Korean J. Environ. Biol. 30 (1) : 64~70 (2012)

영산강, 섬진강 유역권내 29개 정수생태계의 동물플랑크톤 군집 크기 구조(2010～2011)

김현우* · 라긍환 · 박종환[1] · 송효정[1] · 황경섭[1] · 임병진[1] · 이학영[2]

순천대학교, 사범대학 환경교육과, [1]국립환경과학원, 영산강물환경연구소
[2]전남대학교, 자연과학대학 생물학과

Community Size Structure of Zooplankton Assemblages in 29 Lentic Ecosystems on the Youngsan-Seomjin River Basin (2010～2011)

Hyun-Woo Kim*, Geung-Hwan La, Jong-Hwan Park[1], Hyojeong Song[1], Kyung-Sub Hwang[1], Byung-Jin Lim[1] and Hak Young Lee[2]

Department of Environmental Education, Sunchon National University, Suncheon 540-742, Korea
[1]Yeongsan River Environmental Research Center, Gwangju 500-480, Korea
[2]Department of Biological Science, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract − This study compares the abundance and community structure of zooplankton organisms from the littoral and pelagic regions, and considers particularly trophic levels vs. zooplankton abundances. Zooplankton samples, collected every 3 months over a year from 2010 to 2011 at 29 temperate lakes and reservoirs, which belong to two different river basins (Youngsan and Seomjin River). The spatial pattern of rotifers was similar to that of total zooplankton abundance. This reflected the fact that rotifers strongly dominated the zooplankton community. There were considerable spatial variations in total zooplankton abundance (ANOVA, $p < 0.01$), while there were no significant differences both in littoral and pelagic regions in abundance of zooplankton (ANOVA, $p = 0.205$). The mean abundance of zooplankton in eutrophic systems was much higher than that of mesotrophic systems, while significant difference in number of species and diversity index were not shown in both trophic systems.

Key words : zooplankton, pelagic region, trophic system, diversity, spatial variation

서 론

호소생태계의 서식환경 차이는 부유생물의 분포와 성장에 영향을 미치는 것으로 알려져 왔다(Bonecker *et al.* 2007). 특히, 동물플랑크톤은 호소의 영양단계 및 화학인자에 민감하게 반응하는 것으로 보고되어져 있다(Marcus 2004). 동물플랑크톤 군집구조, 밀도 및 종조성의 시 · 공간적 변화는 수생태계에서 발생되는 다양한 현상 파악을 위한 중요한 생물인자로 활용되며, 담수 자원의 지속적인 관리에 필수적인 정보를 제공하기도 한다(Etilé *et al.* 2009).

수생태계에서 에너지 흐름에 주요한 연결고리 역할을 하는 동물플랑크톤의 분포에 관한 연구는 해양과 담수

* Corresponding author: Hyun-Woo Kim, Tel. 061-750-3384, Fax. 061-750-3308, E-mail. hwkim@sunchon.ac.kr

환경에서 지속적으로 진행되어 오고 있다(Pomeroy and Wiebe 1988; Šimek *et al.* 1998; Jürgens and Jeppesen 2000). 대표적인 예로, 동물플랑크톤 군집 중 개체군의 특성과 연관된 일주기성 수직이동에 따른 수심별 분포변화가 정수생태계를 중심으로 활발하게 이루어지고 있다(Lagergen *et al.* 2008). 아울러 호소 내 동물플랑크톤 밀도의 불균형적 분포 또한 많은 연구가 이루어져 왔다(La *et al.* 2008). 그러나 국내의 경우 상수원수로 중요한 대표적인 대형호수 외에는 다양한 호소 시스템에서 서식환경에 따른 동물플랑크톤 군집구조 등에 대한 비교 연구는 매우 제한적인 편이다(Kim *et al.* 2010). 호소생태계에서 동물플랑크톤 군집에 영향을 미칠 수 있는 요인으로 기후, 호소면적 그리고 위도변화에 의한 수온 등을 들 수 있다(Gillooly and Dodson 2000; Havens *et al.* 2007; Havens and Beaver 2011). 아울러 동물플랑크톤을 섭식하는 포식자의 분포여부 또한 중요한 요소로 작용하며, 호소 가장자리에 분포하는 수생식물의 종류와 밀도에 따라 동물플랑크톤의 종조성과 분포특성이 변화하기도 하는 것으로 알려져 있다(Schriver *et al.* 1995; Burks *et al.* 2001).

