° 32' 29", 128° 24' 40")에서 월 1~2회 간격으로 수행하였다(Fig. 1). 수온, 용존산소 그리고 전기전도도(YSI DO Meter; Model 58), pH(Orion pH Meter; Model 58) 항목은 기계를 이용하여 현장에서 즉시 측정하였다. 미소갑각류는 조사 지점의 0.5 m 깊이에서 채수기를 이용하여 원수 8L를 채수하였으며, 채수 시 수생식물도 함께 채집하여 원수 안에서 털어줌으로써, 부유 및 부착성 군집이 함께 채집될 수 있게 하였다. 채수된 원수는 32 µm망목의 네트에 여과시켜 80~100 mL로 농축한 후 포르말린으로 고정하였다. 시료에서 계수된 미소갑각류 중 지각류는 종 및 속 수준까지 동정하였고, 요각류의 경우 성체(copepodid 포함) 및 유생의 생활사 단계에 따라 구분한 뒤 리터당 ind.수로 환산하였다(Mizuno and Takahashi, 1999). 미소갑각류의 군집동태에 대한 강우량의 영향을 파악하기 위해 우포늪과 인접한 강우측정소(밀양, 함천)에서 관측된 기상청 자료를 활용하였다.

자료의 통계적 분석은 SPSS (version 14)를 사용하여 강우량 및 이화학적 요인(수온, 용존산소량 그리고 pH, 전기전도도)과 미소갑각류 군집 간에 상관성을 분석하여

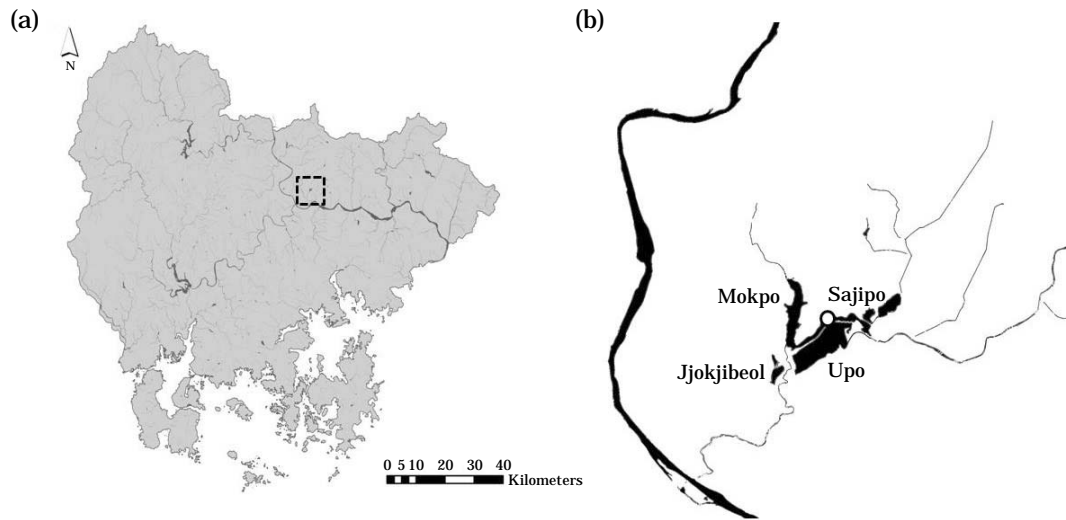


Fig. 1. Map showing the study area, (a) Gyeongsangnam-do and Upo Wetlands, (b) Upo Wetlands and study site (○).

Table 1. Monthly average of rainfall and physico-chemical parameters in Upo Wetlands during 2001~2010 (n=120, mean \pm sd).

