

경기북부 주요 하천 내 동물플랑크톤 군집특성 조사 연구

고순미[†] · 임흥빈 · 정은희 · 김태열 · 김재광 · 최정인 · 이호정 · 오조교
경기도 보건환경연구원 북부지원

Investigation of Zooplankton Communities in Streams in Northern Gyeonggi-do Province

Soon-Mi Go[†], Heung-Bin Im, Eun-Hee Jung, Tae-Yuel Kim, Jae-Kwang Kim,
Jeong-In Choi, Ho-Jung Lee, and Jo-Gyo Oh
Gyeonggi-do Institute of Health & Environment, Korea

ABSTRACT

Objectives: Zooplankton communities play important roles in aquatic ecosystems as secondary producers that graze on phytoplankton and in turn are preyed upon by planktivorous and juvenile fish. They can shift their distribution, species composition, and abundance in response to environmental changes. Therefore zooplankton communities are important for understanding the energy flow in aquatic ecosystems and can be valuable indicators of environmental conditions. However, zooplankton in streams are still not well-studied, especially in northern Gyeonggi-do Province. This study aims to investigate the zooplankton communities in major streams in northern Gyeonggi-do Province.

Methods: Zooplankton is important in the nutrient cycle and energy flow of aquatic ecosystems. Therefore, we surveyed zooplankton and measured temperature, DO, BOD, COD, T-N, T-P, and Chl-a in major streams (Sincheon, Gongneungcheon, Wangsukcheon, and Gapyeongcheon Streams) and stagnant water (Gomoji Reservoir).

Results: The water quality in Gapyeongcheon Stream was the highest grade, while that of Gomoji Reservoir was mesoeutrophic and eutrophic during the research period. In the zooplankton community, *Nauplius*, *Rotaria*, and *Monostyla spp.* were dominant in Sincheon, Gongneungcheon, and Wangsukcheon Streams, and the dominance index was also high. In the case of Gapyeongcheon Stream, it was found that water quality and aquatic ecosystem health were good, and the lowest dominance index reflected this. In Gomoji Reservoir, *Polyarthra spp.*, *Nauplius*, and *Bosmina longirostris*, which can be easily observed as eutrophication progresses, showed a high dominance rate. Therefore, it is necessary to monitor the progress of eutrophication in further research.

Conclusions: We collected data on the zooplankton communities in streams and investigated their characteristics. As a result, specific species were found to be dominant at each survey sites and some of them are known to be observed as eutrophication progresses. Therefore, we should investigate the zooplankton community of streams around us and apply ecological stream management.

Key words: Stream, zooplankton, eutrophication, dominance index

[†]**Corresponding author:** Gyeonggi-do Research Institute of Health and Environment, 1, Cheongsa-ro, Uijeongbu-si, Gyeonggi-do, 11780, Republic of Korea, Tel: +82-31-8030-5976, Fax: +82-31-8030-5979, E-mail: ksm08177@gg.go.kr
Received: 19 June 2019, Revised: 15 July 2019, Accepted: 16 July 2019

I. 서 론

수생태계에서의 동물플랑크톤은 2차 생산자로, 1차 생산자인 식물플랑크톤이나 박테리아 등을 섭식하는 동시에 대형무척추동물 및 고차소비자인 어류의 먹이로써 생태계 물질순환과 에너지 흐름에서 중추적인 역할을 수행하고 있다.¹⁾ 동물플랑크톤은 크게 원생동물, 윤충류, 지각류, 요각류로 나뉘며, 윤충류는 다른 종에 비해 대체로 크기가 작으며 개체수가 많아 동물플랑크톤 군집의 중요한 역할을 한다. 지각류는 윤충류보다 크기가 크고 성장률이 느리며 식물플랑크톤 섭식 능력이 뛰어난 것으로 알려져 있다. 대형 플랑크톤인 요각류는 어류의 먹이로써 중요하며, 또한 요각류의 종조성과 군집 생체량은 염분농도 및 부영양화와 같은 환경요인 변화에 의해 제한되는 것으로 알려져 다양한 연구에 쓰이고 있다.^{2)~5)}

동물플랑크톤은 부영양화 등의 수질변화에 민감하게 반응하는 종으로, 서식처에서의 우점경향, 다양도 및 내성 정도 등의 변화를 나타내어 독성 검사나 다양한 수생태 환경변화의 지표 군집으로써 활용하기 위한 연구가 진행되어 왔다^{6)~11)}. 그 결과, 부영양화된 수환경에서는 어류의 먹이원으로 부적절한 소형 동물플랑크톤종이 증가하고, 빈영양 환경에서는 대형종이 빈번히 우점하는 것으로 나타났다. 또한, 동물플랑크톤의 생체량은 포식자인 어류와 먹이로 작용하는 식물플랑크톤에 영향을 받는 것으로 알려져 있다.¹²⁾

