

경포 도립공원(경포호 · 순포습지)의 수질환경과 저서성 대형무척추동물

배 경 석 · 강 미 현

한국생태연구소

Water Quality Environments and Benthic Macroinvertebrates at the Gyeongpo Provincial Park (Gyeongpo Reservoir · Soonpo Wetland) in Korea

BAE, Kyung Seok · Mi Hyun KANG

Korea Eco-Research Center Inc.

ABSTRACT

The present study was performed to examine the water quality environments and the benthic macroinvertebrate fauna at the Gyeongpo reservoir and Soonpo wetland of Gyeongpo provincial park on August 17 and September 10~11, 2018. Over the study, DO of each survey site were 6.3~14.8mg/L range at Gyeongpo reservoir, 2.3~6.2mg/L range at Soonpo wetland. T-N and T-P were 0.339~0.568mg/L, 0.021~0.058 range at Gyeongpo reservoir, and 0.201~0.360 mg/L, 0.038~0.055mg/L range at Soonpo wetland. Occurrence species of benthic macroinvertebrates appeared as 17 species, 15 families, 12 orders, 5 classes in 3 phyla at Gyeongpo reservoir, and 25 species, 17 families, 8 orders, 4 classes in 3 phyla at Soonpo wetland, respectively. Among them, aquatic insects were 1 species at Gyeongpo reservoir, 22 species at Soonpo wetland, respectively. Major dominant species were *Assiminea japonica*, *Musculus senhausia*, *Palaemon serrifer*, *Palaemon gravieri* at Gyeongpo reservoir, and *Palaemon miyadaii*, *Cipangppaludina chinensis malleata*, *Cloeon diterum*, *Ischnura asiatica*, *Anax parthnope*, *Aquaris insularis*, *Sigara substriata* at Soonpo wetland. Species diversity indices of benthic macroinvertebrates at each survey site were 0.77~2.37 range at Gyeongpo reservoir, and 0.77~3.84 range at Soonpo wetland. Species richness indices of benthic macroinvertebrates at each survey site were 0.52~1.52 ranges at Gyeongpo reservoir, and 0.55~2.68 range at Soonpo wetland. Species evenness indices of benthic macroinvertebrates at each survey site were 0.23~0.79 ranges at Gyeongpo reservoir, and 0.49~0.96 range at Soonpo wetland.

Key words : Gyeongpo reservoir, Soonpo wetland, water quality, benthic macroinvertebrates

서 론

동해안에 형성된 석호(潟湖)는 대략 4,000년 경에 생성된 것으로 추정되고 있으며, 한반도의 반만년 자연생태계의 역사를 담고 있는 생태계의 보고이다. 경포호는 동해의 조수 영향을 크게 받고 있

는 감조 호수이자 석호이다. 경포호는 인간이 하천과 습지를 이해하는 정도에 따라 관리와 복원의 방향이 바뀌어 왔다. 1920년대의 경포호의 면적은 160만 m^2 로 현재의 약 1.8배에 이르며, 경포천과 안현천이 호수로 유입되는 전형적인 모습을 가지고 있었다(강릉시, 2017). 그러나 홍수시에만 물에 잠기던 경포호 주변 습지를 농지로 개발하면서 유수량이 경포호 중심까지 전달되면서 호수가 급격히 매몰되는 결과를 가져왔다. 이에 따라 경포천과 안현천을 경포호에서 분리하여 동해로 직접 물이 흘러 나가게 유로를 변경하였다(박상덕, 2018). 유로변경으로 유입하천, 경포호, 유출하천을 통한 자연적인 물 흐름에서 경포천과 경포호를 통해서만 물이 드나드는 기형적인 구조가 되었다. 이후 수질 문제와 어류 폐사 등의 문제가 자주 발생되자 경포호와 안현천의 연결통로에 있던 보를 철거하였으며, 과거에 경포호였던 농지를 매입하여 유수지를 겸한 생태습지를 복원하였다. 복원된 습지와 호수를 연결하는 방식으로 물 순환구조를 개선하여 수질개선 효과를 거두고 있다. 현재 경포호 물순환 구조는 경포호 본류 약 2km 구간에 우회수로가 조성되어 흐르고 있다. 상류에 경포유수지를 조성하여 경포천에서 분류, 경포유수지, 경포호, 동해에 합류되는 제한적인 물흐름 경로가 개설되어 있다. 이에 따라 홍수시에는 경포천 홍수량 일부가 경포유수지로 분류되기 때문에 흐름이 유지되고 있지만 평상시에는 분류지점에서 흐름이 단절되고 있다. 그러나 경포천 분류지점 하류 0.6km 구간에서 하천 복류수가 경포유수지에 유입되어 경포호로 유입되고 있어 낮은 수준의 물 흐름이 유지되고 있다. 이 흐름으로 경포유수지도 동시에 습지생태계의 기능을 유지하는 생태환경이 유지되고 있다.

순포습지는 1920년도 89,000 m^2 였던 수면적이 2000년대 26,000 m^2 로 축소되었다. 인간의 활동과 간섭이 늘어나면서 농경지로의 개간에 의한 습지 축소가 지속적으로 일어났다. 비교적 최근인 2000년 강릉사천지역 산불로 인해 유역내 산림이 전소됨에 따라 주변 농경지 및 산림에서의 토사 유출이 일어나 육지화가 가속화 되었다. 현재의 모습은 2011~2017년 시행된 환경부의 생태하천복원사업으로 현재의 수면적 79,000 m^2 로 복원되었다. 복원된 순포습지의 대부분의 수심은 수심 cm 정도의 얇은 곳이 많아 주변 농경지 등에서의 토사유입에 의한 육지화가 우려되고 있다. 수심이 낮은 순포습지에서는 각종 대형수초들로 뒤덮혀 있으며, 다양한 생물의 서식처를 제공하고 있다.

경포호는 환경부 생태하천복원사업의 일환으로 경포호 일대를 핵심, 완충, 천이지역으로 복원하여 습 등 30여 종의 범종 보호종이 서식왕래하는 생태계의 보고이다. 경포호와 상류의 가시연 습지는 홍수시에는 홍수량을 조절하는 유수지의 역할을 하고 있으며, 다양한 생물들에게 서식지를 제공하여 생물다양성을 증진시키는 역할을 하고 있다. 그러나 주변 농경지나 인가로 부터의 오염된 생활하수 등의 유입이 우려되고 있으며, 상류의 담수가 제한적으로 유입되고 있어 계속적인 감시가 필요한 지역으로 볼 수 있다. 순포습지도 주변 농경지 등에서의 토사, 비료 등의 유입이 우려되고 있어 생태계 변화를 지속적으로 살펴볼 필요성이 크다. 순포습지는 완충구역 내에 탐방로와 조류관찰 탐방시설을 설치하여 인간에 의한 생태계 간섭을 최소화하면서도 야생동식물을 관찰할 수 있게 활용되고 있다.

본 조사에서는 경포호와 순포습지의 수질과 수중생태계의 저서성 대형무척추동물상을 조사하였다. 석호는 감조수역의 영향이 미치는 곳으로 내륙의 육수생태계와 해양의 생태계 사이의 독특한 수질환경과 저서성 대형무척추동물상을 보여주고 있다. 그러나 인간의 간섭으로 경포호는 담수 유입이 제한적으로 이루어져 본래의 석호와와는 다른 생물상을 보여주고 있다. 육지화가 진행되었던 순포습지는 담수의 영향을 크게 받는 독특한 저서생물상을 보여주고 있다. 본 조사를 통한 경포 도립공원내의 경포호 및 순포습지의 수환경 이해와 저서성 대형무척추동물상 현황 파악은 이들 석호의 생물상 변동 파악과 생태계보호에 중요한 자료로 활용될 수 있을 것이다.

연구내용 및 방법

1. 연구내용

1) 조사대상 호소

금번조사는 강릉시의 경포호와 순포습지의 2개 석호가 대상이며, 행정구역 현황 및 위치는 표 1과 같다. 조사지점은 그림 1, 조사지점 전경은 그림 2와 같다.

2) 조사시기

본 조사는 8월과 9월에 실시하였다. 수질환경은 9월에 1회 조사하였으며, 저서성 대형무척추동물 조사는 8월 17일과 9월 10~11일의 2회에 걸쳐 조사하였다.

3) 조사내용

- 호소의 수질조사: 수온, pH, DO, 전기전도도, SS, COD, 총질소, 총인, 엽록소 a , 총대장균군수, 분원성 대장균군수
- 저서성 대형무척추동물: 출현종수, 개체밀도, 우점종 및 우점도지수, 군집지수(종다양도지수, 종풍부도지수, 종균등도지수)

2. 연구방법

1) 수질조사

표 1. 경포호와 순포호의 행정구역 및 조사지점

	경포호	순포습지
행정구역	강원도 강릉시	강원도 사천면
조사지점	상류, 담수습지, 경포호 상, 중, 하류 등 4개 지점	순포습지 북호, 남호, 기수역(하류) 등 3개 지점

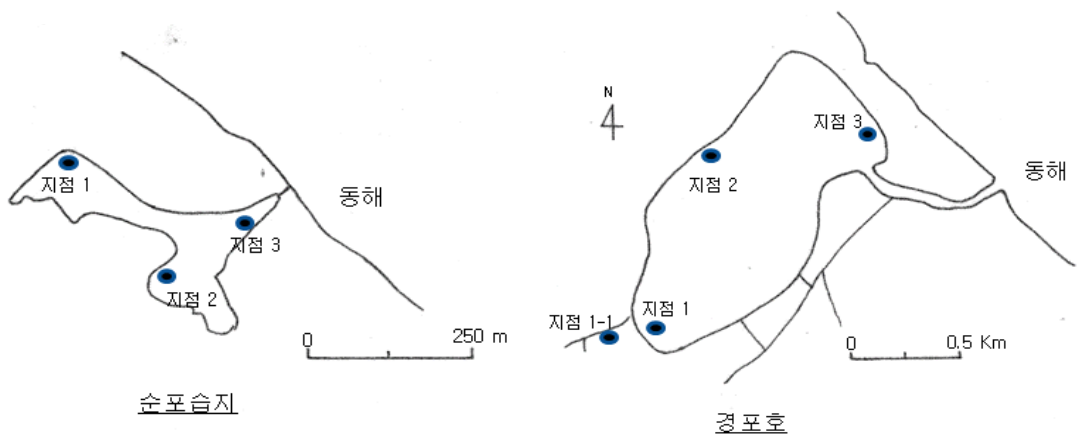


그림 1. 경포 도립공원(경포호 · 순포습지)의 수질 및 저서성 대형무척추동물 조사 지점.



경포호 상류 습지(지점 1-1)



경포호 상류호안과 저서동물 채집(지점 1)



경포호 북측 호안(지점 2)



경포호 하류 호안(지점 3)



순포습지 북호(지점 1)



순포습지 북호 중앙(지점 1)



순포습지 남호(지점 2)



순포습지 기수역, 하류(지점 3)

그림 2. 경포호와 순포습지의 조사 지점 전경.

