

제주도 물장오리오름 습지의 저서성 대형무척추동물상 및 서식 환경 분석

한중수, 안채희, 임정철¹, 조광진^{1,*}, 이황구*

상지대학교 생명과학과, ¹국립생태원 습지센터

Analysis of benthic macroinvertebrate fauna and habitat environment of Muljangori-oreum wetland in Jeju Island

Jung Soo Han, Chae Hui An, Jeong Cheol Lim¹, Kwang Jin Cho^{1,*} and Hwang Goo Lee*

Department of Biological Science, College of Science & Engineering, Sangji University, Wonju 26339, Republic of Korea

¹Wetland Center, National Institute of Ecology, Changnyeong 50303, Republic of Korea

*Co-corresponding authors

Kwang Jin Cho

Tel. 055-530-5511

E-mail. kjcho@nie.re.kr

Hwang Goo Lee

Tel. 033-730-0434

E-mail. morningdew@sangji.ac.kr

Received: 10 August 2022

First Revised: 26 September 2022

Second Revised: 4 October 2022

Revision accepted: 6 October 2022

Abstract: On April 29, 2021 (1st), June 2 (2nd), and August 17 (3rd), we surveyed benthic macroinvertebrates fauna at Muljangori-oreum wetland in Bonggae-dong, Jeju Island, Korea. Muljangori-oreum wetland was divided into four areas. The survey was conducted in three accessible areas (areas 1–3). As a result of habitat environment analysis, the average monthly temperature from 2017 to 2021 was the highest in July and August and the lowest in December and February. This pattern was repeated. As a result of analyzing changes in vegetation and water surface area through satellite images, normalized difference vegetation index (NDVI) increased from February to July and decreased after July. Normalized difference water index (NDWI) was analyzed to show an inverse relationship. A total of 21 species from 13 families were identified in the qualitative survey and a total of 412 individuals of 24 species from 15 families were identified in the quantitative survey. A total of 26 species from 17 families, 8 orders, 3 classes, and 2 phyla of benthic macroinvertebrates were identified. The dominant species was Chronomidae spp. with 132 individuals (32.04%). *Noterus japonicus* was a subdominant species with 71 individuals (17.23%). As a result of comparative analysis of species identified in this study and the literature, it was confirmed that species diversity was high for Coleoptera and Odonata. Main functional feeding groups (FFGs) were found to be predators. Habitat orientation groups (HOGs) were found to be swimmers. In OHC (Odonata, Hemiptera, and Coleoptera) group, 17 species (73.91%) in 2021, 23 species (79.31%) in 2016, 26 species (86.67%) in 2018, and 19 species (79.17%) in 2019 were identified. *Cybister japonicus*, an endangered species II, was confirmed to inhabit Muljangori-oreum wetland in the literature. Ten individuals (2.43%) were also confirmed to inhabit Muljangori-oreum wetland in 2021. Therefore, continuous management and habitat protection are required to maintain the habitat environment of *C. japonicus* in Muljangori-oreum wetland.

Keywords: Muljangori-oreum wetland, benthic macroinvertebrates, OHC-group

서 론

습지에 대한 정의는 다양하지만 포괄적으로 담수와 기수, 해수에 상관없이 자연적이거나 인공적인 환경에서 일시적 또는 영구적으로 물이 있는 장소의 간조 시 6m 수심을 초과하지 않는 서식지를 의미한다(Ramsar Convention Secretariat 2016). 습지는 유형에 따라 크게 연안습지, 내륙습지, 인공습지로 나뉘며, 지형, 수원, 식생, 토양 등에 따라 국가습지유형 분류체계에서 총 35개로 구분하고 있다(National Wetlands Center 2013). 이러한 습지는 지구 면적의 약 6%를 차지하는 작은 생태계이지만 영양물질이 풍부하여 습지 생물들에게 서식지를 제공하는 생태적 기능뿐만 아니라 용수공급, 수질정화, 홍수조절 등의 이·치수 기능을 제공하고 있다. 최근에는 탄소 저장 등 기후변화에 대한 습지 보전의 중요성이 증가하고 있어 습지에 대한 다양한 연구들이 수행되고 있다(Choi *et al.* 2021).