이러한 동물플랑크톤의 중요성과 활발한 연구에도 불구하고 현재까지 수환경을 나타내는 생물지표로서의 동물플랑크톤의 적용은 어류, 저서동물, 부착조류 등에 비해 저조한 실정이다. 또한 우리나라 하천에서의 동물플랑크톤 조사 연구는 한강 및 낙동강에서 활발한 연구가 진행되어왔으나, 우리 주변의 소하천 동물플랑크톤 군집 조사는 부족한 상황이며, 특히 경기북부지역 수생태 동물플랑크톤에 대한 연구는 이루어지지 않았다. 또한 하천의 수생태계 건강성에 대한 관심이 높아지면서 하천 내 서식하는 생물의 안전성 및 종 다양성 등에 대한 중요성이 강조되고 있다. 따라서 본 연구에서는 경기북부 주요하천에서 서식하는 동물플랑크톤의 종조성, 우점종 및 우점도 등의 동물플랑크톤 군집 특성을 파악하여 실생활에서 쉽게 접근할 수 있는 우리 주변 소하천의 생태하천 건강성 관리에 기여하고자 한다.

II. 조사대상 및 실험방법

조사대상지는 경기북부 소재 하천인 신천, 공릉천, 왕숙천, 가평천으로 각각 동두천시, 파주시, 구리시, 가평군에 위치한 하천이며 신천, 공릉천, 왕숙천은 수질 2등급 이하에 해당하고 가평천은 보다 양호한 1등급 수질의 하천이다. 또한 유수 환경인 하천과의 비교를 위해 물이 정체되어 있는 고모저수지를 대상으로 선정하였다. 고모저수지는 포천에 위치하고 저수량 1,300천톤으로, 주변 카페, 숙박시설, 레스토랑 등의 편의시설이 조성되어 있는 저수지이다.

조사는 월 1회(2018. 3.~12.) 실시하였으며 동물플랑크톤 채집과 함께 수질항목(수온, DO, pH, EC, COD, BOD, T-N, T-P, chl-a) 측정을 실시하였다. 수온, DO, pH, EC는 현장측정기 556MPS (YSI)를 이용하여 측정하였으며 COD (과망간산칼륨법), BOD (산소전극법)으로 측정하였다. 또한 T-N, T-P 항목은 SYNCA (BLTEC)분석기를 사용하였으며, chl-a의 경우 GF/F여지 여과 후 분광광도계(DU800, Beckman coulter)를 사용해 측정하였다. 분석에 사용한 TSI_{KO}는 우리나라 부영양화 정도를 파악하기 위한 지수로 COD, chl-a, T-P 측정값을 이용하여 계산하였다.¹³⁾

$$TSI_{KO} (COD)=5.8+64.4 \log (COD \text{ mg/L})$$

$$TSI_{KO} (Chl-a)=12.2+38.6 \log (Chl-a \text{ } \mu\text{g/L})$$

$$TSI_{KO} (T-P)=114.6+43.3 \log (T-P \text{ mg/L})$$

$$TSI_{KO}=0.5 TSI_{KO} (COD)+0.25 TSI_{KO} (Chl-a) \\ +0.25 TSI_{KO} (T-P)$$

동물플랑크톤은 망구 30 cm, 망목 60 μm 의 플랑크톤 네트를 사용하여 조사지점별 1회 채집하였으며, 채집된 시료는 125 mL bottle에 넣어 Formalin 용액으로 고정된 후 Sedgwich-Rafter Counting Chamber를 이용하여 광학현미경 하에서 동정하였다.^{14,15)} 각 분류군은 종 또는 속 별로 동정한 후 개체수를 계수하고, 단위부피(L)당 개체수로 산출하였다(ind./L).

$$D = \frac{N \times V}{F}$$

D: 개체 밀도 (ind./L)