Month	Rainfall (mm)	Water temperature (°C)	DO (mg L ⁻¹)	DO (%)	pH	Conductivity (μS cm ⁻¹)
Jan.	20.8±17.8	4.9±1.5	9.5±4.2	76.9±30.8	7.3±0.7	484±91
Feb.	41.5±27.9	7.3±2.5	13.2±14.1	74.6±22.3	7.3±0.6	432±85
Mar.	47.8±28.5	11.2±2.6	9.9±1.7	90.6±14.8	7.5±0.5	438±78
Apr.	78.3±45.1	18.4±2.4	9.6±2.2	102.3±23.8	7.8±0.6	427±77
May	119.1±58.0	22.3±2.8	6.9±1.3	79.4±17.2	7.5±0.6	372±108
Jun.	166.2±90.6	24.1±2.1	5.4±2.4	65.2±29.9	7.2±0.5	387±87
Jul.	327.6±155.6	25.7±2.1	5.2±5.6	37.9±18.9	6.9±0.4	258±80
Aug.	272.1±203.9	27.4±1.7	3.5±2.1	40.2±30.3	6.6±0.5	303±165
Sep.	140.7±101.2	24.1±1.9	3.0±1.6	36.5±20.3	6.9±0.3	292±122
Oct.	32.4±27.3	18.6±2.2	4.6±2.8	49.4±33.1	7.2±0.4	375±124
Nov.	23.6±20.9	11.2±1.5	8.3±3.3	75.6±30.2	7.4±0.5	428±90
Dec.	18.8±11.3	5.2±0.8	9.8±3.8	79.2±30.4	7.4±0.7	467±70

%; Percent saturation

상호 간의 관계를 규명하였다. 그러나 복수의 환경요인이 중복된 경우 해석이 불분명해지고 주요 요인을 평가하기 어려운 경우가 있기 때문에, 다중회귀분석을 추가적으로 수행하여 미소갑각류 군집 분포에 결정적으로 영향을 주는 요인에 대해 분석하였다.

결 과

조사기간 동안(2001~2010), 우포늪의 강우량과 이화학적 요인(수온, 용존산소, pH 그리고 전기전도도)은 뚜렷한 계절성을 나타냈다(Table 1). 평균 강우량은 5~9월에 약

100 mm 이상의 강우를 보였으며, 10~3월에는 약 50 mm 미만의 적은 강우량이 유지되었다. 특히 7월과 8월에는 각각 327 mm와 272 mm로 매우 높은 강우량을 보였으나, 8월의 경우 연간 강우량의 변화 폭이 매우 큰 것으로 나타났다. 수온은 4월부터 뚜렷하게 증가하여 5~9월에 평균 약 22°C 이상을 보였으며, 8월에는 평균 27°C 이상으로 가장 높았다. 겨울(12~2월) 동안에는 약 5~7°C 내외로 다소 낮은 수온을 유지하였다. 월 평균 용존산소 농도는 봄, 가을 그리고 겨울에는 여름 기간보다 상대적으로 높았으나, 수온이 증가하고 수생식물이 고밀도로 성장하는 6~10월에는 3.0~5.4 mg L⁻¹로 낮았으며 산소포화도 또한 유사한 경향을 나타내었다. pH의 경우 다른 이화학적 요인보

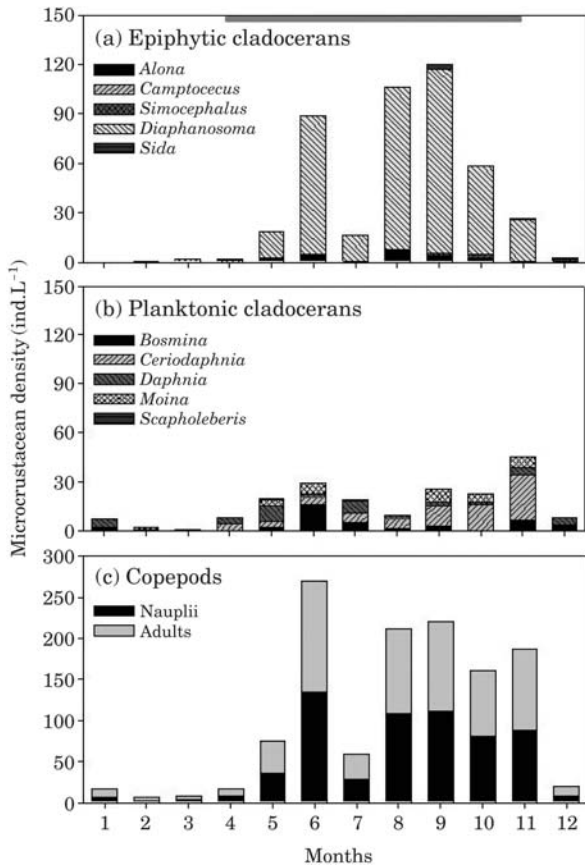


Fig. 2. Monthly changes of microcrustacean abundance (density and error bars) during 2001~2010. (a) Epiphytic cladocerans, (b) Planktonic cladocerans, (c) Copepods. Gray bar is dominated period of aquatic plants