표 2. 수질 분석항목 및 방법

항목	분석기기 및 방법
수온(℃)	HORIBA Water Quality Monitor, 현장조사
pH	HORIBA Water Quality Monitor, 현장조사
DO(mg/L)	HORIBA Water Quality Monitor, 현장조사
전기전도도 (μ S/cm)	HORIBA Water Quality Monitor, 현장조사
SS(mg/L)	유리섬유여과지(GF/C), 무게차이 산출
COD(mg/L)	적정법, 산성과망간산칼륨법
T-N(mg/L)	총인 연속자동분석기(Quickchem 8500, Lachat Inst., USA), 연속흐름법
T-P(mg/L)	총질소 연속자동분석기(Quickchem 8500, Lachat Inst., USA), 연속흐름법
엽록소- α (mg/m ³)	원심분리기, UV(UV-2700, Shimadzu, JP), 흡광광도법
총대장균군수 (MPN/100mL)	막여과장치(Millipore Microfil, USA), 막여과법
분원성 대장균군수 (MPN/100mL)	막여과장치(Millipore Microfil, USA), 막여과법

(1) 시료 채취

실험실 분석 항목을 위해 호수 주변부의 표층에서 플라스틱 통으로 4L를 채수하였다. 총대장균군과 분원성대장균군을 조사하기 위해서는 200mL 용량의 멸균 플라스틱 채수병으로 채수하였다. 채수병들은 이동용 얼음박스에 넣어 수질의 경시변화를 최소화하였다.

(2) 시료 분석

수질분석 항목은 수질오염공정시험기준(국립환경과학원)에 준하여 분석하였으며, 경시변화가 심한 수온, 수소이온 농도, 용존산소 및 전기전도도는 현장에서 측정하였다. 그 외에 화학적 산소요구량, 부유물질, 총인, 총질소, 엽록소- α , 총대장균군, 분원성대장균군은 실험실로 옮겨와 단기간에 분석하였다(표 2).

2) 저서성 대형무척추동물상 조사

(1) 조사항목

- 저서성 대형무척추동물의 종 목록 및 개체밀도
- 우점종 및 우점율
- 군집분석

(2) 조사방법

가. 시료 채집

저서성 대형무척추동물조사는 호소의 수변부에서 정량적 채집을 우선하였다. 그랩(Grab, 30×30cm)

를 이용하여 1m² 면적의 하상을 긁어모아 정량적으로 채집하였다. 정확한 저서성 대형무척추동물상을 파악하기 위해 뜰채(Scoop net)를 이용하여 수초대와 하상 유형에 따른 다양한 미소서식처들에 대하여 정성채집을 병행하였다.

나. 시료보관

채집된 저서성 대형무척추동물중 수서곤충류는 현장에서 Kahl's 용액에 고정하여 실험실로 운반하였으며, 고르기 및 동정을 한 후 Kahl's 용액(증류수 59%, 에틸알코올 28%, 중성포르말린 11%, 아세트산 2%)이나 80% 에탄올에 보관하였다. 기타 무척추동물은 10~20% 중성포르말린에 고정 및 보관하였다.

다. 동정

각 분류군 중 수서곤충의 경우는 McCafferty(1981), Kawai(1985), Merritt & Cummins(1984, 1996), 윤(1988, 1995) 등을 참고로 하여 동정하였으며, 곤충류 중 Chironomidae의 경우는 Wiederholm(1983)을 이용하여 외부형태, 특히 체장, 체색, Mouth part 형태, Abdominal tube의 유무, 강모의 형태 등의 특징을 고려하여 임의로 아과 수준에서 동정하였다. 연체동물의 경우는 권(1990), 권 등(1993)을 참고로 하였고, 새우류는 김(1977)을 이용하였으며, 기타 갑각류 및 환형동물류 등은 岡田(1965a, b, c)를 이용하여 동정하였다. 동정된 학명의 체계 및 국명은 한국곤충명집(한국곤충학회, 1994)과 한국동물명집(한국동물분류학회, 1997)에 의거하여 작성하였다.

라. 개체밀도

그랩으로 채집한 1m²당 출현개체수를 개수하여 개체밀도를 구하였다.

마. 군집분석

군집의 분석은 정량으로 채집된 자료를 이용으로 출현개체수, 우점종, 우점도지수(DI), 종다양도지수(H'), 종풍부도지수(R1), 종균등도지수(J')를 산출하였다. 출현종수의 경우에는 정성적으로 얻어진 자료를 포함하여 산출하였다. 총출현개체수를 N, i종의 개체수를 Ni, 총출현종수를 S, 우점종의 개체수를 N₁, 아우점종의 개체수를 N₂라 할 때 다음의 식으로 표현할 수 있다.

$$\text{우점도지수(DI)} = (N_1 + N_2) / N \quad (\text{McNaughton, 1970})$$

$$\text{종다양도지수(H')} = - \sum_{i=1}^S \{(n_i/N) \cdot \log_2(n_i/N)\} \quad (\text{Pielou, 1966, 1975})$$

$$\text{종풍부도지수(R1)} = \frac{S-1}{\log(N)} \quad (\text{Magaref, 1958})$$

$$\text{종균등도지수(J')} = \frac{H'}{\log_2 S} \quad (\text{Pielou, 1975})$$

연구내용

1. 경포호

1) 유역현황

경포호는 강원도 강릉시에 위치하고 있으며, 호소면적 1.25km^2 , 수변길이 4.0km , 연평균수위 0.66m , 유역면적은 36.76km^2 이다. 유입되는 하천은 경포천이다. 현재 경포호 물순환 구조는 경포호 본류 약 2km 구간에 우회수로가 조성되어 흐르고 있다. 상류에 경포유수지를 조성하여 경포천에서 분류, 경포유수지, 경포호, 동해에 합류되는 제한적인 물흐름 경로가 개설되어 있다. 이에 따라 홍수시에는 경포천 홍수량 일부가 경포유수지로 분류되기 때문에 흐름이 유지되고 있지만, 평상시에는 분류지점에서 흐름이 단절되고 있다. 그러나 경포천 분류지점 하류 0.6km 구간에서 하천 복류수가 경포유수지에 유입되어 경포호로 유입되고 있어 낮은 수준의 물 흐름이 유지되고 있다. 경포호의 이해를 돕기 위한 전경사진은 그림 3과 같다.

2) 수질

2018년 9월 11일 채수한 경포호의 수질은 다음과 같다(표 3, 그림 4-1~4-2).



상류 습지: 경포천에서 분리된 습지의 물이 자갈층을 통해 경포호로 일부 유입



경포호의 번성한 녹조류(지점 2, 9월)



상류 습지와 연결된 수로: 강우시 유수지로 이용 및 경포호로 직접 담수 유출



경포호 하류(지점 3)의 흰따개비

그림 3. 경포호의 전경 사진.

표 3. 경포호의 지점별 수질 현황 (2018. 9. 11)

항목	지점	상류 습지	경포호		
		지점 1-1	지점 1	지점 2	지점 3
수온(℃)		24.1	22.8	25.9	25.3
pH		8.1	8.4	9.4	8.7
DO(mg/L)		4.0	6.3	14.8	8.2
전기전도도(μ S/cm)		274	27,900	29,400	29,000
SS(mg/L)		6.4	17.3	15.0	3.0
COD(mg/L)		7.2	5.1	5.9	6.6
T-N(mg/L)		0.202	0.347	0.568	0.339
T-P(mg/L)		0.015	0.021	0.058	0.036
클로로필 α (mg/m ³)		29.3	5.9	22.4	20.2
총대장균군수(MPN/100mL)		400	300	9,000	4,500
분원성 대장균군수(MPN/100mL)		30	60	1,200	400

(1) 수온

상류 습지의 수온은 24.1℃였으며, 경포호의 수온은 22.8~25.9℃ 범위였다.

(2) pH

pH는 상류 습지에서는 8.1이었으며, 경포호는 8.4~9.4의 범위로 약알칼리성을 나타냈다. 상류 유수지보다 호수내의 pH가 약간 더 높았다. 상류 유수지나 호수 내의 주변부는 녹조류가 밀생하여 서식하고 있었으며, 이들 부착조류에 의한 주간의 광합성 영향으로 pH가 상대적으로 높게 나온 것으로 보여진다.

(3) 용존산소(DO)

수중의 용존산소농도(DO)는 상류 습지가 4.0mg/L로 낮게 나타났다. 상류 습지는 수초대가 밀생하여 낮의 경우 수초와 녹조류가 많아 광합성이 활발하게 일어날 수 있음에도 낮게 나오는 것은 하상에 깊게 쌓인 유기성 저니의 분해작용의 영향일 가능성이 높다. 호소내의 용존산소농도는 6.3~14.8mg/L 범위로 차이가 크게 나타났다.

(4) 전기전도도(EC)

상류 습지의 전기전도도는 274 μ S/cm로 일반적인 담수호와 비슷하였다. 경포호의 전기전도도는 27,900~29,400 μ S/cm 범위로 매우 높게 나타났다. 호수내 전기전도도는 해수 유입에 따른 염분 농도가 크게 영향을 미친 것으로 보인다. 전기전도도 농도로 보아 경포호내는 전체 수역이 해수의 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다.

(5) 부유물질(SS)

상류 습지의 부유물질농도는 6.4mg/L였다. 경포호의 부유물질은 지점 3은 3.0mg/L로 낮았으나, 지점 1과 지점 2는 각각 17.3mg/L와 15.0mg/L로 호소생활환경기준 나쁨 수준으로 나타났다.

(6) 화학적 산소요구량(COD)

화학적 산소요구량은 수체내의 유기물질 오염도를 평가하는 중요한 지표이다. 화학적 산소요구량은 상류 습지는 7.2mg/L로 다소 높게 나왔으며, 경포호는 5.1~6.6 범위로 나타났다. 경포호는 상류 하천의 물 흐름 제한에 따른 수역 정체와 주변 농지 및 인가를 통해 유입되는 유기물질로 하상에 부패성 저니가 많이 퇴적되어 있으며, 화학적 산소요구량농도는 이들의 영향을 받고 있는 것으로 보여진다.

(7) 총질소(T-N)

상류 습지의 총질소농도는 0.202mg/L로 호소생활환경기준으로 좋음인 I b등급 수준이었다. 경포

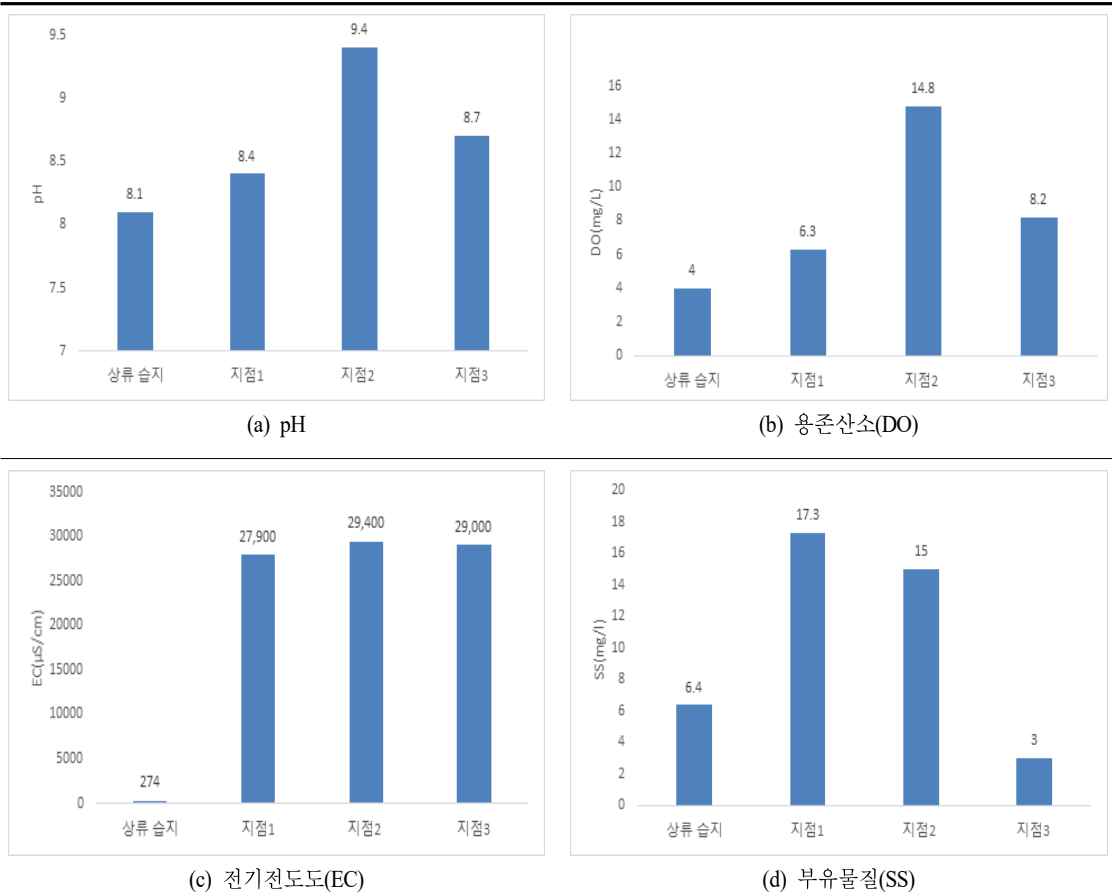


그림 4-1. 경포호의 수질: pH~부유물질.