N: 카운트된 개체수

V: 시료가 추출된 농축 시료 부피

F: 시료 채집을 위해 여과된 원수량

Table 1. Seasonal water quality value in Sincheon

Sincheon	Spring	Summer	Autumn	Winter
Temp. (°C)	22.4	27.7	21	9.75
DO (mg/L)	8.9	5.6	8.0	11.1
EC (μS/cm)	2244	1328	1045	1728
BOD (mg/L)	6.1	4.9	5.5	5.2
COD (mg/L)	15.6	9.6	10.3	10.5
T-N (mg/L)	8.441	5.685	5.481	7.936
T-P (mg/L)	0.210	0.143	0.160	0.096
Chl-a (μg/L)	13.9	22.5	15.1	8.3

Table 2. Seasonal water quality value in Gongneungcheon

Gongneungcheon	Spring	Summer	Autumn	Winter
Temp. (°C)	19.9	27.6	21	9
DO (mg/L)	9.8	9.6	7.1	12.3
EC (μS/cm)	492	444	377	473
BOD (mg/L)	5.1	6.3	2.1	2.9
COD (mg/L)	7.2	9.0	4.7	5.4
T-N (mg/L)	4.674	4.097	4.069	6.190
T-P (mg/L)	0.049	0.061	0.053	0.109
Chl-a (μg/L)	35.3	18.7	5.2	5.0

Table 3. Seasonal water quality value in Wangsookcheon

Wangsookcheon	Spring	Summer	Autumn	Winter
Temp. (°C)	19.3	28.1	20.8	12.9
DO (mg/L)	8.0	5.7	6.8	11.2
EC (μS/cm)	504	464	516	444
BOD (mg/L)	4.2	2.7	2.0	1.7
COD (mg/L)	6.3	5.3	4.0	4.5
T-N (mg/L)	6.267	4.367	4.615	4.682
T-P (mg/L)	0.038	0.062	0.037	0.043
Chl-a (μg/L)	6.6	9.8	1.6	4.9

III. 결 과

1. 수질항목

조사 대상지의 수질환경 특성을 분석하기 위하여 Table 1~5와 같이 모니터링을 실시하였다.

수온은 서식 생물의 성장 및 종조성에 영향을 주는 인자로서 측정 결과, 여름철 수온은 가평천을 제외한 신천, 공릉천, 왕숙천, 고모저수지에서 27.5~28.1°C로 비슷하게 측정되었으며, 가평천은 23.4°C

Table 4. Seasonal water quality value in Gapyeongcheon

Gapyeongcheon	Spring	Summer	Autumn	Winter
Temp. (°C)	14.8	23.4	16.9	5.7
DO (mg/L)	11.3	7.1	10.9	15.4
EC (μS/cm)	122	153	95	83
BOD (mg/L)	0.8	0.5	1.6	0.9
COD (mg/L)	1.9	1.9	1.9	1.6
T-N (mg/L)	2.903	1.704	1.594	1.391
T-P (mg/L)	0.063	0.012	0.024	0.020
Chl-a (μg/L)	1.2	1.7	1.1	0.4

Table 5. Seasonal water quality value in Gomo reservoir

Gomo reservoir	Spring	Summer	Autumn	Winter
Temp. (°C)	23.7	27.5	21.9	11.1
DO (mg/L)	8.0	9.1	9.0	11.4
EC (μS/cm)	188	152	147	163
COD (mg/L)	4.0	4.4	6.3	4.0
T-N (mg/L)	1.229	1.106	1.301	1.147
T-P (mg/L)	0.016	0.017	0.039	0.032
Chl-a (μg/L)	3.4	6.7	8.5	3.8

Table 6. TSI_{KO} criteria

	TSI _{KO}
Oligotrophy	<30
Mesotrophy	30-50
Eutrophy	50-70
Hypereutrophy	70≤

로 조사 기간 중 수온이 비교적 낮은 것으로 나타났다.

DO의 경우 가평천은 평균 11.2 mg/L로 다른 조사지점에 비해 높은 값으로 측정되었고, 신천에서 전 기전도도는 조사기간 평균 1659 μS/cm로 현저히 높은 값을 보였다. 일반적으로 하천의 수질환경은 생물학적 산소요구량인 BOD를 기준으로 평가한다. BOD 하천생활환경 기준을 적용한 결과,¹⁶⁾ 신천은 보통, 공릉천 약간 좋음, 왕숙천 좋음, 가평천 매우 좋음 단계로 나타났으며, 이외 COD, T-N, T-P, Chl-a 측정값 또한 가평천에서 가장 낮은 것으로 나타나 가평천이 가장 양호한 수질 특성을 가지고 있는 것으로 분석되었다.