국내 호소는 수위변동에 따라 연중 수변부의 서식환경이 크게 영향을 받고 연쇄적으로 동물플랑크톤의 군집조성이 변화할 가능성이 높다. 특히, 인위적으로 조성된 정수생태계의 대부분을 차지하고 있는 농업용 저수지 및 호수들에서 동물플랑크톤에 대한 상호 비교 연구결과는 미흡한 실정이다(Kim *et al.* 2010). 따라서, 본 연구의 목적은 영산강·섬진강 유역권내에 위치한 다양한 정수생태계에서 호소 가장자리의 연안대와 중심부인 개방대에서의 동물플랑크톤 분포 변화와 호소의 영양단계별 동물플랑크톤의 군집구조 특성에 대해서 비교 평가를 하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 시기

조사지점은 전라남도와 광주광역시 지역권에 분포하는 농·공업, 생활 및 유지용수로 활용되는 만수위 수표면적 50만 m^2 이상의 29개 호소에서 45개 지점을(개방대: 21지점, 연안대: 24지점) 선정하였다(Fig. 1). 각 호소별 동물플랑크톤 채집은 2010년 3월부터 2011년 10월까지 분기별로 총 8회 실시하였다.

2. 기상현황 및 육수학적 자료

각 호소별 기후 환경은(기온 및 강우량; 1981～2011년 자료) 영산강·섬진강 수계 내 기상현황을 대표할 수 있는 6개소(순천, 광주, 목포, 고흥, 장흥, 해남)의 기상청 자료를 활용하였다. 29개 호소의 기초 육수학적 요인은(수온, pH, DO, Chl. *a*, TN, TP; 2008～2011년 자료) 물환경정보시스템 자료를 활용하였다.

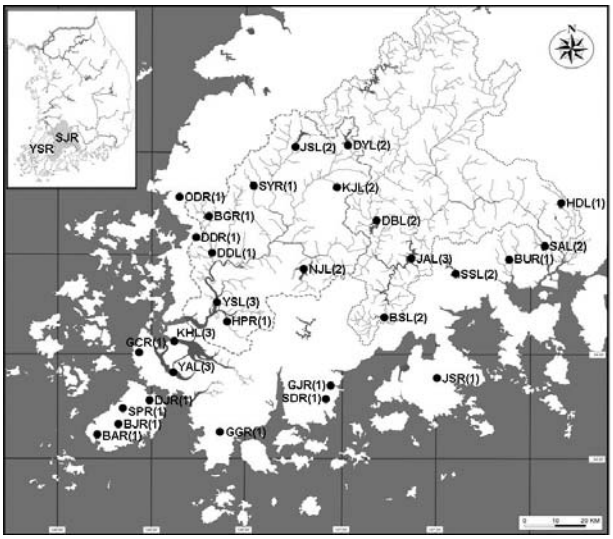

Fig. 1. Map showing the study site (●) in the southwestern parts of Korea (1～3 indicates sampled sites) (YSR: Youngsan River Basin, SJR: Seomjin River Basin, other sites see abbreviation in Table 1).

3. 동물플랑크톤 채집 및 동정

동물플랑크톤 채집은 60 μm 망목(Wildco 48 C60)을 이용하여 지점별로 각각 20 L를 필터 후 10% sucrose-포르말린으로(4% 최종농도) 시료를 고정하였다. 대형 동물플랑크톤은(요각류와 지각류) ×25～50배율의 도립현미경에서 계수를 하였으며, 소형 동물플랑크톤은(윤충류) ×100～400배율에서 계수하였다. 분류는 속 또는 종 범위에 한해 분류하였으며 Koste (1978), Smirnov and Timms (1983), Einsle (1993)의 분류키를 따라 동정하였다.

4. 통계분석 및 영양단계 평가

동물플랑크톤 종조성, 밀도와 호소의 육수학적 요인간의 특성 간의 관계는 SPSS for Win 14.0의 통계분석 프로그램을 이용하여 분석하였다. 계수된 각 종별 동물플랑크톤 밀도를 이용하여 Berger-Parker 우점도 지수를 산출하였다. 다양도 지수는 Shannon-Weaver function (H′)을 이용하였다. 영양단계 평가는 수정된 Carlson 지표(TSIm)의 평가 기준에 따라 총인과 Chl. *a* 농도를 이용하여 TSIm 지수를 산정하였고, 산정된 지수들의 평균값으로

영양단계를 평가하였다.