호의 총질소농도는 0.339~0.568mg/L 범위로 약간 좋음에서 보통 수준인 Ⅱ등급에서 Ⅲ등급 수준으로 나타났다. 2004~2008년까지의 경포호의 총질소의 평균 농도는 1.136mg/L로 호소생활환경기준에

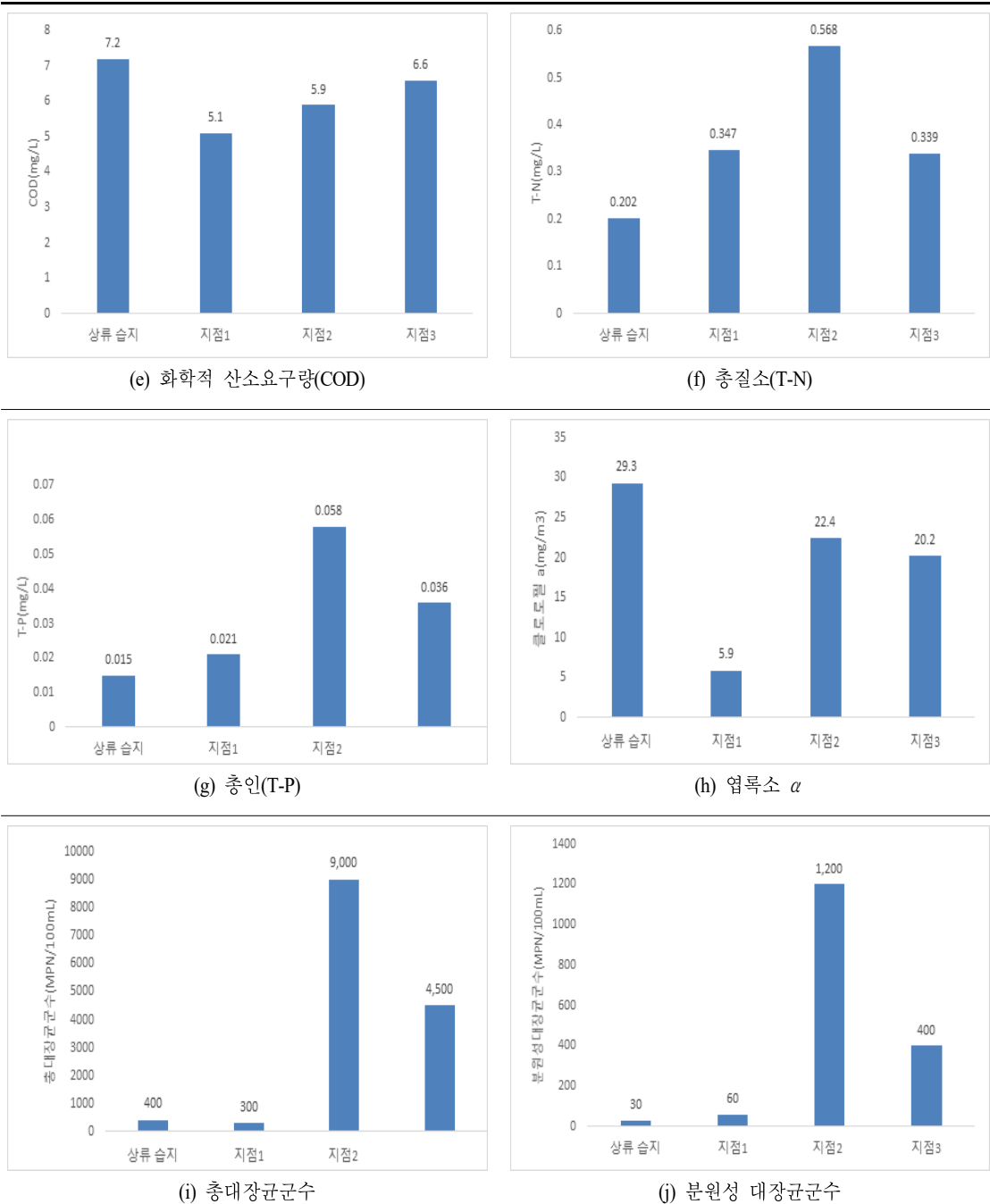


그림 4-2. 경포호의 수질: 화학적 산소요구량~분원성 대장균군수.

서 나쁨 수준인 V등급 수질을 나타냈고, 2010년의 평균 총질소 농도는 0.557mg/L로 보통수준인 III등급 수질을 나타냈다(원주지방환경청, 2008). 금번 조사에서 경포호의 평균 총질소 농도는 0.418 mg/L로 III등급 수질이었으며, 그 농도는 점점 낮아져 이전보다 수질이 개선되어가고 있는 것으로 보여진다.

(8) 총인(T-P)

상류 습지의 총인 농도는 0.015mg/L로 좋음 수준인 Ib등급 수준이었다. 호수내의 총인농도는 0.021~0.058mg/L 범위로 약간 좋음에서 약간 나쁨 수준인 II등급에서 IV등급으로 나타났다. 2004~2008년까지의 경포호의 총인의 평균 농도는 0.088mg/L로 호소생활환경기준에서 나쁨 수준인 IV등급 수질을 나타냈고, 2010년의 평균 총인 농도는 0.045mg/L로 보통 수준인 III등급 수질이였다(원주지방환경청, 2008). 금번 조사에서 경포호의 평균 총인 농도는 0.038mg/L로 III등급 수질을 나타냈다. 경포호의 총인 농도는 점점 낮아지는 경향이며, 이전보다 수질이 다소 개선되어가고 있는 것으로 나타났다.

(9) 엽록소 α (Chlorophyll α)

상류 습지의 엽록소 α 농도는 29.3mg/m³로 다소 높게 나와 호수생활환경기준은 약간 나쁨으로 IV등급을 나타냈다. 경포호의 엽록소 α 농도는 5.9~22.4mg/m³ 범위로 좋음에서 약간 나쁨 수준인 Ib에서 IV등급 수질이였다.

(10) 총대장균군

상류 습지의 총대장균군수는 400MPN/100mL로 비교적 양호하게 나타났다. 경포호의 총대장균군수는 지점 1은 300MPN/100mL로 호소생활환경기준이 좋음인 Ib 등급이었으나, 지점 2와 지점 3은 각각 9,000MPN/100mL와 4,500MPN/100mL로 높게 나타났다.

(11) 분원성 대장균군

분원성 대장균군수는 상류 습지는 30MPN/100mL로 좋음인 Ib 등급이었다. 경포호의 분원성 대장균군수는 지점 2는 60MPN/100mL로 Ib 등급이었으나, 지점 2와 지점 3은 각각 1,200MPN/100mL와 400MPN/100mL로 상대적으로 높게 나타났다.

3) 저서성 대형무척추동물

(1) 저서성 대형무척추동물상

본 조사에서 출현한 경포호의 저서성 대형무척추동물은 3문 5강 12목 15과 17종으로 나타났다. 이중 연체동물문이 9종으로 가장 많았으며, 절지동물문 6종, 환형동물문 1종, 수서곤충류 1종순으로 나타났다. 2008년과 2010년 석호정밀조사에서 13종과 36종이 서식하고 있음을 보고한 바 있다(원주청, 2008, 2010년). 금번 조사는 8월 및 9월에 집중적으로 시행된 조사로 직접적인 비교가 어려우나, 점진적으로 저서성 대형무척추동물상이 다양해지고 있는 것으로 볼 수 있다(표 4). 지점별 출현종수는 8

표 4. 경포호의 저서성 대형무척추동물 종목록 및 개체밀도(개체/m²), 2018

학명/국명	지점 1		지점 2		지점 3	
	8월	9월	8월	9월	8월	9월
Phylum Mollusca 연체동물문						
Class Gastropoda 복족강						
Order Mesogastropoda 중복족목						
Family Assimineidae 기수우렁이과						
1. <i>Assiminea japonica</i> 기수우렁이	1,000	6				800
Family Potaminidae 갯고둥과						
2. <i>Batillaria cumingii</i> 땡가리						6
Order Neogastropoda 신복족목						
Family Buccinidae 물레고둥과						
3. <i>Volutharpa ampullacea</i> 꼬마수랑		2				2
Family Nassariidae 좁쌀무늬고둥과						
4. <i>Niotha livescens</i> 좁쌀무늬고둥						2
Order Basommatophora 기안목						
Family Physidae 원돌이물달팽이과						
5. <i>Physa acuta</i> 원돌이물달팽이		2				
Family Planorbidae 또아리물달팽이과						
6. <i>Hippeutis cantori</i> 수정또아리물달팽이		2				
Class Bivalvia 이매패강						
Order Mytiloida 홍합목						
Family Mytilidae 홍합과						
7. <i>Musculus senhausia</i> 종뿔		10	20	18		14
Order Pterioidea 익각목						
Family Ostreidae 굴과						
8. <i>Crassostrea gigas</i> 굴					6	
Order Veneroida 백합목						
Family Veneridae 백합과						
9. <i>Ruditapes philippinarum</i> 반지락						6
Phylum Annelida 환형동물문						
Class Polychaeta 다모강						
Order Phyllodocta 부채발갯지렁이목						
Family Nereidae 참갯지렁이과						
10. <i>Neanthes japonica</i> 참갯지렁이					2	
Phylum Arthropoda 절지동물문						
Class Crustacea 갑각강						
Order Thoracica 따개비목						
Family Balanidae 따개비과						
11. <i>Balanus improvisus</i> 흰따개비					10	12
Order Isopoda 등각목						
Family Ligiidae 갯강구과						
12. <i>Ligia exotica</i> 갯강구	2			2		2
Order Mysidacea 곤쟁이목						
Family Mysidae 곤쟁이과						
13. <i>Neomysis</i> sp. 곤쟁이류	700	4				2
Order Decapoda 십각목						
Family Palaemonidae 정거미새우과						
14. <i>Palaemon serrifer</i> 줄새우아재비		70	12	16	140	60
15. <i>Palaemon macrodactylus</i> 붉은줄참새우	400				30	
16. <i>Palaemon gravieri</i> 그라비새우	30	4	4		60	
Class Insecta 곤충강						
Order 파리목						
Family Chironomidae 깔따구과						
17. <i>Chironomus</i> sp.1			2			
종수	5	8	4	3	6	10
개체수	2,132	100	38	36	248	906

월 조사의 경우, 지점 2에서 4종, 지점 1에서 5종, 지점 3에서 6종순으로 나타났다. 9월 조사에서도 지점 2가 3종으로 가장 적었으며, 지점 1이 8종, 지점 3이 10종이었다. 지점별 출현밀도는 8월 조사에서는 지점 2가 38개체/m²로 가장 적었으며, 지점 3이 248개체/m², 지점 1이 2,132개체/m²로 출현 개체수가 상당히 많았다. 지점 1의 경우 기수우렁이가 1,000개체, 곤쟁이류가 700개체, 붉은줄참새우가 400개체로 대부분을 차지하고 있다. 9월 조사에서도 지점 2가 36개체/m²로 가장 적었으며, 지점 1이 100개체/m², 지점 3이 906개체/m² 순으로 많았다. 9월 조사의 지점 3에서는 기수우렁이가 800개체, 줄새우아재비가 60개체로 대부분을 차지하였다.