또한 우리나라는 부영양화정도를 파악하기 위한 지수로 TSI_{KO}를 사용하고 있다. 부영양화의 발생 여

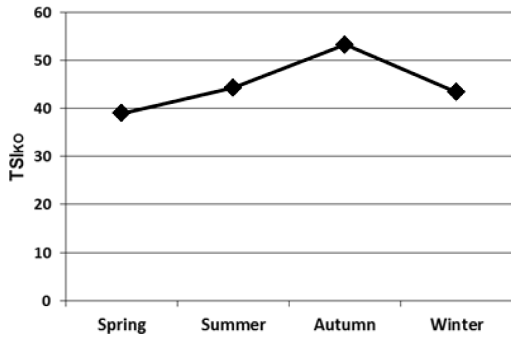


Fig. 1. Seasonal variation of TSI_{KO} in Gomo reservoir

부 및 진행정도를 수치로 나타내는 지수이며,¹⁷⁾ 계산된 값은 30 미만이면 빈영양, 30~50 중영양, 50~70 사이의 값일 경우 부영양, 70 이상의 값은 과영양상태라는 것을 나타낸다(Table 6). 본 연구에서 고모저수지에 TSI_{KO}를 적용해 본 결과, 봄, 여름, 겨울철 부영양화지수는 38.9~44.2로 중영양상태를 보였고, 가을철 값은 53.2로 나타나 부영양이 진행된 것으로 분석되었다(Fig. 1).

2. 개체수 및 종조성

동물플랑크톤 개체수는 하천과 계절에 따라 큰 변화폭을 보였다. 하천의 경우 대체적으로 가을, 겨울에 비해 봄철과 여름철에 개체수가 높은 것으로 나타났다. 특히 공릉천에서는 많은 수의 동물플랑크톤이 발견되었고 여름철 큰 폭으로 증가하는 특징을 보였다. 가평천의 경우 조사기간 다른 조사지점에 비해 현저히 낮은 개체수를 보였다. 또한 고모저수지

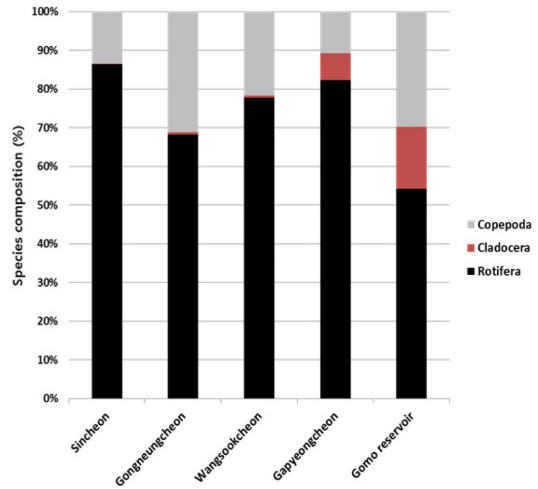


Fig. 3. Species composition in study site (Copepoda, Cladocera and Rotifera)

는 가을철 개체수 343 ind./L로 크게 증가한 것으로 분석되었다(Fig. 2).

조사기간 동물플랑크톤 군집의 구성(Fig. 3)은 동물플랑크톤 군집에서 가장 큰 부분을 차지하는 윤충류가 모든 대상지에서 54~86%로 높은 분포율을 보였다. 윤충류 중에서도 국내 하천 생태계에서 많이 서식하고 있는 것으로 알려진 *Brachionus*, *Polyarthra*, *Trichocerca* 3개 속¹⁸⁾과 이 외에 *Rotaria*, *Monostyla* spp., *Euchlanis* spp. 등이 주로 관찰되었다. 지각류의 경우 신천, 공릉천, 왕숙천에서 극히 적은 비율로 분석되었으며, 가평천과 고모저수지에서 각각 7%와 16%의 분포율을 나타내었는데 본 연구에서는