$$TSIm(TP)=10\times2.46+\frac{6.71+1.15\times\ln(TP)}{\ln2.5}$$

$$TSIm(Chl.\ a)=10\times2.46+\frac{\ln(Chl.\ a)}{\ln2.5}$$

결과 및 토의

1. 기상현황 및 육수학적특성

지난 31년간 영산강·섬진강 수계내 조사지역의 연평균 기온은 13.3±9.3℃이며, 최저 평균 기온은 −0.9℃ (1월) 최고기온은 25.5℃ (8월)인 것으로 파악되었다 (Fig. 2). 연 총 강우량은 약 1,422 mm이었으며, 6월～8월 여름기간 동안 총 강우량의 약 57% 이상이 집중되었고 겨울기간 동안에는 낮은 강우량을 나타내었다. 월평균 최소, 최대 강수량은 각각 18.4 mm (1월), 307.2 mm (7월)이었다 (Fig. 2). 기상청의 지난 30년간 국내 평균 강수량은 약 1,320 mm로 본 조사지역의 연평균 강수량이 다소 높은 것으로 평가되었다. 지난 4년간 (2008～2011) 29개 호소의 기초 육수학적 요인은 상이한 것으로 파악되었다 (Table 1). 평균 수온은 호소별로 12.2℃ (담양호)～19.6℃ (수양제) 범위이며 조사지점 간 연평균 약 7.4℃의 차이

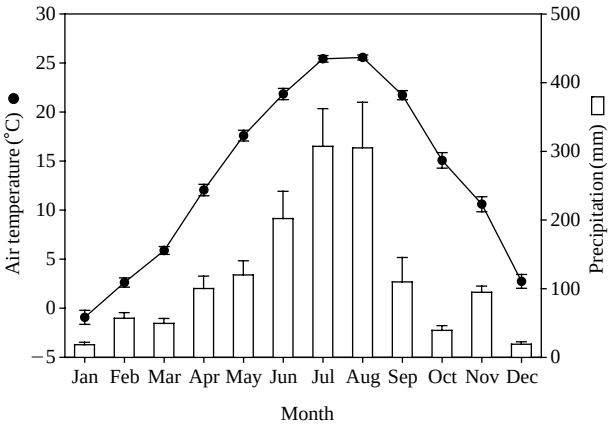

Fig. 2. Monthly changes of mean air temperature and precipitation during last 31 years (1981～2011).

Table 1. Annual means of limnological parameters in the study sites during 2008～2011

Lakes and Reservoirs (Abbreviation)	Water temperature (℃)	pH	Dissloved oxygen (mg L^{-1})	Chl. *a* (μg L^{-1})	Total nitrogen (mg L^{-1})	Total phosphorus (mg L^{-1})
Jangseong lake (JSL)	13.1	7.74	8.40	4.96	1.01	0.06
Damyang lake (DYL)	12.2	7.33	9.39	2.98	1.06	0.01
Kwangju lake (KJL)	16.0	7.76	10.00	4.61	1.58	0.06
Naju lake (NJL)	14.3	7.75	8.89	5.40	0.83	0.02
Daedong lake (DDL)	15.0	7.16	7.52	1.50	2.11	0.11
Youngsan lake (YSL)	16.3	7.71	9.10	10.38	3.42	0.12
Kumho lake (KHL)	16.2	8.21	9.71	11.71	0.95	0.04
Yeongam lake (YAL)	15.6	8.17	8.54	10.04	1.30	0.04
Bulgap reservoir (BGR)	17.6	7.83	8.47	6.93	1.15	0.04
Daedong reservoir (DDR)	16.3	7.88	8.47	12.70	1.66	0.05
Suyang reservoir (SYR)	19.6	8.13	8.27	19.16	1.71	0.04
Odong reservoir (ODR)	16.6	7.65	8.43	18.59	1.50	0.06
Gaecho reservoir (GCR)	−	7.63	−	37.34	3.45	0.10
Hakpar reservoir (HPR)	17.3	7.65	7.97	16.02	1.22	0.05
Dunjeon reservoir (DJR)	17.3	7.53	7.20	25.76	1.26	0.07
Bojeon reservoir (BJR)	−	7.94	−	33.97	1.00	0.05
Bongam reservoir (BAR)	17.3	7.54	7.47	11.36	1.20	0.04
Baegun reservoir (BUR)	18.3	7.47	8.83	7.72	1.20	0.02
Jangsu reservoir (JSR)	16.3	8.10	8.37	58.64	2.78	0.06
Sudong reservoir (SDR)	18.6	7.99	8.90	11.21	1.04	0.06
Gijeong reservoir (GJR)	18.0	7.76	8.73	29.23	1.44	0.05
Gungok reservoir (GGR)	17.0	7.77	8.63	18.20	1.54	0.04
Sopo reservoir (SPR)	17.0	8.13	8.67	19.83	1.93	0.05
Sangsa lake (SSL)	13.5	7.48	9.85	4.98	0.97	0.02
Juam lake (JAL)	13.4	7.40	9.30	5.80	0.81	0.03
Boseong lake (BSL)	16.1	8.13	8.25	10.23	0.94	0.03
Suah lake (SAL)	14.6	7.63	9.20	4.75	1.38	0.03
Dongbok lake (DBL)	12.8	7.43	8.76	5.00	0.82	0.01
Hadong lake (HDL)	17.7	8.08	10.47	10.30	0.67	0.03