(2) 출현종수

각 조사지점별 출현종수는 지점 3이 8월과 9월 각각 6종과 10종으로 모두 13종이 출현하여 상대적으로 많은 종이 채집되었다. 지점 1은 전체 10종, 지점 2는 전체 5종이 출현하였으며, 지점 2에서 가장 적은 종수가 채집되었다(표 5, 그림 5).

경포호내 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현 종수의 점유율은 연체동물류가 46%로 가장 높았다. 그 외에 갑각강이 40%, 환형동물문 7%, 곤충강 7% 순으로 나타났다(그림 6).

(3) 단위 면적당 개체수 밀도

경포호의 3개 지점에서 모두 3,460개체가 채집되었다(표 6, 그림 7). 지점 1에서 2,232개체, 지점 3에서 1,154개체로 상당히 많은 개체수가 채집되었으나, 지점 2에서는 74개체 만이 채집되어 상대적으로 매우 적었다. 지점 2는 하상에 혐기성의 유기질 뿔이 깊게 형성되어 있어 조개류 등의 저서성 대형무척추동물이 살기에 적합하지 않은 곳으로 보여진다. 지점 1은 8월 조사에서는 2,132개체/m²가 채집되었으며, 이중에서 연체동물문이 1,000개체, 갑각강이 1,132개체씩 채집되었다. 9월 조사에서는 연체동물문 22개체, 갑각강 78개체가 채집되어 모두 100개체/m² 만이 채집되었다. 지점 2에서는 8월과 9월에 각각 38개체/m²로, 36개체/m²로 모두 74개체가 채집되었다. 지점 3에서는 8월에는 248개체/m²가 채집되었으며, 이중에서 갑각강이 240개체를 차지하였다. 9월에는 906개체/m²가 채집되었으며, 이중에서 연체동물문이 830개체를 차지하였다.

(4) 주요 우점종 및 우점도지수

표 5. 강릉 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현 종수

분류군	지점 · 시기	지점 1			지점 2			지점 3			전체
		8월	9월	소계	8월	9월	소계	8월	9월	소계	
연체동물문		1	5	5	1	1	1	1	6	7	9
환형동물문								1			1
절지동물문	갑각강	4	3	5	2	2	3	4	4	6	6
	곤충강				1		1				1
전체		5	8	10	4	3	5	6	10	13	17

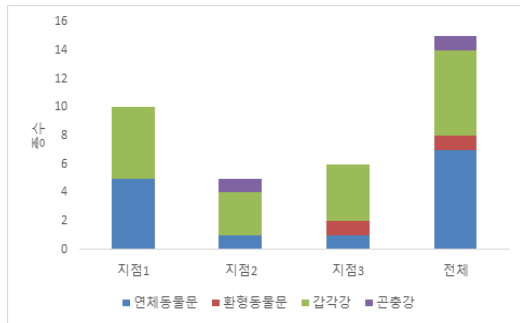


그림 5. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현 종수.

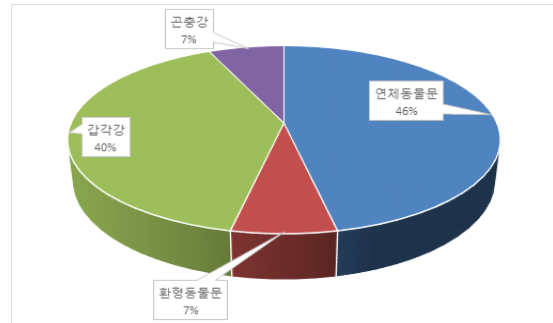


그림 6. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현 종의 점유율.

표 6. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 분류군별 출현 개체밀도(개체/m²)

분류군	지점 · 시기		지점 1		지점 2		지점 3		전체
			8월	9월	8월	9월	8월	9월	
연체동물문			1,000	22	20	18	6	830	1,896
환형동물문							2		2
절지동물문	갑각강		1,132	78	16	18	240	76	1,560
	곤충강				2				2
소 계			2,132	100	38	36	248	906	-
전 체			2,232		74		1,154		3,460

2008년 조사에서는 진주담치, 종뱀, 흰따개비가 밀생하고 있고, 특히 종뱀의 밀도가 매우 높았으며, 호안에 갯지렁이와 도약옆새우의 밀도가 높았다. 옆새우와 줌기수우렁이도 매우 흔하게 채집되었다고 보고되었다(원주청, 2008). 2010년 조사에서도 개고둥류와 종뱀이 밀생하고 있으며, 민구렁이 갯지렁이의 밀도도 높게 나타났다(원주청, 2010).

우점도 지수는 군집 내에서 가장 높은 출현도를 보이는 2종의 개체수에 대한 총개체수의 상대적 구성비를 나타내는데, 지수값이 높을수록 특정 종이 차지하는 비율이 높음을 나타내는 지수이다. 두 종의 우점도지수가 1에 가깝게 높을수록 군집이 단순하게 구성되어 있음을 의미한다. 본 조사에서는 지점 1의 경우 8월에는 우점종이 기수우렁이, 아우점종은 곤쟁이류였으며, 0.80의 우점율을 보였다. 9월에는 우점종이 줄새우아재비, 아우점종은 종뱀으로 0.80의 우점율을 보였다. 지점 2에서는 8월과 9월에 모두 우점종은 종뱀이, 아우점종은 줄새우아재비였으며, 우점율은 각각 0.84와 0.94로 높았다. 지점 3에서는 8월에는 우점종이 줄새우아재비, 아우점종은 그라비새우가 0.81의 우점율을 보였으며, 9월의 우점종은 기수우렁이, 아우점종은 줄새우아재비였다. 8월과 9월에 각각 0.81과 0.95로 우점율이 높았다(표 7, 그림 8). 주요 우점종의 사진은 그림 9와 같다.

(5) 군집지수

종다양도지수(H')는 출현한 각 종의 개체수와 전체 출현개체수의 상대적 출현도를 나타내는 것으

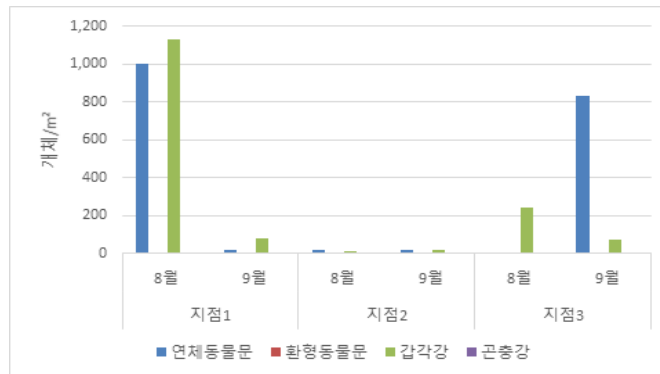


그림 7. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현밀도(개체/m²), 2018.

표 7. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 우점종 분포, 2018

지점시기		우점종	아우점종	우점도지수 (DI)	
지점 1	8월	기수우렁이	곤쟁이류 sp.1	0.80	0.80
	9월	줄새우아재비	종밧	0.80	
지점 2	8월	종밧	줄새우아재비	0.84	0.89
	9월	종밧	줄새우아재비	0.94	
지점 3	8월	줄새우아재비	그라비새우	0.81	0.88
	9월	기수우렁이	줄새우아재비	0.95	

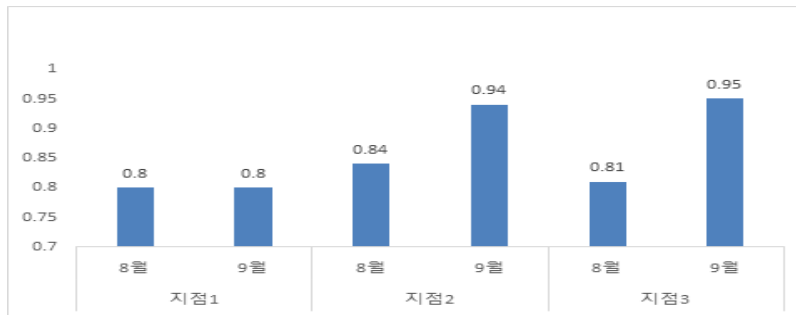


그림 8. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 우점도지수, 2018.

로 지수값이 높을수록 다양한 종이 복잡하게 군집을 이루어 안정적으로 서식하고 있음을 나타내는 지표이다. 본 조사에서 경포호의 종다양도지수는 8월에는 3개 지점에서 1.58~1.72로 비교적 낮게 나타났다. 9월에는 지점 2에서 2.37로 약간 높았으나, 지점 1은 1.64, 지점 3은 0.77로 낮게 나타났다(표 8, 그림 10).

종풍부도지수(RI)는 특정 지역에서 출현한 생물의 총종수와 총개체수를 고려하여 존재하는 종의 구성이 어느 정도 높은가(또는 어느 정도 풍부한가)를 파악하는 척도가 되는 지수이며, 종다양도지수와 같이 지수값이 높을수록 그 지역에 서식하는 생물종에 의한 생태적 안정성이 높음을 나타낸다.

기수우렁이(*Assimineidae japonica*)줄새우아재비(*Palaemon serrifer*)종밧(*Musculus senhausia*)그라비새우(*Palaemon gravieri*)

그림 9. 경포호의 우점종 사진.

종다양도지수와 비교할 때 민감도가 뛰어나 여러 곳에 위치하는 군집의 생물다양성을 상호 비교할 경우에 매우 유용한 지수이다. 본 조사에서 경포호의 종풍부도지수는 8월에는 3개 조사 지점에서 0.52~0.91로 상당히 낮게 나타났다. 9월에는 지점 2에서 0.56으로 낮았으나, 지점 1은 1.52, 지점 3은 1.32로 나타났다(표 8, 그림 11).

종균등도지수(J')는 군집 내의 종조성이 어느 정도 균일한가를 보여주는 지표로 안정적인 생태계 일수록 지수가 1에 가깝게 나타난다. 만약에 특정 장소에서 서식하는 종들이 완전히 균등하다면 그 값은 1이 되며, 그 지역에 서식하고 있는 생물종이 이루고 있는 군집 구조가 안정화되어 있다고 볼 수 있다. 경포호의 종균등도지수는 8월에는 3개 조사 지점에서 0.67~0.79로 약간 높았다. 9월에는 지점 3이 0.23으로 가장 낮았으며, 지점 1이 0.55, 지점 3이 0.79였다(표 8, 그림 12).