조사대상지인 물장오리오름 습지는 제주시 봉개동의 화산 분화구에 형성된 원형의 호수형 산지 습지로 한라산 국립공원 내에 위치하고 있다. 일반적으로 900 m 이상의 비교적 높은 고도에 위치한 산지습지는 육상생태계와 수생태계가 변화하는 전이지대로서의 역할뿐만 아니라 고도와 같이 특이서식처를 나타내는 생물들의 중요한 서식지 및 먹이, 수분 제공 등 생물다양성 보존의 역할을 한다(Choi *et al.* 2021). Wetland Research Team (2021)에 따르면 물장오리오름 습지에서 물방개(*Cybister japonicus*) 등 총 6종의 멸종위기야생생물 II급을 포함하여 총 518종의 다양한 동·식물이 서식하는 것으로 확인되었다. 또한, 제주도의 지질 특성상 투수성이 높아 하천 및 습지가 퇴적층이 쌓인 장소에서 국지적으로 나타나는 경우가 있으며, 물장오리오름의 퇴적층은 홀로세(Holocene) 동안 연속적인 퇴적이 이루어져 동아시아의 몬순기후 변동을 관찰하는 고기후 연구의 지표로 알려져 있다(Kim 2009; Cho *et al.* 2021). 이러한 물장오리오름 습지는 지질학적, 생물학적 가치를 인정받아 2008년 람사르 습지에 9번째로 등록되었으며, 2009년에는 환경부 습지보호지역, 2010년에는 천연기념물(517호)로 등록되어 관리되고 있다.

다양한 수생생물 중에서 저서성 대형무척추동물은 물리·화학적 요인 등의 환경 교란에 민감하게 반응하는 분류군으로 알려져 있다(Kim 2013). 특히 서식 환경에 따라 서식 및 섭식 형태가 뚜렷한 차이를 나타내어 다양한

연구에서 생물학적 지표종으로 활용되고 있으며(Ro and Chun 2004; Merritt *et al.* 2008), 저서성 대형무척추동물 중 OHC (Odonata, Hemiptera, Coleoptera) group은 수생생물이 풍부한 정수환경에서 출현이 높은 것으로 알려져 있다(Sareein *et al.* 2019). 산지습지는 습지 주변에 산림이 위치하고, 지리 및 생물서식공간으로서의 보호 가치가 높은 것으로 알려져 있어, 신불산 산지습지(Shin *et al.* 2005), 제주도 산지습지(Jeong *et al.* 2010) 등의 다양한 연구가 수행되었으며, 물장오리오름 습지에서는 저서성 대형무척추동물을 대상으로 Ministry of Environment (2016, 2019)에 의해 모니터링 조사가 수행되었다.

물장오리오름 습지는 강우에 의해 유량이 유지되어 연중 물이 마르지 않는 특징을 나타내고 있으나 건기와 우기에 수위 변동이 발생하는 것으로 알려져 있다(Wetland Research Team 2021). 하지만 최근 급격한 기후변화로 인해 제주도 내 연중 강수량의 변동 폭이 증가하는 것으로 조사되어 물장오리오름 습지 내 수위변동의 폭이 더욱 높아질 것으로 예상되고 있다(Song and Choi 2012). 따라서 본 연구는 물장오리오름 습지의 저서성 대형무척추동물상 및 서식 환경을 파악하여 습지 보호 및 보존 대책 마련을 위한 기초자료를 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 조사시기

본 연구는 한라산 국립공원 내 해발 900~937 m에 위치한 면적 628,898 m²의 호수형 산지습지인 물장오리오름 습지에 서식하고 있는 저서성 대형무척추동물상을 파악하기 위해 실시되었으며, 조사지역을 4개 구역으로 구분하여 접근이 가능한 3개의 구역(1 area~3 area)을 대상으로 조사를 실시하였다(Fig. 1).