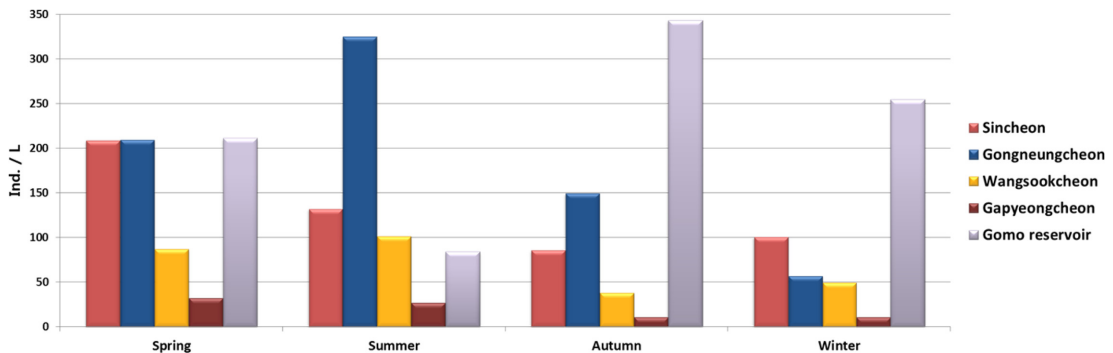


Fig. 2. Seasonal zooplankton population in Sincheon, Gongneungcheon, Wangsookcheon, Gapyeongcheon and Gomo reservoir

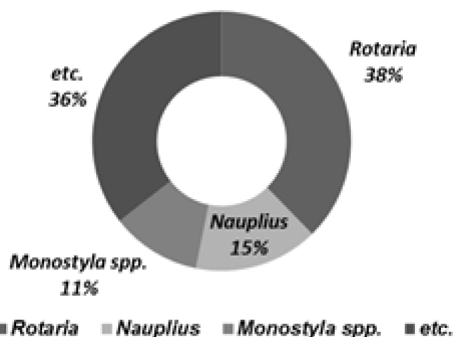


Fig. 4. Relative frequency (%) of dominant species in Sincheon

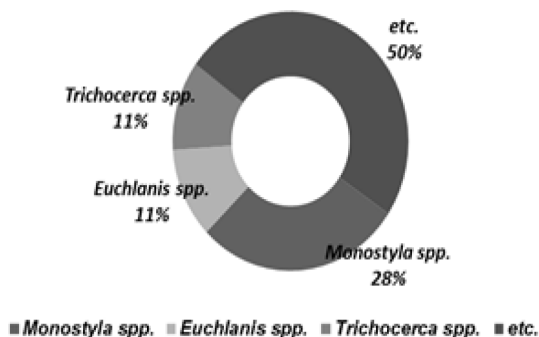


Fig. 7. Relative frequency (%) of dominant species in Gapyeongcheon

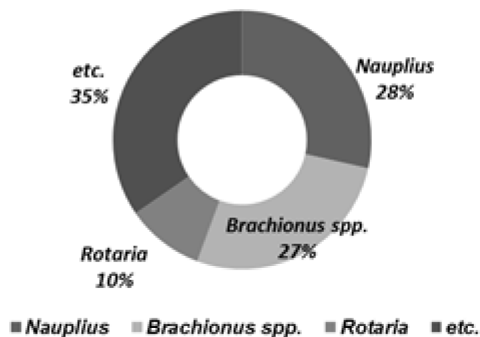


Fig. 5. Relative frequency (%) of dominant species in Gongneungcheon

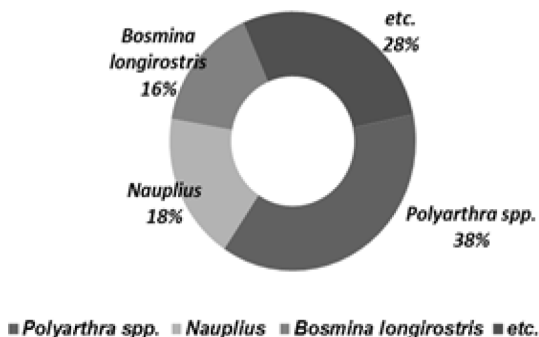


Fig. 8. Relative frequency (%) of dominant species in Gomo reservoir

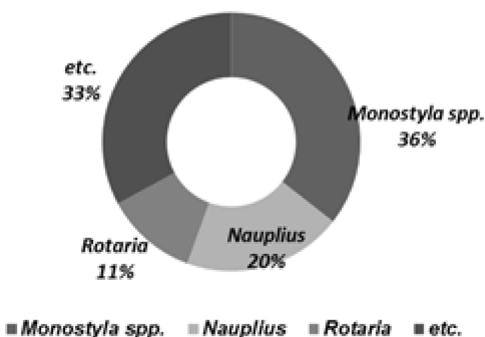


Fig. 6. Relative frequency (%) of dominant species in Wangsookcheon

Alona spp., *Daphnia galeata*, *Bosmina longirostris* 가 주로 나타났으며, 특히 고모저수지의 경우 소형 지각류인 *Bosmina longirostris* 가 많은 부분을 차지하는 것으로 나타났다. 요각류는 윤충류에 비해 낮은 분포율이었지만 모든 조사지점에서 10~31%의 비율로 균집을 형성하고 있는 것으로 나타났다. 특

히 유생단계인 소형의 *Nauplius* 가 모든 조사지점에서 많이 출현하였고, 대형요각류의 경우 봄철 신천 및 가을철 고모저수지에서 쉽게 관찰할 수 있었다.