−: no information

를 나타내었다. 수소이온농도(pH)의 호소별 연평균은 약 7.16～8.21로 지점 간 변이는 다소 낮은 것으로 파악되었다. 용존산소(최소: 7.20 mg L^{-1}, 최대: 10.47 mg L^{-1}), 총질소(최소: 0.67 mg L^{-1}, 최대: 3.45 mg L^{-1}) 및 총인(최소: 0.01 mg L^{-1}, 최대: 0.12 mg L^{-1})의 호소별 연평균 차이는 상이한 것으로 나타났다(Table 1). 특히 호소별 연평균 Chl. *a* 농도 범주는 약 1.5 μg L^{-1}～58.6 μg L^{-1}으로 지점 간 현저한 차이를 나타내었다. 조사기간 동안 각

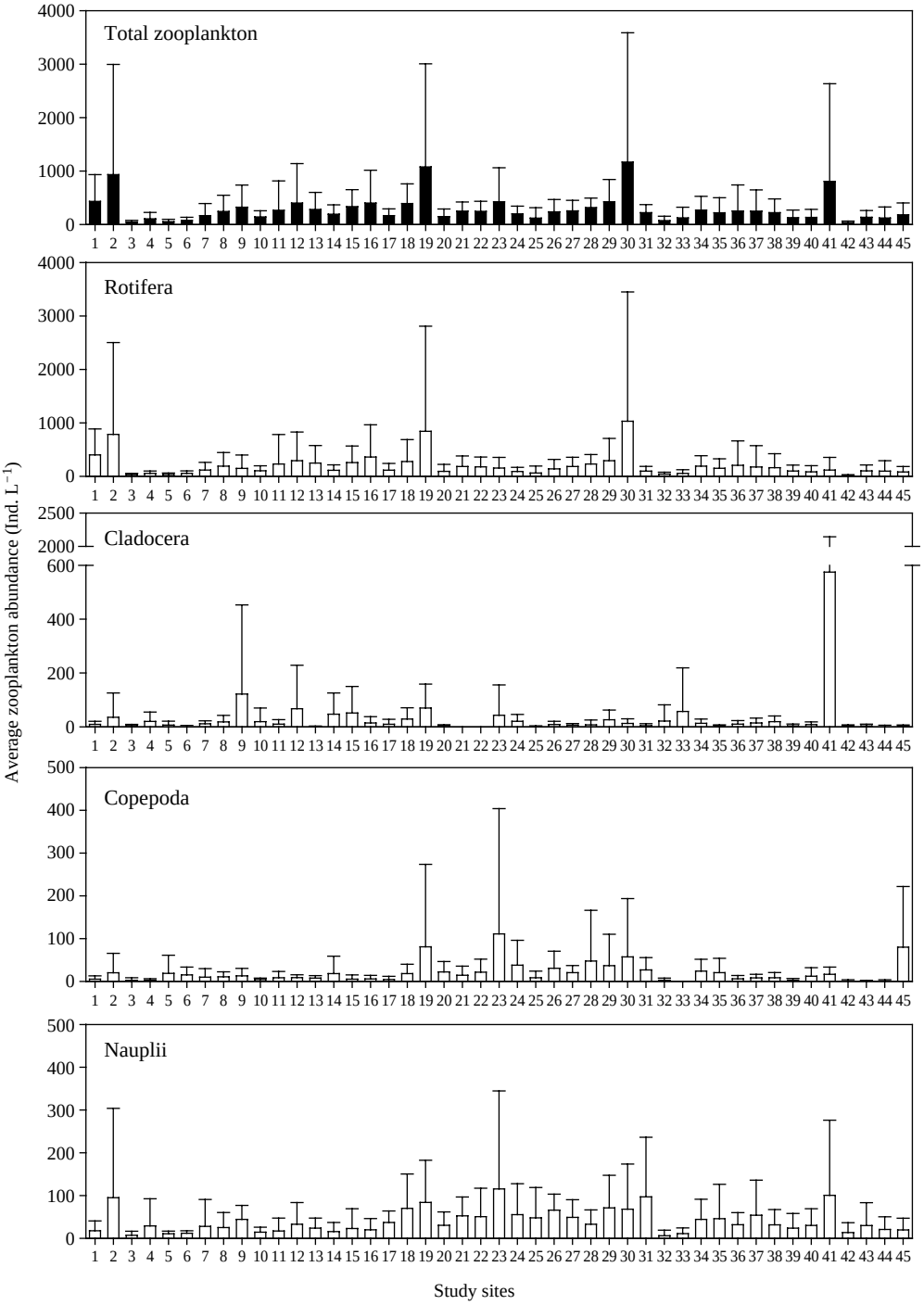

Fig. 3. Average abundance of major zooplankton community in 45 sampling sites during 2010～2011 (mean±s.d., n=8, respectively) (JSL:1～2, DYL:3～4, KJL:5～6, NJL:7～8, SYR:9, BGR:10, DDL:11, DDR:12, ODR:13, YSL:14～16, YAL:17～19, KHL:20～22, GGR:23, HPR:24, BJR:25, DJR:26, BAR:27, SPR:28, GGR:29, SDR:30, GJR:31, BSL:32～33, DBL:34～35, JAL:36～38, SSL:39～40, JSR:41, BUR:42, SAL:43～44, HDL:45, see abbreviation in Table 1).

호소별 영양단계 평가 결과 부영양호소의 비율은 약 69%, 중영양호소 비율은 약 27% 그리고 빈영양호소는 약 4% 이하 것으로 평가되었다. 환경부(2009) 자료에 의하면 국내 호소의(전국 89개 호소) 시기별 부영양화 비율(인자: TN, TP, Chl. *a*)은 다소 차이는 있으나, 대부분의 호소가 부영양호소의 특성을 나타내는 것으로 보고된 바 있다. 전체 약 31%의 호소가 빈~중영양단계를 나타낸 것으로 파악되었으나, 조사 시기별, 각 항목별 농도 변화를 감안해 볼 경우 환경부(2009)의 한국 호소의 영양상태 분포 특성과 유사한 것으로 여겨진다.

2. 동물플랑크톤 군집구조