본 연구의 조사시기는 2021년 4월 29일(1차), 2021년 6월 2일(2차), 2021년 8월 17일(3차)에 걸쳐 총 3회 실시하였다.

1 area Bonggae-dong, Jeju-si Jeju Island
33°24'30.24", 126°36'26.32"

2 area Bonggae-dong, Jeju-si Jeju Island
33°24'28.66", 126°36'27.11"

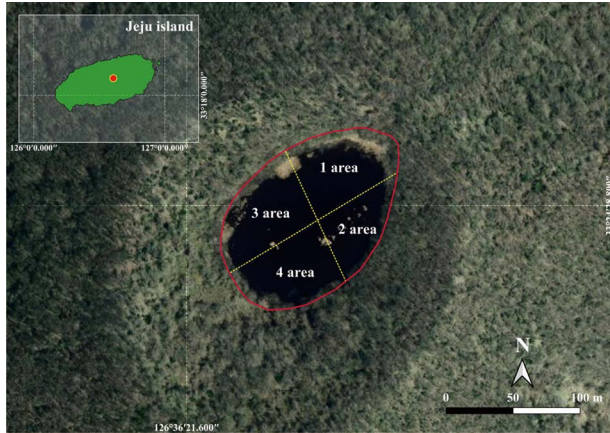


Fig. 1. Map of studied areas in Muljangori-oreum wetland of Jeju island, Korea.

3 area Bonggae-dong, Jeju-si Jeju Island
33°24'29.09", 126°36'23.46"

4 area Bonggae-dong, Jeju-si Jeju Island
33°24'26.62", 126°36'24.88"

2. 분석방법

1) 채집 및 분류

저서성 대형무척추동물의 채집은 D-frame net (30 cm × 50 cm, mesh 0.2 mm)를 이용하여 지점별 2회씩 정량 채집을 실시하였으며, 다양한 미소서식처에 서식하는 저서성 대형무척추동물 채집을 위해 Hand net (diameter 25 cm, mesh 0.5 mm)을 이용하여 정성 채집을 병행하였다. 채집된 저서성 대형무척추동물은 현장에서 500 mL Vial에 담아 99% Ethanol로 고정하여 실험실로 운반하였으며, 실험실에서 유기물로부터 저서성 대형무척추동물을 골라내어 80% Ethanol로 보존하였다. 비곤충류의 연체동물은 Kwon (1990), 거머리류는 Song (1995)을 참고하였으며, 수서곤충의 동정은 McCafferty (1981), Won *et al.* (2005), Merritt *et al.* (2008) 등을 참고하였다. 갈따구류 (Chironomidae spp.)는 정확한 종과 속 수준의 동정이 제한되어 과 수준 (Family level)에서 동정하였다.

문헌자료는 2016년에 수행된 Ministry of Environment (2016)과 2018년에서 2019년에 수행된 Ministry of Environment (2019)를 이용하였으며, 본 조사 시 조사방법 및 조사시기를 유사하게 수행하여 출현종 파악에 미치는 영향을 최소화하였다. 따라서 본 연구에서는 현장조사 시 출

현한 저서성 대형무척추동물과 문헌에서 정성, 정량조사 시 출현한 종을 대상으로 종조성 및 OHC-group의 종비율을 비교·분석하여 물장오리오름습지의 생물상을 파악하였다.