2. 순포습지

1) 현황

동해안 18개 석호중 하나인 순포습지는 예로부터 순나물이 많이 난다고 하여 순포(尊浦)라고 불리게 되었다고 한다. 1920년대 순포습지의 호소면적은 89,000m²로 전형적인 동해안 석호의 모습을 가지고 있었다. 농경지 개간, 동해안 산불로 인해 주변으로부터의 토사유입이 진행되어 습지의 기능을

표 8. 경포호에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 군집지수, 2018

지점 · 일시		지수	종다양도지수 (H')	종풍부도지수 (RI)	종균등도지수 (J')
지점 1	8월	1.59	1.62	0.52	0.68
	9월	1.64		1.52	0.55
지점 2	8월	1.58	1.98	0.82	0.79
	9월	2.37		0.56	0.79
지점 3	8월	1.72	1.25	0.91	0.67
	9월	0.77		1.32	0.23

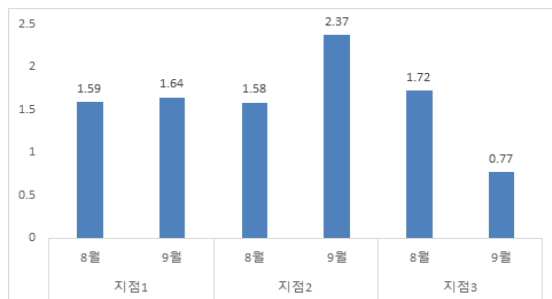


그림 10. 경포호에서 저서성 대형무척추동물 군집의 종다양도지수(H'), 2018.

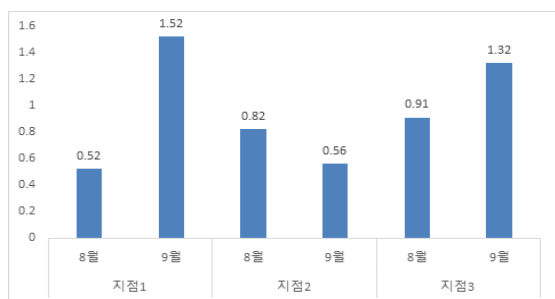


그림 11. 경포호에서 저서성 대형무척추동물 군집의 종풍부도지수(RI), 2018.

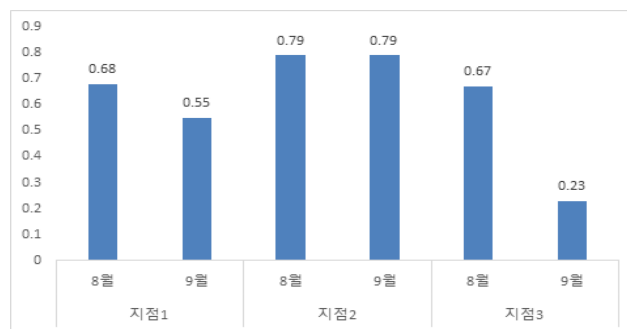


그림 12. 경포호에서 저서성 대형무척추동물 군집의 종균등도지수(J'), 2018.

현저히 상실하게 되자 동해시는 환경부 생태하천복원사업을 통해 수면적 79,000m²의 현재 모습으로 복원하여 다양한 동식물들의 서식처를 제공하고 있다. 순포습지에는 탐방시설을 설치하여 시민들이 석호를 직접 관찰하며 체험할 수 있게 조성하였다. 주요 탐방시설로는 탐방로 1.85km, 조류 관찰대 3개소, 수생식물원 1개소, 관찰데크 1개소, 탐방데크 1개소가 설치되어 이용되고 있다. 순포습지의 현황 전경사진은 그림 13과 같다.

2) 수질

2018년 9월 11일 채수한 순포습지의 수질 현황은 다음과 같다(표 9, 그림 14-1~14-2).

(1) 수온

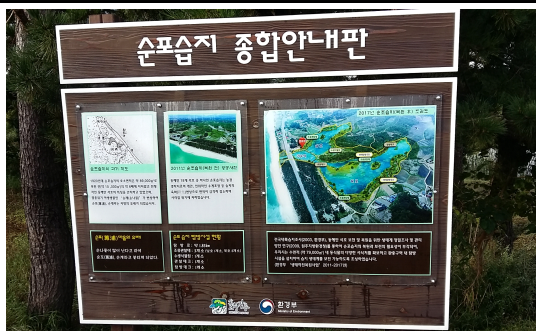
9월의 순포습지의 수온은 지점 1과 지점 2는 21.8℃와 20.8℃였다. 지점 3의 수온은 25.9℃로 상대적으로 높았다. 하류 기수역은 다른 지점들에 비해 대형수초대가 적으며, 대기온도의 영향을 상대적으로 많이 받고 있는 것으로 보여진다.

(2) pH

pH는 3개 지점이 7.3~7.6 범위로 중성에서 약알칼리성을 나타냈다.

(3) 용존산소(DO)

수체중의 용존산소농도는 지점 1과 지점 2는 2.6과 2.3mg/L로 상당히 낮았다. 반면, 맨 하류에 위치한 지점 3은 6.2mg/L로 상대적으로 높게 나타났다. 지점 1과 지점 2는 대형수초가 밀생하고 하상에는 유기성 점토층이 많이 형성되어 있는 곳이며, 야간에 수초의 호흡활동에 의한 산소 감소와 하상 유기물의 분해 활동으로 수체중의 용존산소가 감소하였을 것으로 보여진다. 지점 3의 경우 수초대가 거의 없고 뺨 층이 많지 않아 상대적으로 용존산소 농도가 더 높게 나온 것으로 보여진다.



2017년 순포습지 복원후 조감도:
수역을 남호, 북호, 기수역으로 구분



순포습지 남호: 수심 낮음. 육지화가 진행중으로 보임



순포 습지 탐방로: 남호



순포습지 기수역(하류)의 모래톱과 동해

그림 13. 순포 습지의 현황 전경 사진.

표 9. 순포습지의 지점별 수질 현황 (2018. 9. 11)

항목 \ 지점	지점 1	지점 2	지점 3
수온(℃)	21.8	20.8	25.5
pH	7.6	7.3	7.3
DO(mg/L)	2.6	2.3	6.2
전기전도도(μ S/cm)	247	171	1,290
SS(mg/L)	22.6	2.6	6.2
COD(mg/L)	7.7	9.6	6.4
T-N(mg/L)	0.201	0.360	0.206
T-P(mg/L)	0.055	0.038	0.044
클로로필 α (mg/m ³)	5.1	9.9	9.2
총대장균군수(MPN/100mL)	1,800	1,000	400
분원성 대장균군수(MPN/100mL)	100	110	13

(4) 전기전도도(EC)

순포습지의 전기전도도는 지점 1과 지점 2는 각각 $247 \mu\text{S/cm}$ 와 $171 \mu\text{S/cm}$ 였으며, 지점 3은 $1,290 \mu\text{S/cm}$ 이었다. 지점 1과 지점 2는 일반적인 담수호의 전기전도도 농도를 보여 주고 있으나, 지점 3은 $1,290 \mu\text{S/cm}$ 으로 담수지역에 비해 높게 나타났다. 순포호의 바닷쪽 입구는 모래톱에 의해 막혀져 있으나, 하류에 위치한 지점 3의 전기전도도 농도가 상대적으로 높게 나타난 것은 해수침투로 인해 염분농도가 영향을 주었을 것으로 보여진다. 그러나 경포호와 달리 바닷쪽 입구가 직접 해수가 드나들지 않고 입구의 퇴적된 모래톱을 침투한 해수의 영향만을 받아 염분에 의한 전기전도도가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 보인다.

(5) 부유물질(SS)

수체중의 부유물질농도는 지점 1은 22.6mg/L 로 높았으나, 지점 2와 지점 3은 2.6mg/L 와 6.2mg/L 로 비교적 낮았다.

(6) 화학적 산소요구량(COD)

순포습지의 화학적 산소요구량은 $6.4 \sim 9.6\text{mg/L}$ 범위로 다소 높게 나타났다. 순포습지는 주변 농경지로부터의 오염물질 유입 영향과 습지의 바닥에 두껍게 퇴적된 유기물 퇴적층으로부터의 영양염류 유출에 의한 영향을 지속적으로 받고 있는 것으로 보여진다.

(7) 총질소(T-N)

순포습지의 총질소농도는 $0.201 \sim 0.360\text{mg/L}$ 범위였으며, 호소생활환경기준은 좋음과 약간 좋음 수준인 I b와 II 등급 수질이었다. 순포습지의 총질소농도는 비교적 낮게 나타났다.

(8) 총인(T-P)

수체중의 총인 농도는 0.038~0.055 범위였으며, 호수생활환경기준은 보통과 약간 나쁨 수준인 III 등급과 IV등급 수질이였다. 순포습지의 총인농도는 다소 높게 나타났다.

(9) 엽록소 α (Chlorophyll α)

순포습지의 엽록소 a 농도는 5.1~9.9mg/m³로 나타났다. 호수생활환경기준으로는 좋음에서 약간

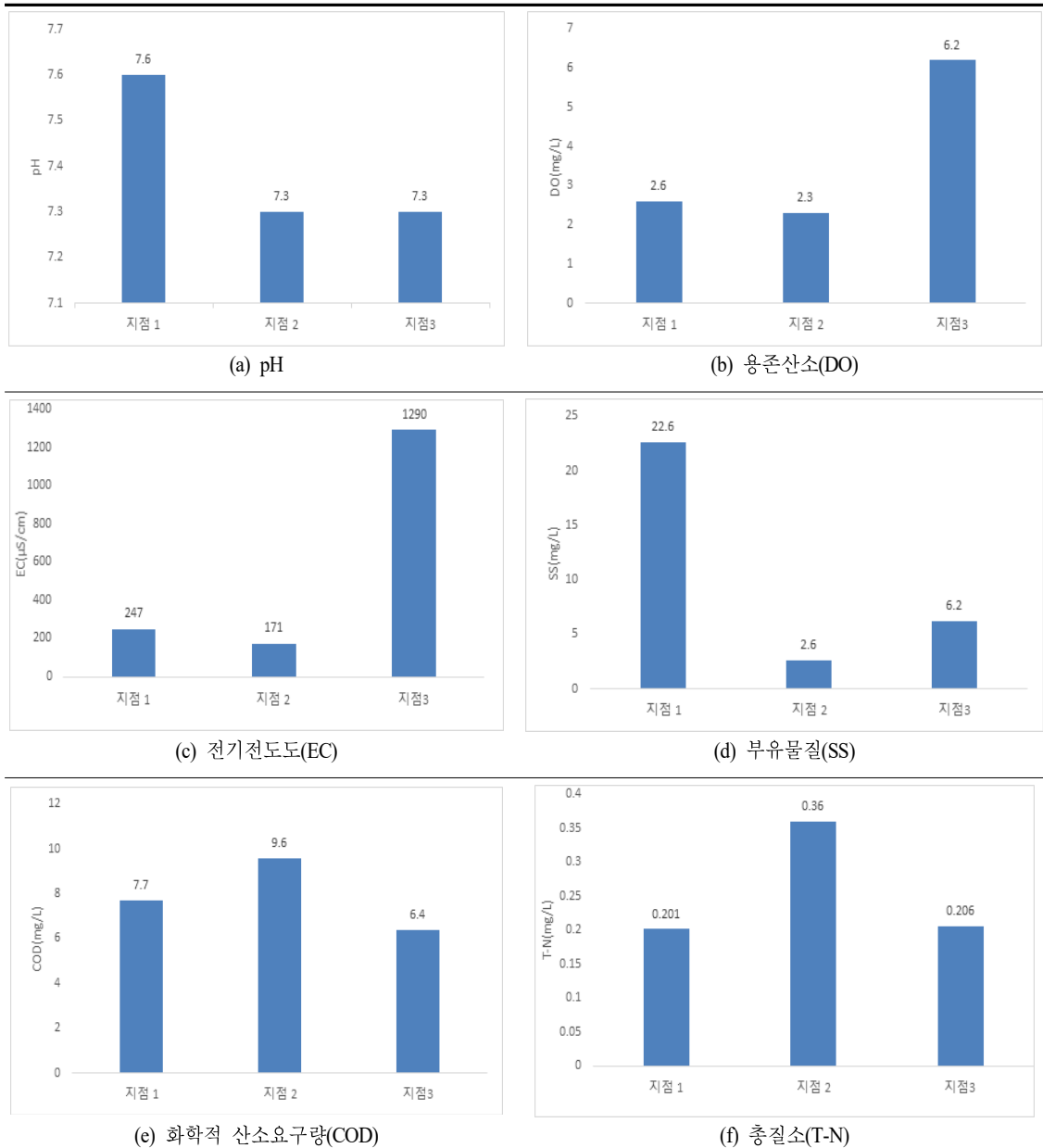


그림 14-1. 순포습지의 수질: pH~총질소, 2018.