조사기간 동안 29개 호소 45 조사지점의 연평균 총 동물플랑크톤 밀도는 288±237 Ind. L^{-1} (n=360)이었다. 호소별 연평균 총 동물플랑크톤 밀도 변이는 상이하였으며, 조사지점별로 백운제(조사지점 42)에서 연평균 34±29 Ind. L^{-1} (n=8)로 가장 낮은 총 동물플랑크톤 밀도를 나타내었고 수동제 지점(조사지점 30)에서 1,166 ±2,418 Ind. L^{-1} (n=8)로 가장 높은 연평균 총 동물플랑크톤 밀도를 보였다(Fig. 3). 일반적으로 동물플랑크톤 군집구조 크기의 공간적 변화는 먹이, 종별 서식환경의 선호도 그리고 생활전략과 밀접한 연관성이 있다(Gillooly and Dodson 2000). 본 연구에서 파악된 29개 호소에서 일차생산자의 주요 영양원(Table 1) 및 서식환경의 차이가(Kim *et al.* 2010) 조사기간 동안 각 지점별 동물플랑크톤 밀도변이에 다소 높은 영향을 미친것으로 판단된다. 주요 동물플랑크톤 군집별로는 29개 호소에서 윤충류의 평균 밀도(198±330 Ind. L^{-1}, n=360) 및 상대풍부도가 가장 높았다(전체 동물플랑크톤 군집의 약 65.9%),요각류 유생의 연평균 밀도는 40±55 Ind. L^{-1} (n=360), 그리고 대형 동물플랑크톤 군집에 속하는 지각류 및 요각류의 연평균 밀도는 각각 31±72 Ind. L^{-1} (n=360), 19±36 Ind. L^{-1}로 상대풍부도는 약 9.6%, 7.6%인 것으로 나타났다. 요각류 유생은 성체에 비해 연중 높은 밀도 분포를 나타내었으며, 요각류 성체 밀도와 높은 상관관계를 나타내었다(r=0.572, p＜0.001). 호소에서 동물플랑크톤 군집변화 요인 중 어류포식은 소형 동물플랑크톤의 우점과 연관이 있으며(Meerhoff *et al.* 2007), 경쟁 우위에 있는 대형 지각류 및 요각류가 시각에 의존하는 포식자인 어류에 의해 제거되어 상대적으로 크기가 작은 윤충류 군집 밀도가 증가하는 것으로 알려져 있다(Crisma and Beaver 1990). 본 조사에서도 호소별 동물플랑크톤 군집 비율의 차이는 있으나 대부분의 호소에서 윤충류 밀도가 매우 높았으며, 봄~여름 기간의 치어포식에 의해서 대형 동물플랑크톤 군집구조가 영향을 받았을 것으로 사료된다. 수심이 낮은 국외 호수에서의 동물플랑크톤 군집비율에서도 윤충류가 우점하는 경향을 보였으며(Conty *et al.* 2007), 이러한 윤충류 군집의 우점은 빈·중영양호소 보다는 부영양호소에서 두드러진 경향을 나타내었다(Jeppesen *et al.* 1996). 조사된 전남지역 호소의 영양단계 특성을 감안해 볼 경우 동물플랑크톤 군집구조와 밀접한 연관성이 있는 것으로 사료된다.