2) 서식지 환경 분석

강수에 의해 유량이 유지되는 물장오리오름 습지의 서식지 특성을 파악하기 위해 2017년부터 2021년도까지 월 평균기온 및 총 강수량을 기상청 기상자료개방포털 (<https://data.kma.go.kr/>)에서 제공하는 자료를 이용하여 분석하였다. 또한, 연간 습지 내 식생의 밀도 및 수면적의 변동을 파악하기 위해 정규식생지수 (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)와 정규수분지수 (Normalized Difference Water Index, NDWI)를 Rouse *et al.* (1974), McFeeters (1996)의 문헌을 이용하여 분석하였다. NDVI와 NDWI는 현지조사에 비해 미세한 변동을 파악하기 어려운 단점이 있으나 위성영상을 통해 동일 지점에서 나타나는 장기적인 시간적 변화를 관찰하고 분석할 수 있다는 장점이 있다 (Hwang and Um 2015). 본 연구의 위성영상은 earth explorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)에서 2017년 1월부터 2021년 12월까지 Sentinel-2 위성이 촬영한 영상자료를 이용하여 분석하였다. 장마철 등의 불안정한 기상 상태에서 촬영된 위성영상은 해상도 및 판별력에 영향을 미치는 것으로 알려져 있으며 (Hwang and Um 2015), 2017년에서 2021년 동안 촬영된 영상 중 cloud cover가 30% 이하로 나타나는 자료를 선별하여 QGIS (for window, ver. 3.22)와 R (for window ver. 4.2.0)을 통해 분석하였다.

$$NDVI = \frac{(NIR - Red)}{(NIR + Red)} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$NDWI = \frac{(Green - NIR)}{(Green + NIR)} \quad (\text{Eq. 2})$$

NIR: near-infrared,

Red: red wavelength,

Green: green wavelength

3) 군집분석

조사기간 동안 정량조사에서 확인된 저서성 대형무척추동물을 대상으로 우점도지수 (McNaughton 1967), 다양도지수 (Shannon-Weaver 1949), 균등도지수 (Pielou 1975),

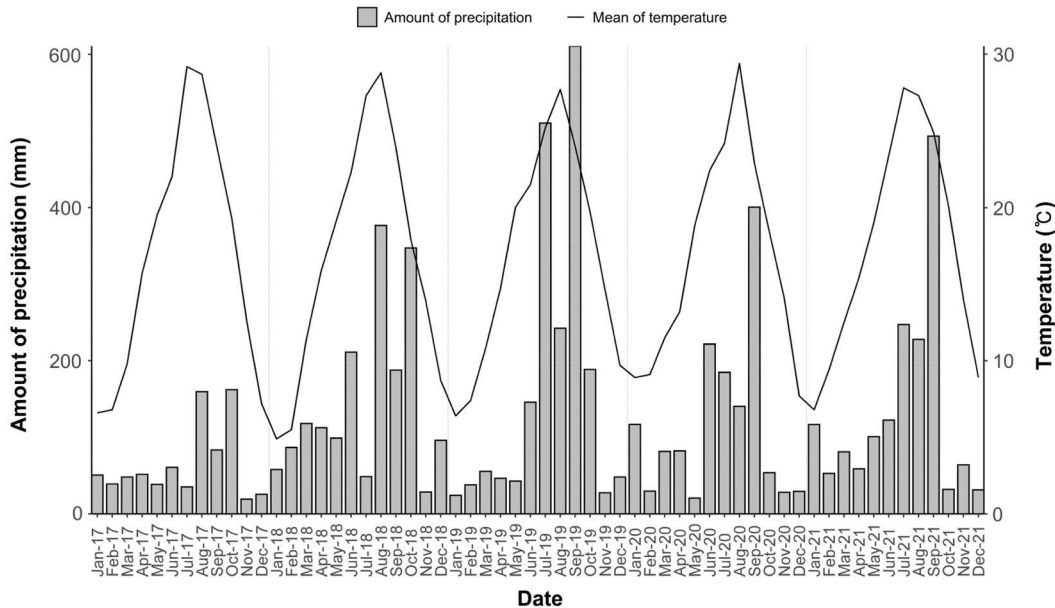


Fig. 2. Results of precipitation and temperature analysis from 2017 to 2021 in the study area.

풍부도지수(Margalef 1958)를 산출하였으며, 우점종 및 아 우점종을 분석하였다.