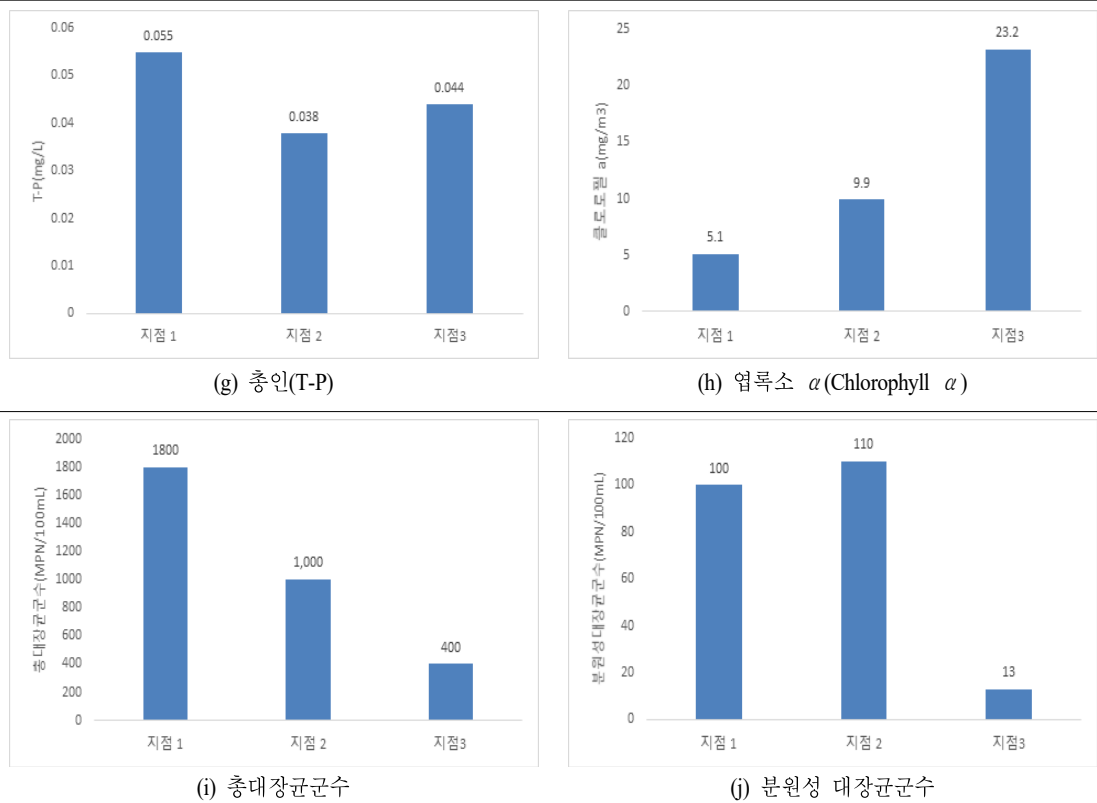


그림 14-2. 순포습지의 수질: 총인~분원성 대장균군수, 2018.

좋은 수준인 Ib와 II 등급을 나타냈다. 순포습지의 엽록소 α 의 농도는 비교적 낮은 것으로 나타났다.

(10) 총대장균군

총대장균군수는 400~1,800MPN/100mL로 비교적 양호하게 나타났다. 인접한 경포호의 총대장균군수와 비교해서 상대적으로 덜 오염된 것으로 나타났다.

(11) 분원성 대장균군

순포습지의 분원성 대장균군수는 13~110MPN/100mL로 호소생활환경기준은 좋음에서 약간 좋음 수준인 Ib와 II 등급 수질을 나타내고 있다. 분변에 의한 세균 오염은 비교적 양호한 수역으로 보여진다.

3) 저서성 대형무척추동물상

(1) 저서성 대형무척추동물상

본 조사에서 출현한 순포습지의 저서성 대형무척추동물은 3문 4강 8목 17과 25종으로 나타났다.

염분의 영향을 거의 받지 않는 수역이 많은 순포습지에서는 경포호와 달리 수서곤충류가 22종으로 대부분을 차지하였다. 그 외에 연체동물문에 논우렁이 1종, 환형동물문에 실지렁이 1종, 갑각강에 미야디새우 1종이 채집되었다(표 10).

(2) 출현종수

순포습지에서 8월의 지점별 출현종수는 지점 3이 5종, 지점 2가 8종, 지점 1이 9종 순으로 나타났다. 9월 조사에서도 지점 3이 3종으로 출현종이 가장 적었으며, 지점 2가 8종, 지점 1이 11종으로 상대적으로 출현종수가 다양하였다. 전체적으로는 지점 3이 6종이었으며, 지점 2가 13종, 지점 1이 14종이었다(표 11, 그림 15).

저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현 종수의 점유율은 잠자리목이 36%로 가장 높았다. 그 외에 노린재목 20%, 딱정벌레목 16%, 파리목 12%, 하루살이목 4%로 이들 수서곤충류가 88%를 차지하였다. 또한 연체동물문, 환형동물문, 갑각강이 각각 1종씩 4%를 차지하였다(그림 16).

(3) 단위 면적당 개체수 밀도

순포습지의 3개 지점에서 202개체가 채집되어 인근 경포호에 비해 출현밀도가 상당히 낮았다(표 12, 그림 17). 8월 조사에서는 3개 지점의 출현밀도가 22~32개체/m² 범위로 매우 낮았으며, 지점 1이 다른 지점에 비해 출현밀도가 상대적으로 높았다. 9월 조사에서는 지점 3이 38개체/m²였으며, 지점 1과 지점 2는 모두 42개체/m²로 출현개체수가 비교적 적었다. 2회의 전체조사에서 수서곤충류가 지점 1과 지점 2에서는 20~38개체로 출현밀도의 대부분을 차지하였다. 반면에, 습지 입구에서 염분의 영향을 상대적으로 많이 받는 지점 3에서의 출현밀도는 수서곤충류가 8 및 6개체였으나, 갑각강이 18개체 및 32개체로 더 많이 채집되었다.

표 10. 순포습지의 저서성 대형무척추동물 목록 및 개체밀도(개체/m²), 2018

학명/국명	지점 1		지점 2		지점 3	
	8월	9월	8월	9월	8월	9월
Phylum Mollusca 연체동물문						
Class Gastropoda 복족강						
Order Mesogastropoda 중복족목						
Family Viviparidae 논우렁이과						
1. <i>Cipangopaludina chinesis malleata</i> 논우렁이			2			
Phylum Annelida 환형동물문						
Class Oligochaeta 빈모강						
Order Archiologcheata 물지렁이목						
Family Naeidae 물지렁이과						
2. <i>Neanthes japonica</i> 실지렁이				2		
Phylum Arthropoda 절지동물문						
Class Crustacea 갑각강						
Order Decapoda 십각목						
Family Palaemonidae 징거미새우과						
3. <i>Palaemon miyadai</i> 미야디새우	6	4	6		18	32

표 10. 계속

학명/국명	지점 1		지점 2		지점 3	
	8월	9월	8월	9월	8월	9월
Class Insecta 곤충강						
Order Ephemeroptera 하루살이목						
Family Baetidae 꼬마하루살이과						
4. <i>Cloeon dipterum</i> 두날개하루살이	2	18	2	6		
Order Odonata 잠자리목						
Family Coenagrionidae 실잠자리과						
5. <i>Ischnura asiatica</i> 아시아실잠자리	4	2	8	18		
6. <i>Cercion hieroglyphicum</i> 등줄실잠자리	2				2	
Family Libellulidae 잠자리과						
7. <i>Crocothemis servilia</i> 고추잠자리		2				
8. <i>Orthetrum lineostigma</i> 홀쪽밀잠자리			2			
9. <i>Orthetrum albistylum speciosum</i> 밀잠자리	2	2	2	4		
10. <i>Libellula angelina</i> 대모잠자리				2		
Family Aeshnidae 왕잠자리과						
11. <i>Anax parthenope julius</i> 왕잠자리					2	
12. <i>Aeschnophlebia longistigma</i> 긴무늬왕잠자리				2		
13. <i>Aeshna nigroflava</i> 큰별박이왕잠자리			2			
Order Hemiptera 노린재목						
Family Notonectidae 송장헤엄치게과						
14. <i>Notonecta triguttata</i> 송장헤엄치게		2				
Family Gerridae 소금쟁이과						
15. <i>Aquaris insularis</i> 소금쟁이		4			2	4
Family Belostomatidae 물장군과						
16. <i>Diplonycus japonicus</i> 물자라		2				
Family Nepidae 장구애비과						
17. <i>Laccotrephes japonensis</i> 장구애비	2	2				
Family Corixidae 물벌레과						
18. <i>Sigara substriata</i> 방물벌레	6					
Order Coleoptera 딱정벌레목						
Family Dytiscidae 물방개과						
19. <i>Graphoderus adamsii</i> 아담스물방개		2				
20. <i>Hydrovatus subtilis</i> 점틀물방개			2			
Family Hydrophilidae 물뽕매이과						
21. <i>Helochares striatus</i> 쯔물뽕매이	4					
Family Helodidae 알꽃벼룩과						
22. <i>Scirtes</i> sp. 알꽃벼룩 sp.			2			
Order 파리목						
Family Culicidae 모기과						
23. <i>Culicidae</i> sp.1				2		
Family Chironomidae 깔따구과						
24. <i>Chironomus</i> sp.1	4	2				2
25. <i>Chironomus</i> sp.2					2	
총수	9	11	8	8	5	3
개체수	32	42	22	42	26	38

표 11. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 분류군별 출현 종수

분류군		지점 1			지점 2			지점 3			전체
		8월	9월	소계	8월	9월	소계	8월	9월	소계	
연체동물문					1		1				1
환형동물문						1	1				1
절지 동물문	갑각강	1	1	1		1	1	1	1	1	1
	하루살이목	1	1	1	1	1	1				1
	잠자리목	3	3	4	4	4	6	2		2	9
	곤충강										
	노린재목	2	4	5				1	1	1	5
	딱정벌레목	1	1	2	2		2				4
	파리목	1	1	1		1	1	1	1	2	3
전체		9	11	14	8	8	13	5	3	6	25

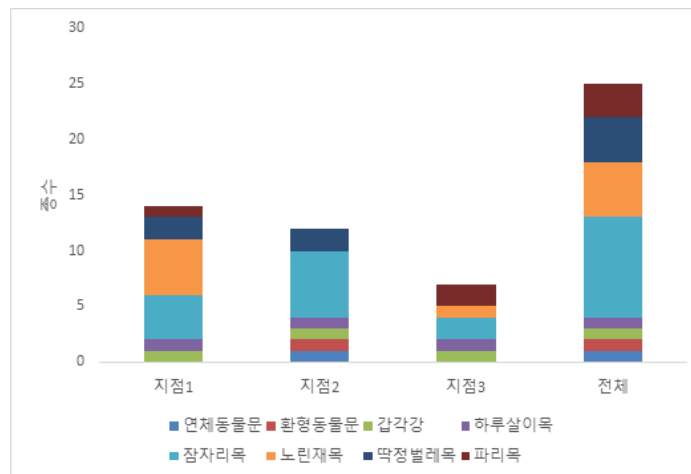


그림 15. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현 종수, 2018.