3. 우점종

조사기간 동안 출현한 지점별 주요 우점종 3종과 기타 출현종의 점유율을 Fig. 4~8에 나타내었다. 신천의 주요 우점종은 *Rotaria*, *Nauplius*, *Monostyla* spp.로 나타났으며 이 외의 기타종으로는 *Brachionus* spp., *Colurella* spp., *Trichocerca* spp.와 성충요각류 등이 출현하였다. *Rotaria*는 38%의 점유율을 보였으며 *Nauplius*와 *Monostyla* spp. 각각 15, 11%를 차지하고 있는 것으로 나타났다. 공릉천은 주요우점종 *Nauplius* 와 *Brachionus* spp.가 각각 28, 27%로 비슷한 빈도로 출현하였으며 이외의 *Keratella cochlearis*, *Monostyla* spp., *Lepadella* spp., *Trichocerca* spp. 등이 35%를 구성하고 있었다. 왕숙천에서는 *Monostyla*

Table 7. Dominance index in study site (Sincheon, Gongneungcheon, Wangsookcheon, Gapyeongcheon and Gomo reservoir)

	Sincheon	Gongneungcheon	Wangsookcheon	Gapyeongcheon	Gomo reservoir
Dominance index	0.53	0.56	0.56	0.39	0.56

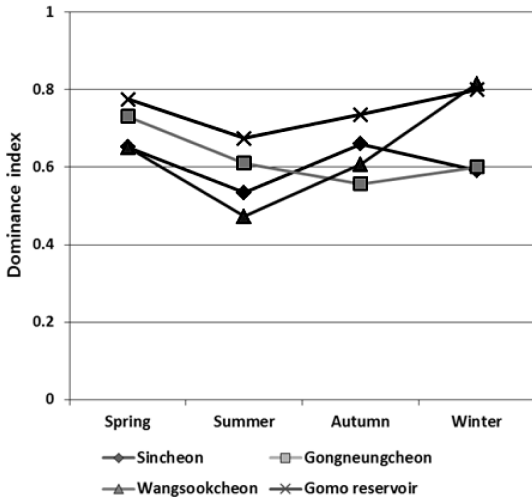


Fig. 9. The seasonal dominance index changes of study site

spp. 가 36%로 중요 우점종으로 나타났고, *Nauplius* 20%, *Rotaria* 11%, 이외 기타종이 33%의 비율로 출현하였다. 가평천의 경우 주요 우점종 *Polyarthra* spp.가 38%의 높은 빈도로 출현하였으며 *Nauplius* 가 18%를 구성하고 있었다. 또한 다른 조사지점과는 다르게 소형 지각류인 *Bosmina longirostris*가 16%를 차지하는 것으로 나타났으며 주요 3종이 총 72%의 높은 점유율을 보였다. 이 외의 기타종으로는 *Brachionus* spp., *Keratella cochlearis*, *Trichocerca* spp., *Monostyla* spp., *Kellicottia longispina*와 지각류 *Daphnia galeata*, 성충요각류가 출현하였다. 종의 구성 비율을 분석한 결과 주요 3종이 모두 50% 이상의 빈도를 차지하고 있었으며, 특히 신천, 왕숙천, 고모저수지의 경우 최우점종이 36~38%의 점유율을 보였다. 특히 가평천을 제외한 4곳의 조사대상지에선 주요우점종 3종 이외의 기타종이 36% 이하로 서식 종이 집중된 것으로 나타났다.

우점도지수란 특정 생물종이 우점하는 정도를 나타내는 지수로 일반적으로 수환경 오염도가 높을 경우 증가하며, 작은 값일수록 양호한 수질상태를 나

타내는 지표로 알려져 있다.^{19,20)} 조사기간 평균 우점도를 나타낸 결과(Table 7), 신천, 공릉천, 왕숙천, 고모저수지에서의 우점도는 0.53~0.56의 비슷한 값을 보였으며, 가평천에서는 이보다 낮은 0.39의 우점도를 나타냈다. 또한 신천, 공릉천, 왕숙천, 고모저수지에서의 계절별 우점도 변화를 나타낸 결과(Fig. 9), 여름철 왕숙천 0.47을 제외하고 모두 0.55 이상의 높은 우점도를 가지고 있었다. 또한 봄철에서 여름 기간 감소하는 경향을 보였으며 이후 시기에선 대상지에 따라 변화양상이 상이했다.