4) 기능군 및 OHC(Odonata, Hemiptera, Coleoptera)-group 분석

저서성 대형무척추동물은 서식처 환경에 따라 섭식기능군(Functional Feeding Groups, FFGs)과 서식기능군(Habitat Orientation Groups, HOGs)이 다양하게 나타나며, 이를 통해 서식지를 평가하는 지표가 되는 것으로 알려져 있다(Ro and Chun 2004). 특히 저서성 대형무척추동물 중에서 OHC-group은 습지와 같은 정수환경을 선호하며, 수생식물이 풍부한 서식처에서 출현이 높게 나타나는 특성으로 서식 환경이 비교적 안정적인 곳에서 종다양성이 높은 것으로 알려져 있다(Sareein et al. 2019). 따라서 본 연구에서는 물장오리오름습지에 서식하는 저서성 대형무척추동물의 주요 기능군과 OHC-group의 변동을 파악하고자 문헌 조사 결과와 2021년 현지조사 자료를 비교·분석하였다.

결과 및 고찰

1. 서식지 환경 분석

2017년부터 2021년까지 물장오리오름 습지를 대상으로

서식지 특성을 파악하기 위해 강수량 및 기온 분석을 실시한 결과는 다음과 같다(Fig. 2). 연도별 총 강수량은 2019년에 1,979 mm로 가장 많고, 2017년에 773 mm로 가장 적은 것으로 분석되었으며, 본 연구기간인 2021년에는 1,627 mm로 나타났다. 월 강수량은 2017년을 제외하고 2018년부터 2020년까지 장마철인 6월부터 9월에 높은 것으로 나타났다, 2021년에도 유사한 양상을 나타내는 것으로 분석되었다. 월 평균기온은 7~8월에 가장 높고, 12~2월에 가장 낮은 양상이 반복적으로 나타났다. 이는 우리나라의 몬순기후 특성상 여름철 기온 및 강수량이 높게 나타나는 결과와 유사한 것으로 분석되었다(Ahn and Kim 2010). 하지만 최근 기후변화의 영향으로 제주도의 기후가 변화하는 것으로 알려져 있어(Lee et al. 2015) 환경적 특성에 대한 지속적인 관찰이 필요할 것으로 판단된다.

습지 내 연간 식생 면적 및 수 면적의 변동을 파악하기 위해 2017년부터 2021년에 촬영된 위성영상을 이용하여 정규식생지수(NDVI), 정규수분지수(NDWI)를 분석한 결과, NDVI는 2월부터 7월까지 증가하고, 이후 감소하는 양상을 나타내었다(Fig. 3). 물장오리오름 습지 내 주요 식생군락은 큰고랭이군락, 송이고랭이군락, 물여뀌군락, 여뀌군락, 기장대풀군락 등으로 다양한 수생식물이 서식하는 것으로 알려져 있으며, 그중에서 송이고랭이군락이 가장 우점하는 군락으로 확인되었다(Wetland Research Team

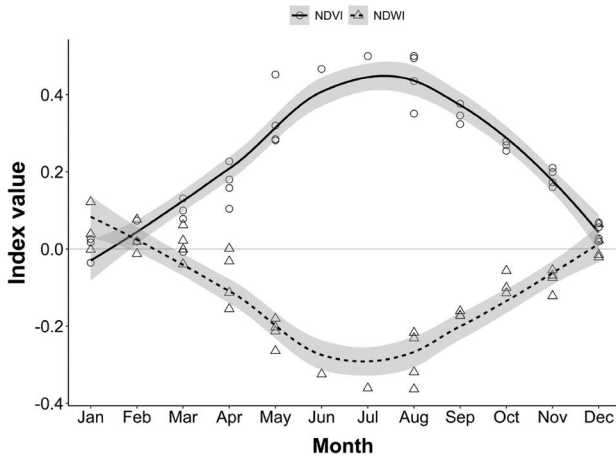


Fig. 3. Results of normalized difference vegetation index (NDVI) and normalized difference water index (NDWI) analysis through satellite imagery from 2017 to 2021 in the study area.