3. 동물플랑크톤의 공간적 분포

개방대(Pelagic zone)과 연안대(Littoral zone)에 분포하는 각각의 연평균 총 동물플랑크톤 밀도는 상이한 것으로 파악되었다(Fig. 4). 개방대에서의 2010년과 2011년 각각의 연평균 총 동물플랑크톤 밀도는 276±699 Ind. L^{-1} (n=84), 318±674 Ind. L^{-1} (n=84)로 통계적으로 차이가 없었으나(ANOVA, p=0.205), 이에 비해 연안대에서의 연평균 총 동물플랑크톤 밀도는 2010년에는 147±180 Ind. L^{-1} (n=96) 그리고 2011년에는 413±942 Ind. L^{-1} (n=96)로 연도에 따라 상이한 것으로 파악되었다(ANOVA, p=0.002). 윤충류 군집의 평균 밀도가 연안대와 개방대에서 각각 172±197 Ind. L^{-1} (n=192), 228±217 Ind. L^{-1} (n=168)로 지각류와 요각류 군집에 비해 높았다(Fig. 5). 특히 지각류의 평균 밀도는 연안대에서 43±116 Ind. L^{-1}로 개방대의 평균 밀도 17±18 Ind. L^{-1}에 비해 현저히 높은 것으로 나타났다. 서식환경의 복잡성은 생물 군집구조 변화에 가장 중요한 요인 중 하나이다(Kovalenko *et al.* 2012). 특히, 호소에서의 동물플랑크톤 군집구조는 호소형태 및 토지이용과 같은 인위적 요인과 밀접한 연관성이 있고(Van Egeren *et al.* 2011), 호소 내 시·공간적인 서식환경 여건에 영향을 받는 것으로 알려져 왔다.

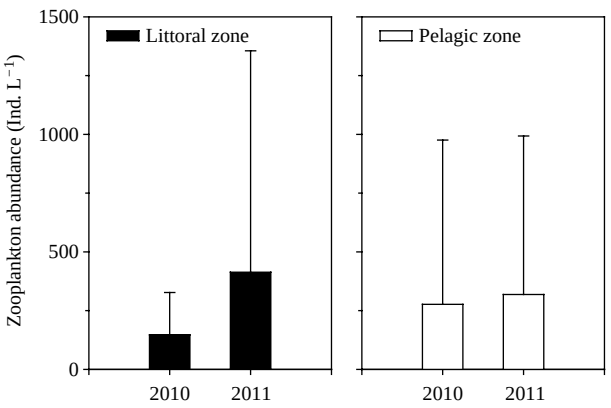

Fig. 4. Spatial distribution of total zooplankton abundance in 24 littoral zone and 21 pelagic zone during 2010～2011.

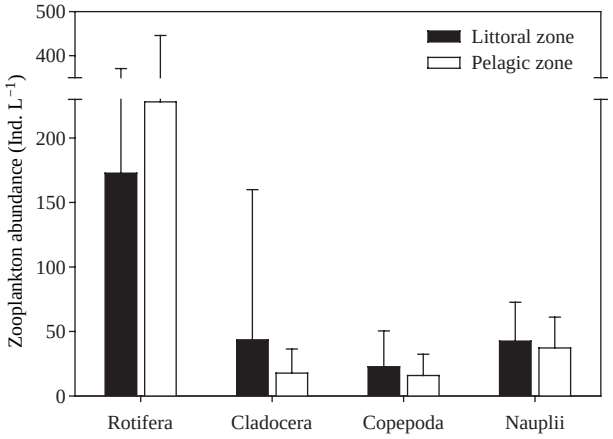

Fig. 5. Spatial distribution of major zooplankton community abundance in 24 littoral zone and 21 pelagic zone during 2010～2011.

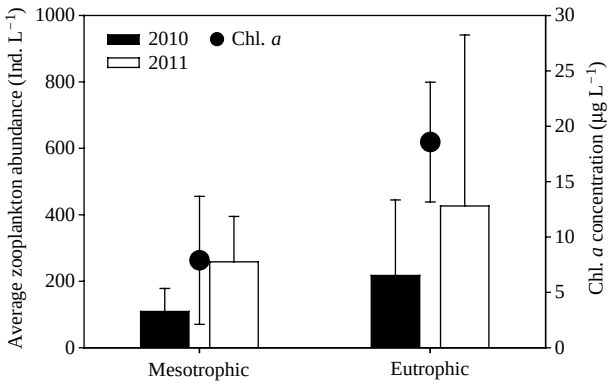

Fig. 6. Changes of zooplankton abundance and Chl. *a* concentration in Mesotrophic and Eutrophic systems during study periods.