IV. 고 찰

조사지점 중 가평천은 동물플랑크톤 조사와 함께 실시한 수질항목 측정 결과, 모든 항목에서 가장 양호한 수질을 유지하고 있는 것으로 분석되었으며, 동물플랑크톤 군집 분석에서 주요 우점종을 제외한 기타종이 50%, 우점도 0.39로 최저값을 나타내어, 개체수는 적지만 다양한 군집을 이루어 조사하천 중 수생태 건강성이 가장 양호한 것으로 판단된다.

가평천을 제외한 신천, 공릉천, 왕숙천의 경우 기타종이 36% 이하에 불과하였고 조사기간 대체적으로 우점도가 0.55 이상으로 군집의 다양성이 낮고, 서식하고 있는 종이 한계가 있는 것으로 보인다. 또한 우점하고 있는 종이 α-중부수성에 가까운 β-중부수성의 지표종으로 알려진 *Brachionus calyciflorus*, 부영양 수역의 대표종인 *Nauplius* 등으로¹⁸⁾, 측정된 수질항목과 동물플랑크톤 군집 특성으로 보아 신천, 공릉천, 왕숙천의 수환경 건강성은 가평천에 비해 낮은 것으로 평가되었다.

하천과 함께 조사한 고모저수지는 부영양 수역에서 많이 나타나는 *Nauplius*와 *Polyarthra* spp., 그리고 β-중부수성의 지표종인 소형 지각류 *Bosmina longirostris*가 높은 비중을 차지하였으며, 이외의 기타종은 28%에 불과하고 우점도 또한 조사기간 높은 것으로 나타나, 고모저수지의 수생태 건강성은 비교적 양호하지 않은 것으로 판단된다.

V. 결 론

호소 및 저수지에서 동물플랑크톤 군집은 오염지표에 따라 군집변화를 보이며, 특히 동물플랑크톤의 먹이인 식물플랑크톤 변화와 양의 상관관계를 나타내 식물플랑크톤의 생산성이 동물플랑크톤 현존량 변화에 일차적인 요인으로 작용하는 것으로 알려져 있는데^{12), 21)}, 본 연구에서 고모저수지 수질항목 측정 결과 오염지표인 COD, T-N, T-P, Chl-a가 다른 시기보다 높은 가을철 *Nauplius* 와 *Bosmina longirostris* 의 개체수가 크게 증가하였으며 우점도 또한 0.73으로 높아, 고모저수지에서의 동물플랑크톤 군집과 수질항목간의 상관성을 확인할 수 있었다.

반면 하천에서의 우점도지수와 동물플랑크톤 군집과의 상관성은 나타났으나, 수질항목과 군집의 연관성은 판단하기 어려웠으며, 그 이유는 동물플랑크톤은 물의 흐름에 민감하여 흐름이 적고 안정된 곳에서 주로 서식한다는¹⁰⁾ 생활특성과, 하천은 정체수역과 다르게 빠른 유속을 가지고 있어 오염 정도의 지속성이 낮기 때문인 것으로 보인다. 따라서 하천의 유속 및 서식지로 활용할 수 있는 수변 식생 등의 환경요인이 소하천 내 동물플랑크톤 군집에 보다 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

본 연구는 현재까지 부족했던 소하천 동물플랑크톤 군집에 대한 자료를 수집하고, 그 특성을 조사하기 위해 실시한 연구로, 이를 바탕으로 향후 더 많은 실생활 주변 소하천 내 동물플랑크톤 군집에 대해 조사하여 생태적 하천 관리에 적용하기 위한 활발한 조사가 필요할 것으로 사료된다.