2021). 이처럼 다양한 수생식물의 분포는 수생태계에 서식하는 생물들에게 서식처 및 피난처, 먹이원 등의 기능을 제공하여 생물다양성을 유지할 수 있는 중요한 요인으로 알려져 있으며 (Koroiva and Pepinelli 2019), 특히 저서성 대형무척추동물 중에서 기어오르는무리 (Climbers)와 OHC-group은 다양한 수생식물의 분포가 중요한 서식요인으로 작용한다 (Sareein *et al.* 2019). 물장오리오름 습지는 비교적 수생식물이 넓게 분포하고 있어 해당 종들의 서식에 적합한 환경을 나타내고 있는 것으로 판단된다. NDWI는 NDVI와 반비례의 관계를 나타낸 것으로 분석되었으

며, 이는 여름철 식물의 분포 면적이 증가함에 따라 수면적이 감소한 결과로 생각된다. 하지만 위성영상은 기상 상태에 따라 영상 촬영의 유·무가 결정되고, 분석에 필요한 해상도에 영향을 미치기 때문에 기상 상태가 불안정한 장마철인 6월과 7월에 대한 위성영상 자료가 부족한 실정이다 (Hwang and Um 2015). 따라서 추후 지속적인 연구를 통해 물장오리오름 습지 내 식생 면적 및 수 면적 변동 양상에 대한 추가적인 분석이 필요할 것으로 판단된다.

2. 종조성

본 연구기간 동안 물장오리오름 습지에서 채집된 저서성 대형무척추동물은 총 2문 3강 8목 17과 26종이 출현하였으며, 정성조사 시 13과 21종, 정량조사 시 15과 23종 412개체가 확인되었다 (Table 1). 분류군별 정량조사에서 출현한 종은 비곤충류에서 환형동물문 2종 (8.70%)이 확인되었고, 곤충류는 딱정벌레목에서 9종 (39.13%)으로 가장 다양하게 출현하였으며, 잠자리목 5종 (21.74%), 노린재목 3종 (13.04%), 파리목 2종 (8.70%), 하루살이목, 날도래목 1종 (4.35%)의 순으로 조사되었다 (Fig. 4). 분류군별 출현 개체수는 비곤충류의 환형동물문에서 32개체 (7.77%)가 확인되었으며, 곤충류는 파리목이 138개체 (33.50%)로 가장 많이 출현하였고, 딱정벌레목 124개체 (30.10%), 잠자리목 53개체 (12.86%), 하루살이목 34개체 (8.25%), 노린재목 16개체 (3.88%), 날도래목 15개체 (3.64%)의 순으로 나타났다.

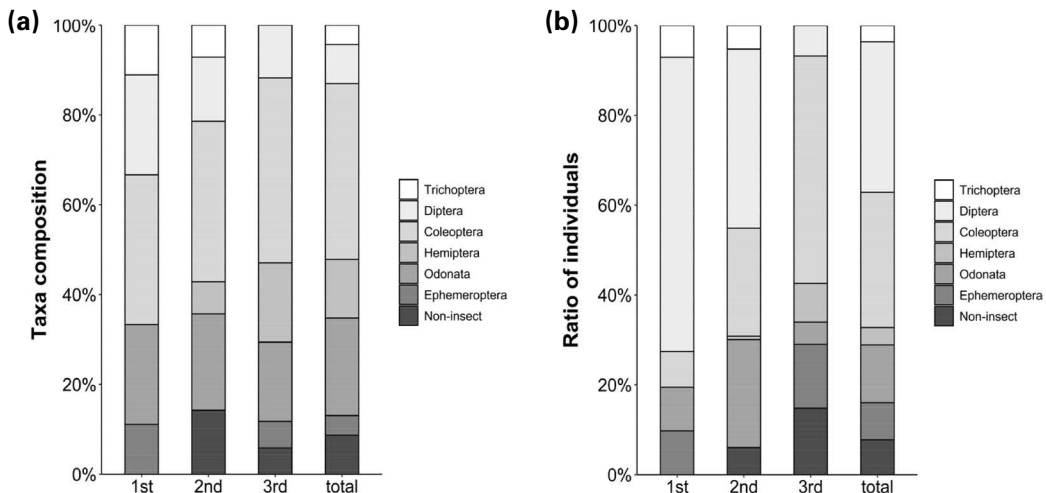


Fig. 4. Changes of taxa composition (a) and ratio of individuals (b) according to study time.