다 월 평균 변화가 가장 작았으며, 약 7.0 정도를 나타냈다. 전기전도도의 경우 강우가 빈번한 5~9월에는 258~387 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 으로 낮은 값을 나타냈고, 11월부터 4월까지의 다소 높은 427~484 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 의 범위를 유지하였다.

우포늪에서 출현한 미소갑각류 중 지각류는 총 4과 10속이 동정되었으며, 이 중 부착성 지각류는 *Alona*, *Camptocercus*, *Simocephalus*, *Diaphanosoma*, *Sida* 등 5속, 부유성 지각류는 *Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Daphnia*, *Moina*, *Scapholeberis* 등 5속이다. 지각류 군집은 뚜렷한 계절성을 나타냈으며, 서식형태(부유성 그리고 부착성)에 따라 매우 상이한 분포를 보였다(Fig. 2). 부착성 지각류는 수생식물이 우점하는 시기(5~11월)에 평균 62 ind.L⁻¹로 높은 밀도를 보였으며, 수생식물의 현존량이 상대적으로 적은 12~4월까지의 낮은 밀도를 나타내었다(Fig. 2a). 부착성 지각류의 분류군 중, *Diaphanosoma*는 가장 우점하였으며, 그 외 부착성 지각류는 상대적으로 낮은 밀도를 나타내었다. 부유성 지각류는 부착성 지각류보다 전체적으로 낮은 밀도를 보였으며, 부착성 지각류와 마찬가지로 수생식물이 우점하는 시기에 평균 24.4 ind.L⁻¹로 높은 밀도를 보였으나 차이는 미미하였다(Fig. 2b). 부유성 지각류의 분류군은 12~7월까지 비슷한 분포를 나타냈으나, 8~11월까지의 *Ceriodaphnia*가 주로 우점하는 경향을 보였다. 요각류 군집 또한 수생식물이 우점하는 시기에 높은 밀도를 보였으며, 성체와 유생의 비율은 매우 비슷했다(Fig. 2c).

부유성 지각류는 강우량 및 이화학적 요인과 상관성이 낮았으나, 부착성 지각류는 강우량 및 수온과 뚜렷한 양의

Table 2. Pearson correlation between rainfall, environmental factors and microcrustacean abundance.

Type	Groups	Rainfall (mm)	Water temperature (°C)	DO (mg L ⁻¹)	DO (%)	pH	Conductivity ($\mu\text{S cm}^{-1}$)
Epiphytic cladocerans	<i>Alona</i>	0.321**	0.302**	-0.150	-0.096	-0.237	-0.295**
	<i>Camptocercus</i>	-0.064	0.115	-0.068	0.048	0.090	0.012
	<i>Simocephalus</i>	-0.060	-0.006	-0.135	-0.207*	-0.014	-0.064
	<i>Diaphanosoma</i>	0.297**	0.287**	-0.130	-0.075	-0.172	-0.188*
	<i>Sida</i>	0.055	0.050	-0.082	-0.114	-0.023	-0.113
	Total epiphytic	0.309**	0.300**	-0.141	-0.085	-0.181*	-0.205*
Planktonic cladocerans	<i>Bosmina</i>	0.010	0.140	-0.055	-0.019	0.084	0.007
	<i>Ceriodaphnia</i>	-0.022	0.064	-0.080	-0.066	-0.001	-0.095
	<i>Daphnia</i>	0.019	0.054	-0.022	0.036	0.123	0.058
	<i>Moina</i>	-0.019	0.125	0.113	0.092	0.080	-0.070
	<i>Scapholeberis</i>	0.008	0.066	-0.020	0.006	0.023	-0.030
	Total planktonic	-0.010	0.131	-0.051	-0.018	0.080	-0.059
Copepods	Adults	0.150	0.213*	-0.151	-0.123	-0.083	-0.215*
	Nauplius	0.153	0.290**	-0.150	-0.151	-0.043	-0.218*
	Total copepods	0.194*	0.324**	-0.192*	-0.176	-0.079	-0.277**

** : P < 0.01, * : P < 0.05, % : Percent saturation

Table 3. Input variable selection in multiple regression analysis. The values in the table are t-test results ($\alpha=0.05$) related to the corresponding environmental variable, as used in multiple regression analysis.