References

- Zöllner E, Hoppe HG, Sommer U, Jürgens K. Effect of zooplankton-mediated trophic cascades on marine microbial food web components (bacteria, nanoflagellates, ciliates). *Limnol Oceanogr.* 2009; 54: 262-275.
- Chang KH, Imai H, Ayukawa K, Sugahara S, Nakano S, Seike Y. Impact of improved bottom hypoxia on zooplankton community in shallow eutrophic lake. *KMAE.* 2013; 408: 03.
- Uye S. Replacement of large copepods by small ones with eutrophication of embayments: cause and consequence. *Hydrobiologia.* 1994; 292: 513-519.
- Oh HJ, Chang KH, Seo DI, Nam GS, Lee EH, Jeong HG, et al. Zooplankton community as an indicator for environmental assessment of aquatic ecosystem: Application of rotifer functional groups for evaluating water quality in eutrophic reservoirs. *Journal Environment Impact Assess.* 2017; 26(6): 404-417.
- Pace ML, Orcutt JD. The relative importance of protozoans, rotifers, and crustaceans in a freshwater zooplankton community. *Limnology and Oceanography.* 1981; 26(5): 822-830.
- Giering SL, Wells SR, Mayers KM, Schuster H, Cornwell L, Fileman E, et al. Seasonal variation of zooplankton community structure and trophic position in the Celtic Sea: a stable isotope and biovolume spectrum approach. *Progress in Oceanography.* 2018.
- Krupa EG, Barinova SS, Isbekov KB, Assylbekova SZ. The use of zooplankton distribution maps for assessment of ecological status of the Shardara reservoir (Southern Kazakhstan). *Ecology and Hydrobiology.* 2018; 18(1): 52-65.
- Kurbatova SA, Mylnikova ZM, Yershov IY, Bykova SN, Vinogradova OG. Influence of Aquatic Plants of Different Ecological Groups on Zooplankton Distribution and Abundance. *Contemporary Problems of Ecology.* 2018; 11(1): 45-53.
- Yoo JK, Jeong JH, Nam EJ, Jeong KM, Lee SW, Myung CS. Zooplankton community and distribution in relation to water quality in the Saemangeum area, Korea: Change in zooplankton community by the construction of sea dyke. *Ocean and Polar Research.* 2006; 28(3): 305-315.
- Uye S, Shimazu T, Yamamuro M, Ishitobi Y, Kamiya H. Geographical and seasonal variations in mesozooplankton abundance and biomass in relation to environmental parameters in Lake Shinji-Ohashi River-Lake Nakaumi brackish-water system, Japan. *Journal of Marine Systems.* 2000; 26(2): 193-207.
- Xiong W, Ni P, Chen Y, Gao Y, Shan B, Zhan A. Zooplankton community structure along a pollution gradient at fine geographical scales in river ecosystems: The importance of species sorting over dispersal. *Molecular Ecology.* 2017; 26(16): 4351-4360.
- Shin YK, Bae YW. Seasonal variation of zooplankton and indicator species in Asan Lake. *Environment Science Research Institute Sangji Univ.* 2001; 7(1): 7-15.
- National law information center. Act on water qual-

- ity and aquatic ecosystem conservation. Available: <http://www.law.go.kr> [accessed 22 December 2015].
14. Jo GS. An illustrated guide to freshwater zooplankton in Korea, 1st ed. Seoul: Academy press; 1993.
 15. Jeon MS, Kim BC. Handbook: freshwater plankton, 1st ed. Chuncheon: Institute of water ecological restoration; 2011.
 16. National law information center. Act on environmental policy. Available: <http://www.law.go.kr> [accessed 5 May 2010].
 17. Kwon YS, Bae MJ, Kim JS, Kim YJ, Kim BH, Park YS. Characterizing changes of water quality and relationships with environmental factors in the selected Korean reservoirs. *The Korean Society of Limnology*. 2014; 47(3): 146-159.
 18. Kim HW, Jeong HG, Choi JY, Kim SK, Jeong KS, La GH, et al. Past history of freshwater zooplankton research in South Korea and Korean society of limnology and future directions. *Korean Journal of Ecology And Environment*. 2018; 51(1): 40-59.
 19. Kim YD, Gong YG, Jeon CY, Song HI, Park MS, Lee CS, et al. Marine algal flora and community structure in Daejin on the mid-east coast of Korea. 2010; 43(5): 532-539.
 20. Choi AR, Park SJ, Kim JY, Song MY, Kong DS. The correlation between water quality and benthic macroinvertebrate community indices in the Jinwi stream. *The Korean Society of Limnology*. 2012; 45(1): 1-10.
 21. Sho Nakano. The monitoring of food web and coastal zooplankton community in a eutrophic-brackish reservoir, Saemangeum, [dissertation]. [Seoul]: Kyunghee University; 2015.

<저자정보>

고순미(연구사), 임홍빈(연구사), 정은희(연구관), 김태열(연구사), 김재광(연구사), 최정인(연구사), 이호정(연구사), 오조교(연구관)