Table 1. List of benthic macroinvertebrates in Muljangori-oreum wetland based on literature and 2021 sampling

Scientific name	Ministry of Environment (2016)	Ministry of Environment (2018)	Ministry of Environment (2019)	Present study (2021)
Phylum Annelida				
Class Oligocheata				
Order Archioloigocheata				
Family Tubificidae				
<i>Limnodrilus gotoi</i>	○			○
Class Hirudinea				
Order Arhycobdellida				
Family Hirudinidae				
<i>Hirudo nipponia</i>	○	○	○	○
Phylum Arthropoda				
Class Insecta				
Order Ephemeroptera				
Family Baetidae				
<i>Cloeon dipterum</i>	○		○	○
Order Odonata				
Family Coenagrionidae				
<i>Ceriagrion melanurum</i>		○	○	○
<i>Ceriagrion auranticum</i>	○			
<i>Paracercion calamorum</i>		○		
<i>Ischnura asiatica</i>	○	○	○	○
Coenagrionoidae sp.			○	
Family Lestidae				
<i>Indolestes peregrinus</i>		○		
Family Aeshnidae				
<i>Aeshna crenata</i>	○			
<i>Anaciaeschna martini</i>	○			○
<i>Anax parthenope julius</i>	○	○	○	○
<i>Anax nigrofasciatus</i>	○			
<i>Polycanthagyna melanictera</i>		○		
Family Corduliidae				
<i>Macromia amphigena</i>		○		
Family Libellulidae				
<i>Crocothemis servilia mariannae</i>		○	○	
<i>Lyriothemis pachygastra</i>		○		
<i>Orthetrum albistylum speciosum</i>	○		○	○
<i>Orthetrum melania</i>			○	
<i>Sympetrum infuscatum</i>	○	○		
<i>Sympetrum depressiusculum</i>			○	
<i>Sympetrum eroticum</i>		○		
<i>Sympetrum risi</i>	○	○		
Order Hemiptera				
Family Corixidae				
<i>Micronecta sedula</i>	○	○		○
<i>Sigara bellula</i>	○	○		
<i>Sigara substriata</i>	○		○	○

Table 1. Continued

Scientific name	Ministry of Environment (2016)	Ministry of Environment (2018)	Ministry of Environment (2019)	Present study (2021)
Family Notonectidae				
<i>Notonecta triguttata</i>	○	○	○	○
<i>Anisops ogasawarensis</i>	○	○	○	
Family Nepidae				
<i>Nepa hoffmanni</i>		○		
<i>Ranatra chinensis</i>	○	○		
Family Hydrometridae				
<i>Hydrometra okinawa</i>			○	
Family Gerridae				
<i>Aquarius paludum paludum</i>		○	○	○
<i>Gerris latiabdominus</i>	○	○	○	○
Order Coleoptera				
Family Dytiscidae				
<i>Laccophilus difficilis</i>	○		○	○
<i>Copelatus koreanus</i>		○		
<i>Agabus congener</i>		○		
<i>Agabus japonicus</i>	○	○		
<i>Agabus browni</i>	○			○
<i>Ilybius apicalis</i>	○			○
<i>Rhantus pulverosus</i>	○			
<i>Graphoderus adamsii</i>		○	○	○
<i>Cybister brevis</i>				○
<i>Cybister japonicus</i>	○	○		○
Family Noteridae				
<i>Noterus japonicus</i>	○		○	○
Family Hydrophilidae				
<i>Berosus japonicus</i>			○	
<i>Cercyon olibrus</i>		○		○
Family Chrysomelidae				
<i>Galerucella nipponensis</i>			○	○
Order Diptera				
Family Ceratopogonidae				
Ceratopogonidae sp.	○	○		○
Family Chironomidae				
Chironomidae sp.	○	○		○
Family Ephydriidae				
Ephydriidae sp.			○	
Family Culicidae				
Culicidae sp.			○	○
Order Trichoptera				
Family Phryganeidae				
<i>Agrypnia pagetana</i>	○	○		○
<i>Semblis phalaenoides</i>			○	
Number of species	29	30	24	26