Type	Groups	Rainfall (mm)	Water temperature (°C)	DO (mg L ⁻¹)	DO (%)	pH	Conductivity (μS cm ⁻¹)
Epiphytic cladocerans	<i>Alona</i>	3.641**	-	-	-	-	-
	<i>Camptocercus</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Simocephalus</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Diaphanosoma</i>	3.331**	-	-	-	-	-
	<i>Sida</i>	-	-	-	-	-	-
	Total epiphytic	3.479**	-	-	-	-	-
Planktonic cladocerans	<i>Bosmina</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Ceriodaphnia</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Daphnia</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Moina</i>	-	-	-	-	-	-
	<i>Scapholeberis</i>	-	-	-	-	-	-
	Total planktonic	-	-	-	-	-	-
Copepods	Adult	-	-	-	-	-	-2.344*
	Nauplius	-	3.214**	-	-	-	-
	Total copepods	-	3.626**	-	-	-	-

** : P < 0.01, * : P < 0.05

상관관계를 나타냈으며 (n=120, p<0.01), pH 및 전기전도도와 음의 상관관계를 보였다 (n=120, p<0.05) (Table 2). 부착성 지각류 중, *Alona*와 *Diaphanosoma*가 강우량, 수온 및 전기전도도와 뚜렷한 상관성을 나타냈으며 (n=120, p<0.01), 다른 부착성 지각류는 강우량 및 이화학적 요인과 상관성이 없었다. 요각류 군집은 강우량 및 수온과 양의 상관관계를 보였으며, 용존산소 및 전기전도도와 음의 상관관계를 나타냈다.

강우량 및 이화학적 요인 중 어떤 요인이 미소갑각류 분포에 가장 많은 영향을 주고 있는지를 파악하기 위해 다중회귀분석을 이용하여 분석한 결과, 부유성 지각류의 분포에 강우량 및 이화학적 요인이 미치는 영향은 적었으나, 부착성 지각류 분포에는 강우량이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 분석되었다 (Table 3). 요각류 군집은 수온이 이들의 분포에 가장 많은 영향을 미쳤으며, 요각류 유생 또한 같은 결과를 보였으나 요각류 성체는 이와 다르게 전기전도도의 영향을 가장 많이 받는 것으로 나타났다.

고찰

우포늪에서 발생된 강우량은 미소갑각류 분포와 뚜렷한 상관성을 가지는 것으로 분석되었다. 여름 시기에 강과 같은 유수생태계에서 발생한 집중 강우와 높은 유량은 대부분의 미소갑각류 밀도를 감소시키지만 (Kim *et al.*, 2005), 우포늪에서 출현한 미소갑각류 군집 중 부착

성 지각류는 강우량이 증가된 시기 (5~9월)에 높은 밀도를 나타냈다. 이는 부착성 지각류가 서식하고 있는 환경 특성 때문이며, 부착성 지각류는 수생식물에 부착된 형태로 서식하기 때문에 (Nicolle *et al.*, 2010) 많은 강우 발생에도 불구하고 높은 밀도를 유지할 수 있는 것으로 사료된다. 요각류 군집 또한 강우 발생 시 저층으로 이동하는 경향을 가지며 (Ueda *et al.*, 2004), 상대적으로 유영능력이 뛰어나 포식자에 대한 빠른 회피 기작으로 많은 강우 발생 시에도 높은 밀도를 유지할 수 있다 (Buskey *et al.*, 2011). 또한 미소갑각류 군집은 보통 수온과 밀접한 연관을 가지며 겨울에서 봄에 수온이 증가되기 시작한 시기 (4~5월)에 높은 밀도를 유지하는 것으로 알려져 있다 (Gillooly, 2000). 지각류 군집의 휴면란 발아 또한 수온과 매우 밀접한 연관을 가지며 (Vandekerkhove *et al.*, 2005), 이들의 무성생식 또한 높은 수온에서 활발하게 진행된다 (De Eyto and Irvine, 2001). 본 연구에서 조사된 우포늪 또한 수온이 증가된 시기 (4~10월)에 높은 미소갑각류 밀도를 보였으며, 특히 부착성 지각류 (*Alona*, *Diaphanosoma*)가 수온과 높은 상관성을 보였다.