주간에 대형 동물플랑크톤 생체량은 개방대보다는 수생식물 군락이 존재하는 연안대에서 높은 경향성이 있으며 (Nurminen *et al.* 2001; Estlander *et al.* 2009), 본 연구결과에서도 지각류와 요각류의 평균 밀도가 연안대에서 높은 것으로 나타났다.

4. 영양단계별 동물플랑크톤 동태

영양단계별 연평균 총 동물플랑크톤의 밀도 변이는 상이한 것으로 파악되었다 (Fig. 6). 연도별로 2010년에 비해 2011년도의 영양단계별 연평균 총 동물플랑크톤 밀도가 높았으며, 부영양호소 (18개 호소, 25개 조사지점)의 연평균 총 동물플랑크톤 밀도가 322±407 Ind. L^{-1}로 중영양호소 (8개 호소, 15개 조사지점) 183±135 Ind. L^{-1}보다 높았다. 부영양호소의 연도별 평균 출현 누적 종수는 약 12～16종으로 중영양호소의 11～12종보다 다소

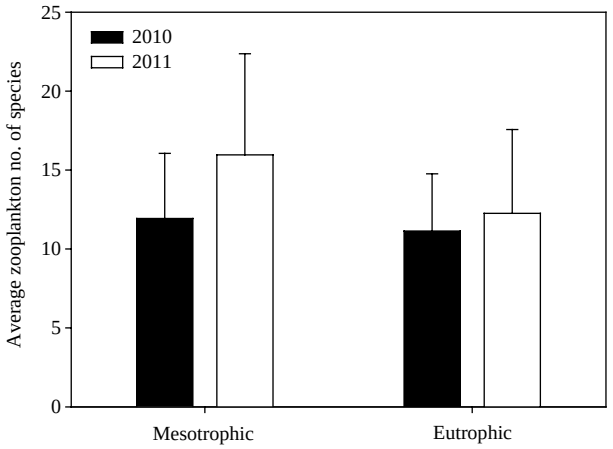

Fig. 7. Changes of zooplankton number of species in both trophic systems during study periods.

높았으나 (Fig. 7), 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 영양단계별 동물플랑크톤의 종다양도 및 우점도의 차이는 파악되지 않았다. 박테리아와 동물플랑크톤 같은 부유생물 군집 생물량은 중영양 단계로부터 부영양 상태에 이르기까지 유의적으로 증가하는 것으로 알려져 있다 (Auer *et al.* 2004). 부영양호소의 환경은 빈영양호소보다 높은 동물플랑크톤 생물량을 나타낸다 (Kallf 2002). 본 연구결과에서는 영양단계별 출현 누적 종수와 다양도의 차이는 뚜렷하지 않았으나, 생물량은 부영양호소에서 평균적으로 높은 것으로 파악되었다.

사 사

본 연구는 영산강 수계관리위원회 국립환경과학원 영산강물환경연구소에서 시행한 영산강・섬진강 수계 환경 기초조사사업의 연구비로 수행되었음.

참 고 문 헌

환경부. 2009. 호소 수질 관리 방안에 관한 연구. 520pp.

Auer B, U Elzer and H Arndt. 2004. Comparison of pelagic food webs in lakes along a trophic gradient and with seasonal aspects: influence of resource and predation. J. Plankton Res. 26:697-709.

Bonecker CC, MY Nagae, MCM Bletller, LFM Velho and FA Lansac-Tôha. 2007. Zooplankton biomass in tropical reservoirs in southern Brazil. Hydrobiologia 579:115-123.

Burks RL, E Jeppesen and DM Lodge. 2001. Littoral zone structures as *Daphnia* refugia against fish predators. Limnol.

Oceanogr. 46:230-237.

Conty A, F Garcia-Criado and E Bécares. 2007. Changes in bacterial and ciliate densities with trophic status in Mediterranean shallow lakes. Hydrobiologia 584:327-335.

Crisman TL and JR Beaver. 1990. Applicability of planktonic biomanipulation for 6 managing eutrophication in the subtropics. Hydrobiologia 200:177-185.

Einsle U. 1993. Crustacea, Copepoda, Calanoida und Cyclopoida. Susswasswefauna von Mitteleuropa, vol. 8, part 4-1. Gustav Fisher Verlag, Stuttugart.