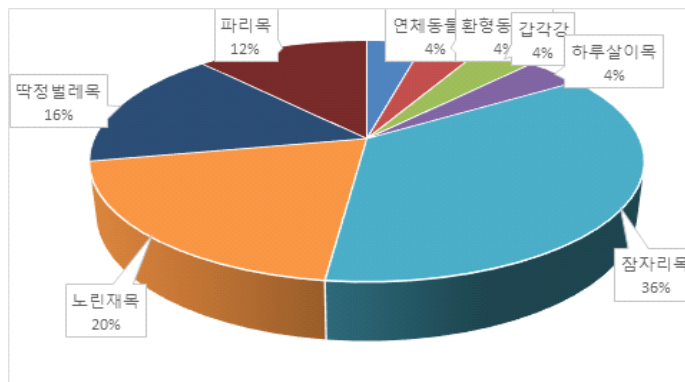
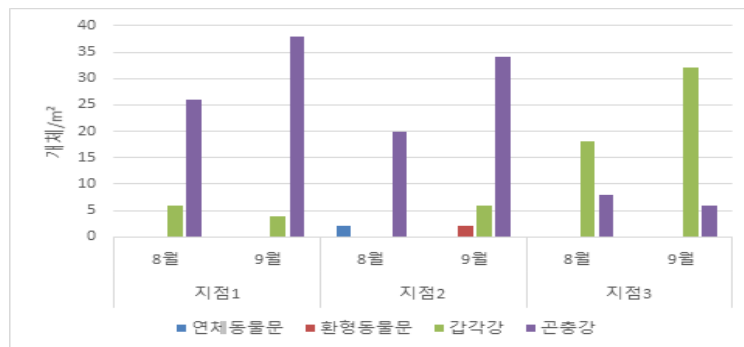


그림 16. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 점유율, 2018.

표 12. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 분류군별 출현 개체밀도(개체/m²), 2018.

분류군	지점 · 시기	지점 1		지점 2		지점 3		전체
		8월	9월	8월	9월	8월	9월	
연체동물문				2				2
환형동물문					2			2
절지동물문	갑각강	6	4		6	18	32	66
	곤충강	26	38	20	34	8	6	132
소계		32	42	22	42	26	38	-
전체		74		64		64		202

그림 17. 순포 습지에서 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현밀도(개체/m²).

(4) 주요 우점종 및 우점도지수

우점도 지수는 군집 내에서 지수값이 높을수록 특정종이 차지하는 비율이 높아 군집이 단순하게 구성되어 있음을 나타내는 지수이다. 본 조사에서는 지점 1의 경우, 8월에는 우점종이 미야디새우, 아우점종은 방물벌레가 차지하였으며, 0.38로 우점도지수가 낮았다. 지점 2에서는 8월과 9월 조사에서 우점종이 모두 아시아실잠자리였으며, 아우점종은 논우렁이와 미야디새우였다. 지점 2의 우점도지수는 0.45 및 0.57이었다. 지점 3에서는 8월과 9월 조사에서 우점종은 모두 미야디 새우였으며, 아우점종은 왕잠자리와 소금쟁이가 차지하였다. 지점 3의 우점도지수는 8월에 0.77, 9월에 0.95로 상류 습지들에 비해 높게 나타났다. 순포습지의 우점도지수는 지점 1과 지점 2의 습지에서는 상당히 낮게 나타나 출현 밀도는 높지 않지만 군집은 상당히 안정적인 구조를 하고 있음을 알 수 있다(표 13, 그림 18). 주요 우점종의 사진은 그림 19와 같다.

4) 군집지수

종다양도지수(H')는 지수값이 높을수록 군집 내에서 다양한 종이 복잡하게 구성되어 있어 안정을

표 13. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 우점종 분포, 2018

지점 · 시기	우점종	우점종	아우점종	우점도지수 (DI)
지점 1	8월	미야디새우	방물벌레	0.38
	9월	두날개하루살이	미야디새우	0.52
지점 2	8월	아시아실잠자리	논우렁이	0.45
	9월	아시아실잠자리	미야디새우	0.57
지점 3	8월	미야디새우	왕잠자리	0.77
	9월	미야디새우	소금쟁이	0.95

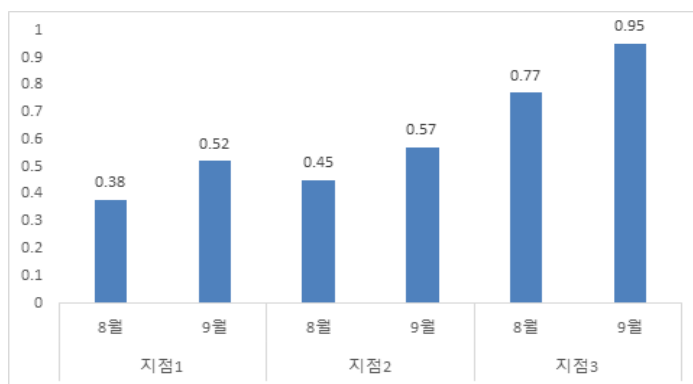


그림 18. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 우점도지수, 2018.

이루고 있음을 나타내는 지표이다. 본 조사에서 순포습지의 종다양도지수는 8월에는 지점 3에서 1.49로 낮았으나, 지점 2는 2.68, 지점 3은 3.04로 높았다. 9월에도 지점 3에서는 0.77로 가장 낮았으며, 지점 2는 2.48, 지점 1은 3.84로 상당히 높았다. 순포습지는 염분의 영향을 상대적으로 많이 받고 있고, 수초대가 적은 지점 3이 낮게 나타났으며, 수초대가 잘 발달되고 담수습지인 지점 2와 지점 3에서 높게 나타났다(표 14, 그림 20).

종풍부도지수(RI')는 지수값이 높을수록 군집 내의 생물종에 의한 생태적 안정성이 높다는 것을 나타낸다. 순포습지의 종풍부도지수는 8월에는 지점 3이 1.23으로 가장 낮았으며, 지점 2가 2.26, 지점 3이 2.31로 상대적으로 높게 나타났다. 9월에도 지점 3이 0.55로 변동의 경향성이 유사하였으며, 대형수초대가 적은 지점 3이 다른 지점들에 비해 낮았다(표 14, 그림 21).

종균등도지수(J')는 군집 내의 종조성의 균일 정도를 나타내는 지표로 안정적인 생태계일수록 지수가 높게 나타난다. 균등도지수가 1에 가까울수록 그 지역에 서식하고 있는 생물종이 이루고 있는 군집 구조가 안정화되어 있다고 볼 수 있다. 순포습지의 종균등도지수는 지점 3에서 8월과 9월에 각각 0.64와 0.49로 낮았으며, 지점 1과 지점 2에서는 0.82~0.96 범위로 상당히 높게 나타났다. 3개 조사

표 14. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 군집지수, 2018

지점, 일시	군집지수		종다양도지수 (H')	종풍부도지수 (RI)		종균등도지수 (J')	
지점 1	8월	3.04	3.44	2.31	2.50	0.96	0.89
	9월	3.84		2.68		0.82	
지점 2	8월	2.68	2.58	2.26	1.94	0.89	0.89
	9월	2.48		1.61		0.88	
지점 3	8월	1.49	1.13	1.23	0.89	0.64	0.57
	9월	0.77		0.55		0.49	



그림 19. 순포습지의 우점종 사진.

지점에서 수초대가 발달된 지점 1과 지점 2의 생태계 종조성이 상대적으로 안정되어 있음을 알 수 있다(표 14, 그림 22).

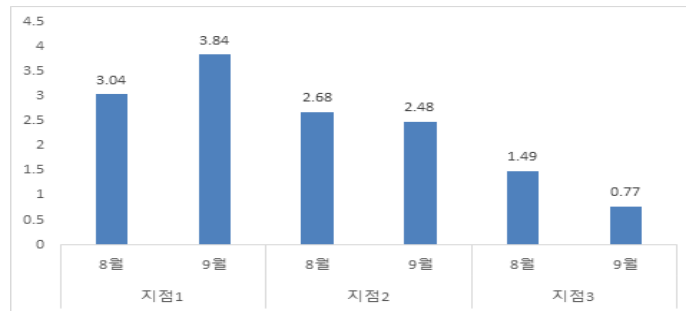


그림 20. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 종다양도지수(H'), 2018.

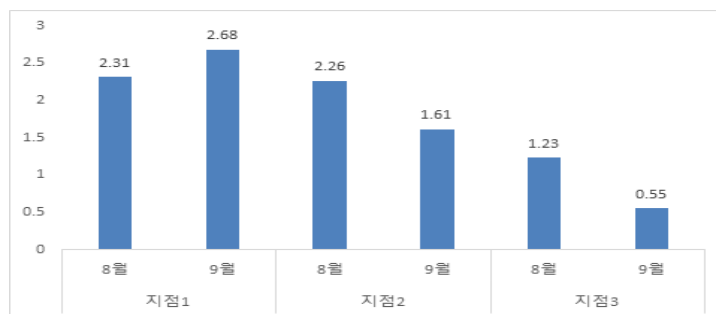


그림 21. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 종풍부도지수(RI), 2018.

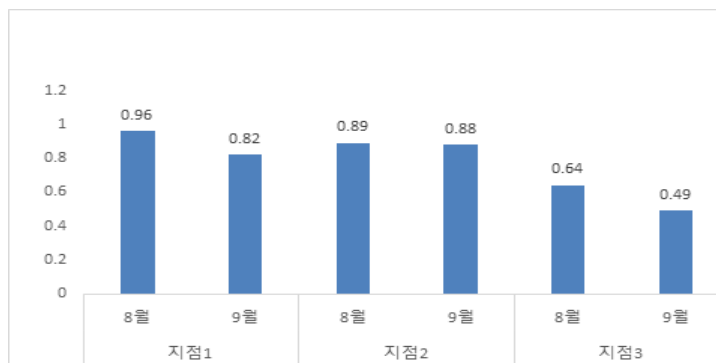


그림 22. 순포습지에서 저서성 대형무척추동물의 지점별 종균등도지수(J'), 2018.