우포늪에서 출현한 미소갑각류 중, 부유성 지각류의 밀도는 상대적으로 낮았으며, 부착성 지각류와 같이 수생식물에 부착된 형태로 서식하는 종의 출현빈도가 다소 높은 것으로 나타났다. 수생식물 군락은 미소갑각류뿐만 아니라 미소갑각류의 포식자인 무척추동물과 치어의 공동 서식처로 활용되며 (Cattaneo *et al.*, 1998), 이로 인해 미소갑각류는 포식자의 포식활동에 영향을 받을 수 있다.

특히 지속적인 움직임을 보이는 부유성 군집은 상대적으로 탐색이 용이하기 때문에 (Dini and Carpenter, 1992), 부착성 군집보다 낮은 밀도를 보이게 된다. 본 연구에서 수생식물의 밀도가 높은 시기에 부유성 지각류가 부착성 지각류보다 낮은 밀도를 나타낸 것 또한 같은 이유로 설명될 수 있다. 부착성 지각류는 수생식물의 줄기나 뿌리 표면에 붙어서 서식하며, 상대적으로 적은 움직임을 가지기 때문에 포식자의 탐색으로부터 회피할 수 있다. 따라서 수생식물이 발달된 환경에서는 일반적으로 부착성 군집의 밀도가 높으며 (Maruyama *et al.*, 2001), 이들은 강 및 호수와 다르게 (부유성 군집이 우점하는 환경) 먹이망에서 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 특히 부착성 지각류 중 가장 우점된 *Diaphanosoma*는 다른 부착성 지각류보다 많은 부속기관을 가지고 있어 수생식물에 효과적으로 부착할 수 있기 때문에 (Korovchinsky, 1981), 가장 높은 밀도를 보인 것으로 사료된다. *Diaphanosoma*와 같은 과인 *Sida crystallina*는 어류와 같은 포식자를 피하기 위해 수생식물을 매우 효율적으로 이용하는 것으로 알려져 있으나 (Nurminen, 2007), 본 연구에서 *Sida*는 낮은 밀도를 나타냈다.

결과적으로 우포늪에서 측정된 강우 및 이화학적 요인은 미소갑각류 군집과 밀접한 관계를 보이는 것으로 평가되었으며, 이 중 특히 부착성 지각류와 요각류가 강우량 및 수온 등과 뚜렷한 상관성을 나타냈다. 특히 부속기관이 발달된 *Alona*와 *Diaphanosoma*는 다른 부착성 지각류보다 효과적으로 수생식물을 이용할 수 있기 때문에 많은 강우 발생 시에도 높은 밀도를 유지할 수 있다. 그러나 요각류는 수생식물의 이용보다는 빠른 유영능력을 가지기 때문에 강우와 같은 교란에도 높은 밀도를 가질 수 있는 것으로 사료된다. 부착성 지각류와 요각류 외에 부유성 지각류의 경우 어떤 요인이 이들의 밀도에 영향을 미치는지에 대해서는 본 연구에서 증명되지 않았으므로 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

적 요

미소갑각류 군집과 이화학적 요인 간의 관계를 파악하기 위해 우포늪에서 2001년부터 2010년 동안 2주 간격으로 조사를 수행하였다. 조사 시간 동안, 총 10속의 지각류가 동정되었으며, 서식 형태에 따라 구분된 부착성 지각류 (*Alona*, *Camptocercus*, *Simocephalus*, *Diaphanosoma*, *Sida*)와 부유성 지각류 (*Bosmina*, *Ceriodaphnia*, *Daphnia*, *Moina*, *Scapholeberis*)의 연 출현이 매우 상이