Estlander S, L Nurminen, M Olin, M Vinni and J Horppila. 2009. Seasonal fluctuations in macrophyte cover and water transparency of four brown-water lakes: implications for crustacean zooplankton in littoral and pelagic habitats. Hydrobiologia 620:109-120.

Etilé RN, AK Kouassi, MN Aka, M Pagano, V N'douba and NJ Kouassi. 2009. Spatio-temporal variations of the zooplankton abundance and composition in a West African tropical coastal lagoon (Grand-Lahou, Côte d'Ivoire). Hydrobiologia 624:171-189.

Gillooly JF and SI Dodson. 2000. Latitudinal patterns in the size distribution and seasonal dynamics of new world freshwater cladocerans. Limnol. Oceanogr. 45:22-30.

Havens KE and JR Beaver. 2011. Composition, size, and biomass of zooplankton in large productive Florida lakes. Hydrobiologia 668:49-60.

Havens KE, JR Beaver and TL East. 2007. Plankton biomass partitioning in a eutrophic subtropical lake: comparison with results from temperate lake ecosystems. J. Plankton Res. 18: 1605-1625.

Jeppesen E, M Sondergaard, JP Jensen, E Mortensen and O Sortkjaer. 1996. Fish-induced changes in zooplankton grazing on phytoplankton and bacterioplankton: a long term study in shallow hypertrophic Lake Sobygaard. J. Plankton Res. 22:1047-1070.

Jürgens K and E Jeppesen. 2000. The impact of metazooplankton on the structure of the microbial food web in a shallow, hypertrophic lake. J. Plankton Res. 19:1605-1625.

Kallf J. 2002. Limnology: Inland Water Ecosystem. Prentice Hall, New Jersey, 592pp.

Kim HW, GH La, KS Jeong, JH Park, YJ Huh, SD Kim, JE Na, MH Jung and HY Lee. 2010. Assessing the plankton dynamics in lakes and reservoirs ecosystem in the Southwestern Parts of Korea. Korean J. Environ. Biol. 28:86-94.

Koste W. 1978. Rotatoria. Die Radertiere Mitteleuropes begrunder von Max Voigt, 2nd edn., Vol. 1. Textband, 673p., Vol. 2. Tafelband, 234p., Borntraeger, Stuttgart.

Kovalenko KE, SM Thomaz and DM Warfe. 2012. Habitat complexity: approaches and future directions. Hydrobiologia 685:1-17.

La GH, HY Lee and HW Kim. 2008. The vertical changes of zooplankton dynamics and community filtration rate in the artificial lake (Okjeong Lake). Korean J. Environ. Biol. 26: 392-401.

Lagergren R, K Leberfinger and JAE Stenson. 2008. Seasonal and ontogenic variation in diel vertical migration of Chaoborus and its effect on depth-selection behavior of other zooplankton. Limnol. Oceanogr. 53:1083-1092.

Marcus N. 2004. An overview of the impacts of eutrophication and chemical pollutants on copepods of the coastal zone. Zoological Studies. 43:211-217.

Meerhoff M, C Iglesias, FT de Mello, JM Clements, E Jensen, TL Lauridsen and E. Jeppesen. 2007. Effects of habitat complexity on community structure and predator avoidance behaviour of littoral zooplankton in temperate versus subtropical lakes. Freshwater Biol. 52:1009-1021.

Nurminen L, J Horppila and P Tallberg. 2001. Seasonal development of the cladoceran assemblage in a turbid lake: role of emergent macrophytes. Arch. Hydrobiol. 151:127-140.

Pomeroy LR and WJ Wiebe. 1988. Energetics of microbial food webs. Hydrobiologia 159:7-18.

Schriver P, J Bogestrand, E Jeppesen and M Sondergaard. 1995. Impact of submerged macrophytes on fish-zooplankton-phytoplankton interactions: large-scale enclosure experiments in a shallow eutrophic lake. Freshwater Biol. 33:255-270.

Šimek K, J Armengol, M Comerma, JC García, TH Chrzanowski, M Macek, J Nedoma and V Straškrabová. 1998. Characteristics of protistan control of bacterial production in three reservoirs of different trophy. Int. Rev. Hydrobiol. 83:485-494.

Smirnov NN and BV Timms. 1983. A revision of the Australian Cladocera (Crustacean). Rec. Aust. Mus. Suppl. 1:1-132.

Van Egeren S, SI Dodson, B Torke and JT Maxted. 2011. The relative significance of environmental and anthropogenic factors affecting zooplankton community structure in Southeast Wisconsin Till Plain lakes. Hydrobiologia 668:137-146.

Received: 8 January 2012
Revised: 22 February 2012
Revision accepted: 29 February 2012