결 론

경포호의 3개 지점에서 9월의 수온은 22.8~25.9℃ 범위였으며, 상류 습지는 24.1℃로 계절적인 대기온도와 같은 경향을 보이고 있다. pH는 경포호 상류 습지가 8.1, 경포호가 8.4~9.4 범위로 약 알칼리성을 나타냈다. 상류 습지는 대형수초가, 경포호내는 녹조류가 번성하고 있으며, 수체의 pH 농도는 이들에 의한 광합성의 영향을 크게 받고 있는 것으로 보여진다. 경포호내의 용존산소량은 6.3~14.8mg/L 범위이며, 지점별로 차이를 보여주고 있다. 지점 2는 녹조류에 의한 광합성의 영향을 받아

높게 나오고 있는 것으로 보여진다. 경포호내의 호소생활환경기준은 좋음에서 매우 좋음 수준인 I a와 I b 등급을 보여주고 있다. 상류습지의 용존산소량은 4.0mg/L로 낮았으며, 저층의 유기성 저니의 분해 영향을 받고 있는 것으로 보여진다. 상류 습지의 전기전도도는 274 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 담수의 농도값을 보여주고 있으며, 경포호는 27,900~29,400 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 로 해수의 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다. 경포호내 부유물질 농도는 3.0~17.3mg/L로 파랑의 영향을 받는 곳에서 다소 높게 나타났다. 경포호내 화학적 산소요구량은 5.1~6.6mg/L 범위였으며, 상류습지는 7.2mg/L였다. 경포호내의 총질소농도는 0.339~0.568mg/L 범위로 약간 좋음에서 보통 수준인 II등급, III등급의 수질을 보여주고 있다. 경포호의 총인농도는 0.021~0.058mg/L 범위로 호소수질환경기준은 약간 좋음에서 약간 나쁨 수준인 II등급에서 IV등급 사이의 수질을 보여주고 있다. 상류 습지의 총인농도는 0.015mg/L로 호소생활환경기준은 좋음 수준인 I b 등급으로 나타났다. 경포호의 엽록소 a 는 5.9~22.4mg/L 범위였다. 경포호의 총대장균균수는 지점 1은 300MPN/100mL였으나, 그 외 지점들은 4,500~9,000MPN/100mL로 높게 나타났다. 상류 습지는 400MPN/100mL였다. 분원성 대장균균수도 지점 1은 60MPN/100mL로 호소생활환경기준은 좋음 수준인 I b등급이었으나, 지점 2와 지점 3은 400~1,200MPN/100mL 범위로 오염도가 높아졌다.

순포습지의 수온은 20.8~25.5 $^{\circ}\text{C}$ 범위로 9월의 대기온도에 영향을 받고 있는 것으로 보인다. pH는 7.3~7.6 범위로 중성에서 약 알칼리성을 나타냈다. 수체중의 용존산소농도는 지점 3은 6.2mg/L였으나, 지점 1과 지점 2는 2.6mg/L와 2.3mg/L로 바닥에 쌓인 유기성 저니의 분해 영향을 받고 있는 것으로 보여진다. 부유물질농도는 지점 1은 22.6mg/L로 다소 높았으나, 지점 2와 지점 3은 2.6mg/L와 6.2mg/L로 나타났다. 총질소농도는 0.201~0.360mg/L 범위로 호소생활환경기준은 좋음에서 약간 좋음 수준인 I b와 II등급 수질을 보여주고 있다. 총인농도는 0.038~0.055 범위였으며, 호소생활환경기준은 보통에서 약간 나쁨 수준인 III등급과 IV등급 수질을 나타냈다. 총대장균균수는 400~1,800MPN/100mL 범위였다. 분원성 대장균균수는 13~110MPN/100mL 범위였으며, 호소생활환경 기준은 좋음에서 약간 좋은 등급인 I b 등급과 II등급 수질을 나타냈다.

경포호 3개 지점에서 출현한 저서성 대형무척추동물은 3문 5강 12목 15과 17종으로 나타났다. 조사시기에 따른 지점별 출현종수는 3~11종 범위였다. 8월과 9월의 지점별 출현 개체밀도는 지점 2는 38개체/ m^2 와 36개체/ m^2 로 적었으나, 그 외 지점은 100~2,132개체/ m^2 범위로 변동폭이 컸다. 지점 1은 기수우렁이와 곤쟁이류가 대량 출현하고 있으며, 지점 3에서는 기수우렁이와 줄새우아재비의 개체수가 많았다. 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 출현종수의 점유율은 연체동물문과 갑각강이 46%와 40%로 대부분을 차지하였으며, 그 외에 환형동물문과 곤충강이 각각 7%로 나타났다. 경포호의 주요 우점종은 지점 1의 경우 우점종은 기수우렁이와 줄새우아재비였으며, 아우점종은 곤쟁이류와 종뱀이었다. 지점 2에서는 우점종은 종뱀, 아우점종은 줄새우아재비였다. 지점 3에서는 우점종은 줄새우아재비와 기수우렁이였으며, 아우점종은 그라비새우와 줄새우아재비였다. 군집의 단순도를 나타내는 종우점도지수는 0.80~0.95 범위로 특정종이 차지하는 우점율이 높게 나타났다. 종의 복잡성과 다양성을 나타내는 종다양도지수는 0.77~2.37 범위로 다소 낮게 나타났으며, 지점 3이 상대적으로 더 낮게 나타났다. 종풍부도지수는 0.52~1.52로 대부분 낮게 나타났다. 종균등도지수는 0.23~0.79 범위로 변동폭이 다소 크며, 지점 3이 상대적으로 낮게 나타났다.

순포습지의 3개 지점에서 출현하는 저서성 대형무척추동물은 3문 4강 8목 17과 25종으로 나타났다. 순포습지에서 8월과 9월의 지점별 출현종수는 3~11종 범위였으며, 지점 3에서 출현하는 종수가 상대적으로 적었다. 조사시기별 출현한 개체밀도는 22~42개체/m²로 출현밀도가 높지 않은 것으로 나타났다. 저서성 대형무척추동물의 주요 분류군별 점유율은 잠자리목 36%, 노린재목 20%, 딱정벌레목 16%, 파리목 12% 및 하루살이목 4%였으며, 이들 수서곤충류가 88%로 대부분을 차지하였다. 그 외에 연체동물문, 환형동물문 및 갑각강이 각각 4%로 나타났다. 순포습지에서 8월과 9월의 주요 우점종은 지점 1은 우점종이 미야디새우와 두날개하루살이였으며, 아우점종으로 방물벌레와 미야디새우였다. 지점 2의 우점종은 모두 아시아실잠자리였으며, 아우점종은 논우렁이와 미야디새우였다. 지점 3의 우점종은 모두 미야디새우였으며, 아우점종은 왕잠자리와 소금쟁이였다. 8월과 9월의 종우점도지수는 지점 1과 지점 2는 0.38~0.57 범위로 비교적 낮게 나타났으며, 지점 3은 0.77과 0.95로 상대적으로 높게 나타났다. 종다양도지수는 지점 1과 지점 2는 2.48~3.84 범위로 높았으며, 지점 3은 1.49와 0.77로 낮았다. 종풍부도지수는 지점 1과 지점 2는 1.61~2.68 범위였으나, 지점 3은 1.23과 0.55로 상대적으로 낮았다. 종균등도지수는 지점 1과 지점 2는 0.82~0.96 범위로 높았으며, 지점 3은 0.64와 0.49로 낮았다.

기대효과 및 관리대책

- 수질환경조사를 통하여 석호인 경포호와 순포습지의 수질 현황을 평가하여 관리 방향을 제시할 수 있다.
- 경포호는 경포천에서 분류된 일부의 물이 상류 경포유수지 - 경포호- 동해를 통한 제한적인 물 흐름으로 현재의 상류습지와 경포호 생태계가 유지되고 있다. 분류된 물의 조절량과 물흐름 완화로 인한 호내 유기성 저층의 퇴적 진행 등에 대한 모니터링과 대안이 필요하다.
- 순포습지는 낮은 수심대에서 대형수초대가 잘 발달되어 있으며, 습지의 육지화 진행에 대한 지속적인 모니터링이 필요하다.
- 석호의 저서성 대형무척추동물의 생물다양성, 군집 특정, 특이점을 파악한다.
- 경포호와 순포습지의 생태계조사를 통하여 강릉 석호의 가치를 제고할 수 있는 자료를 제시한다.
- 강릉 경포도립공원내 석호의 보존 현황과 개선을 위한 방향을 제시한다.
- 경포호와 순포습지의 생물서식 자료를 파악하여 이들의 서식처 보전과 복원에 필요한 방향을 제시한다.
- 강릉 경포도립공원 석호의 수질환경과 건강성 복원을 위한 기초자료로 활용할 수 있다.

인용문헌

- 강릉시. 2017. 생물다양성의 보고 경포가시연습지. 강릉시.
- 岡田要. 1965. 신일본동물도감(상). 북류관. p. 679.

- 岡田要. 1965. 신일본동물도감(중). 북룡관. p. 803.
- 岡田要. 1965. 신일본동물도감(하). 북룡관. p. 763.
- 권오길. 1990. 한국동식물도감 제32권 동물편 (연체동물 I). 문교부. p. 446.
- 권오길, 박갑만, 이준상. 1993. 원색한국패류도감. 아카데미서적. p. 445.
- 김훈수. 1977. 한국동식물도감. 제19권. 동물편(새우류). 문교부. p. 694.
- 박상덕. 2018. 경포호 물 순환구조의 변화와 과제. 한국응용생태학회 추계학술대회 초록집. 원주지방 환경청. 2010. 2010년 호소환경 및 생태조사연구-화진포 · 송지호 · 경포호.
- 원주지방환경청. 2008. 동해안 석호 보전 및 복원을 위한 생태계 정밀조사 및 관리방안.
- 윤일병. 1988. 한국동식물도감. 제30권. 동물편(수서곤충류). 문교부. p. 262.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사. 서울. p. 840.
- 한국곤충학회. 1994. 한국곤충명집. 한국곤충학회 건국대 출판부.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집 아카데미서적.
- Kawai, T. 1985. An Illustrated Book of Aquatic Insects of Japan. 東海大學出版會.
- McCafferty, W. P. 1981. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett, Boston. p. 448.
- Magalef, R. 1958. Information theory in ecology. Gyn. Syst. 3:36-71.
- McNaughton, S. J. and L. L. Wolf. 1970. Dominance and the niche in ecological systems. Science 167: 131-139.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1984. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 2nd. Ed. Kendall/Hunt Publ. Co., Dubuque, Iowa.
- Merritt, R. W. and K. W. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic Insects of North America. 3rd. ed. Kendall/Hunt Publ. Co.
- Pielou, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biologic collections. J. Theor. Biol. 13:131-144.
- Pielou, E. C. 1975. Ecological Diversity. Wiley. New York. p. 165.
- Wiederholm, T. 1983. Chironomidae of the holarctic region keys and diagnose. Part I - Larvae. Ent. Scand. Suppl. 19. p. 457.

요 약

강원도 강릉시 경포 도립공원내의 경포호와 순포습지의 수질환경과 저서성 대형무척추동물상을 한국자연환경보전협회의 생태계종합학술조사의 일환으로 2018년 8월부터 9월까지 2회 조사하였다. 경포호의 용존산소 농도는 6.3~14.8mg/L, 순포습지는 2.3~6.2mg/L였다. 경포호의 총질소와 총인은 0.339~0.568, 0.021~0.058이었으며, 순포호는 0.201~0.360, 0.038~0.055였다. 경포호의 저서성 대형 무척추동물은 총 3문, 5강, 12목, 15과 17종이었으며, 순포습지는 총 3문, 4강, 8목, 17과 25종이었다. 경포호의 주요 우점종은 *Assiminea japonica*, *Musculus senhausia*, *Palaemon serrifer*, *Palaemon gravieri*였으며, 순포습지는 *Palaemon miyadaii*, *Cipangopaludina chinensis malleata*, *Cloeon diterum*, *Ischnura*

asiatica, *Anax parthnope*, *Aquaris insularis*, *Sigara substriata*였다. 경포호의 조사지점별 저서성 대형무척추동물의 종다양도지수는 0.77~2.37, 종풍부도지수는 0.52~1.52, 종균등도지수는 0.23~0.79였다. 순포습지의 조사지점별 저서성 대형무척추동물의 종다양도지수는 0.77~3.84, 종풍부도지수는 0.55~2.68, 종균등도지수는 0.49~0.96이었다.

검색어 : 경포호, 순포습지, 수질, 저서성 대형무척추동물