한 것으로 나타났다. 부유성 지각류는 봄과 가을 시기에 높은 밀도로 나타났으며, 부착성 지각류는 여름 시기에 상대적으로 높은 밀도를 보였다. 요각류 성체와 유생 또한 부착성 지각류와 유사한 계절적 분포 경향을 나타내었다. 부유성 지각류는 강우량과 이화학적 요인과 상관성을 보이지 않았으나, 부착성 지각류는 이화학적 요인 중 수온과 뚜렷한 상관성을 보였다 ($n=120$, $p<0.01$). 특히 부착성 지각류 중 *Chydoridae*는 강우량 및 수온과 양의 상관관계를 ($n=120$, $p<0.01$), 용존산소와 전기전도도와는 음의 상관관계를 나타냈다 ($n=120$, $p<0.05$). 요각류 군집은 강우량 ($n=120$, $p<0.01$) 및 수온 ($n=120$, $p<0.05$)과 양의 상관관계를 나타내었다. 결론적으로 우포에서 강우량은 미소갑각류 군집 분포를 결정하는 매우 중요한 요인인 것으로 파악되었다.

사 사

본 연구논문은 국가 장기생태연구사업 (2005~2010, 낙동강)의 지원으로 작성되었다.

인 용 문 헌

- Angeler, D.G., M. Alvarez-Cobelas, S. Sanchez-Carrillo and M.A. Rodrigo. 2002. Assessment of exotic fish impacts on water quality and zooplankton in a degraded semi-arid floodplain wetland. *Aquatic Sciences* **64**: 76-86.
- Arcifa, M.S., T.G. Northcote and O. Froehlich. 1986. Fish-zooplankton interactions and their effects on water quality of a tropical Brazilian reservoir. *Hydrobiologia* **139**: 49-58.
- Balcer, M.D., N.L. Korda and S.I. Dodson. 1984. Zooplankton of the Great Lakes: A guide to the identification and ecology of the common crustacean species. University of Wisconsin Press, Wisconsin.
- Beaver, J.R., A.M. Miller-Lemke and J.K. Acton. 1998. Midsummer zooplankton assemblages in four types of wetlands in the Upper Midwest, USA. *Hydrobiologia* **380**: 209-220.
- Beklioglu, M., A.G. Gozen, F. Yildirim, P. Zorlu and S. Onde. 2008. Impact of food concentration on diel vertical migration behaviour of *Daphnia pulex* under fish predation risk. *Hydrobiologia* **614**: 321-327.
- Bertrand, M., G. Cabana, D.J. Marcogliese and P. Magnan. 2011. Estimating the feeding range of a mobile consumer in a river-flood plain system using delta (^{13}C) gradients

- and parasites. *Journal of Animal Ecology* **80**: 1313-1323.
- Brinson, M.M. 1993. Changes in the functioning of wetlands along environmental gradients. *Wetlands* **13**: 65-74.
- Burks, R.L., E. Jeppesen and D.M. Lodge. 2001. Littoral zone structures as *Daphnia* refugia against fish predators. *Limnology and Oceanography* **46**: 230-237.
- Buskey, E.J., P.H. Lenz and D.K. Hartline. 2011. Sensory perception, neurobiology and behavioral adaptations for predator avoidance in planktonic copepods. *Adaptive Behavior* **20**: 3-9.
- Campbell, C.E. 2002. Rainfall events and downstream drift of microcrustacean zooplankton in a Newfoundland boreal stream. *Canadian Journal of Zoology-Revue Canadienne De Zoologie* **80**: 997-1003.
- Cattaneo, A., G. Galanti, S. Gentinetta and S. Romo. 1998. Epiphytic algae and macroinvertebrates on submerged and floating-leaved macrophytes in an Italian lake. *Freshwater Biology* **39**: 725-740.
- De Eyto, E. and K. Irvine. 2001. The response of three Chydorid species to temperature, pH and food. *Hydrobiologia* **459**: 165-172.
- Denny, P. 1994. Biodiversity and wetlands. *Wetlands Ecology and Management* **3**: 55-61.
- Depaggi, S.J. 1981. Temporary variations and horizontal distribution of the zooplankton of some secondary rivers of the middle Parana river. *Studies on Neotropical Fauna and Environment* **16**: 185-199.
- Diehl, S. 1992. Fish predation and benthic community structure: the role of omnivory and habitat complexity. *Ecology* **73**: 1646-1661.
- Dini, M.L. and S.R. Carpenter. 1992. Fish predators, food availability and diel vertical migration in *Daphnia*. *Journal of Plankton Research* **14**: 359-377.
- Gillooly, J.F. 2000. Effect of body size and temperature on generation time in zooplankton. *Journal of Plankton Research* **22**: 241-251.
- Goulden, C. 1971. Environmental control of the abundance and distribution of the Chydorid Cladocera. *Limnology and Oceanography* **16**: 331-333.
- Havel, J.E., K.A. Medley, K.D. Dickerson, T.R. Angradi, D.W. Bolgrien, P.A. Bukaveckas and T.M. Jicha. 2009. Effect of main-stem dams on zooplankton communities of the Missouri River (USA). *Hydrobiologia* **628**: 121-135.
- Horppila, J., J. Ruuhijarvi, M. Rask, C. Karppinen, K. Nyberg and M. Olin. 2000. Seasonal changes in the diets and relative abundances of perch and roach in the littoral and pelagic zones of a large lake. *Journal of Fish Biology* **56**: 51-72.
- Jeong, K.S., D.K. Kim and G.J. Joo. 2007. Delayed influence of dam storage and discharge on the determination of seasonal proliferations of *Microcystis aeruginosa* and *Stephanodiscus hantzschii* in a regulated river system of the lower Nakdong River (South Korea). *Water Research* **41**: 1269-1279.
- Kim, D.K., H.W. Kim, G.Y. Kim, Y.S. Kim, M.C. Kim, K.S. Jeong and G.J. Joo. 2005. Prolonged turbidity of the lower Nakdong River in 2003. *Korea Journal of Limnology* **38**: 44-53.
- Korovchinsky, N. 1981. Taxonomic and faunistic revision of Australian *Diaphanosoma* (Cladocera: Sididae). *Marine and Freshwater Research* **32**: 813-831.
- Maruyama, A., Y. Yamada, M. Yuma and B. Rusuwa. 2001. Stable nitrogen and carbon isotope ratios as migration tracers of a landlocked goby, *Rhinogobius* sp (the orange form), in the Lake Biwa water system. *Ecological Research* **16**: 697-703.
- Mizuno, T. and E. Takahashi. 1999. An illustrated guide to freshwater zooplankton in Japan. Tokai University Press.
- Nicolle, A., L.A. Hansson and C. Bronmark. 2010. Habitat structure and juvenile fish ontogeny shape zooplankton spring dynamics. *Hydrobiologia* **652**: 119-125.
- Nurminen, L., J. Horppila and Z. Pekcan-hekim. 2007. Effect of light and predator abundance on the habitat choice of plant-attached zooplankton. *Freshwater Biology* **52**: 539-548.
- Redfield, G.W. 1980. The effect of zooplankton on phytoplankton on phytoplankton productivity in the epilimnion of a subalpine lake. *Hydrobiologia* **70**: 217-224.
- Sagrario, M.D.G. and E. Balseiro. 2010. The role of macroinvertebrates and fish in regulating the provision by macrophytes of refugia for zooplankton in a warm temperate shallow lake. *Freshwater Biology* **55**: 2153-2166.
- Sakuma, M., T. Hanazato, A. Saji and R. Nakazato. 2004. Migration from plant to plant: an important factor controlling densities of the epiphytic cladoceran *Alona* (Chydoridae, Anomopoda) on lake vegetation. *Limnology* **5**: 17-23.
- Ueda, H., A. Terao, M. Tanaka, M. Hibino and M.S. Islam. 2004. How can river-estuarine planktonic copepods survive river floods? *Ecological Research* **19**: 625-632.
- Vandekerckhove, J., S. Declercq, L. Brendonck, J.M. Conde-Porcuna, E. Jeppesen and L. De Meester. 2005. Hatching of cladoceran resting eggs: temperature and photoperiod. *Freshwater Biology* **50**: 96-104.

(Manuscript received 18 May 2012,
Revised 14 June 2012,
Revision accepted 18 August 2012)