조사기간 동안 출현한 저서성 대형무척추동물에 대해 군집분석을 실시한 결과, 우점종은 깔따구류(Chironomidae spp.)가 132개체(32.04%)로 확인되었으며, 아우점종은 자색물방개(*Noterus japonicus*) 71개체(17.23%)가 조사되었다(Table 2). 우점도지수는 0.59(±0.13), 다양도지수는 1.84(±0.44), 균등도지수는 0.71(±0.09), 풍부도지수는 2.50(±0.74)로 조사시기에 따라 군집지수가 변동하는 것으로 분석되었다. 1차 조사 시 비교적 높은 우점도지수와 낮은 다양도지수를 나타내었는데, 이는 1차 조사 시 수변식생이 발달하지 않고 OHC-group의 유입률이 낮아 Chironomidae spp.의 출현이 높게 나타난 결과로 판단된다. 이후 3차 조사 시기로 갈수록 수변식생이 증가함에 따라 OHC-group의 종수 비율은 78.95%, 개체수 비율은 65.06%로 수변식생을 서식처로 선호하는 종들의 출현이 높게 나타나 군집지수에 변동이 나타난 것으로 판단된다.

3. 연도별 종조성 및 기능군 분석

본 연구에서 출현한 저서성 대형무척추동물과 2016,

2018, 2019년에 조사된 물장오리오름 습지에 대한 문헌자료(Ministry of Environment 2016, 2019)의 출현종을 대상으로 종조성에 대한 비교·분석을 실시하였다(Table 1, Fig. 5). 2018년에 15과 30종으로 종다양성이 가장 높은 것으로 확인되었으며, 이 중 잠자리목이 12종(40.00%)을 차지하는 것으로 분석되었다. 다음으로 2016년에 15과 29종, 2019년에 16과 24종이 확인되었으며, 각각 잠자리목이 9종(31.03%)과 8종(33.33%)으로 다양하게 출현하였다. 2021년 현지조사 시에는 17과 26종이 출현하였으며, 잠자리목 5종(19.23%), 딱정벌레목 9종(34.62%)으로 확인되어 문헌조사와 본 조사 시 잠자리목과 딱정벌레목의 종다양성이 높은 것으로 확인되었다. 이는 보호지역으로 관리되고 있는 물장오리오름습지가 인위적 교란이 적고, 수생식물이 넓게 분포하고 있어 정수환경을 선호하는 잠자리목과 딱정벌레목이 서식하기에 유리한 환경을 나타낸 결과로 판단된다. 또한, 문헌과 본 연구의 출현종을 비교·분석한 결과, 문헌에서만 출현한 종은 잠자리목에서 새노란실잠자리(*Ceriagrion auranticum*), 등검은실잠자리(*Paracercion*

Table 2. Results of community analysis of benthic macroinvertebrates in Muljangori-oreum wetland

	Dominant species	Subdominant species	DI	H'	E	RI
1st	Chironomidae spp.	<i>Cloeon dipterum</i>	0.73	1.34	0.61	1.69
2nd	Chironomidae spp.	<i>Ceriagrion melanurum</i>	0.56	2.01	0.76	2.66
3rd	<i>Noterus japonicus</i>	<i>Limnodrilus gotoi</i>	0.48	2.16	0.76	3.15
Mean	Chironomidae spp.	<i>Noterus japonicus</i>	0.59(±0.13)	1.84(±0.44)	0.71(±0.09)	2.50(±0.74)

DI: Dominance index, H: Diversity index, E: Evenness index, RI: Richness index

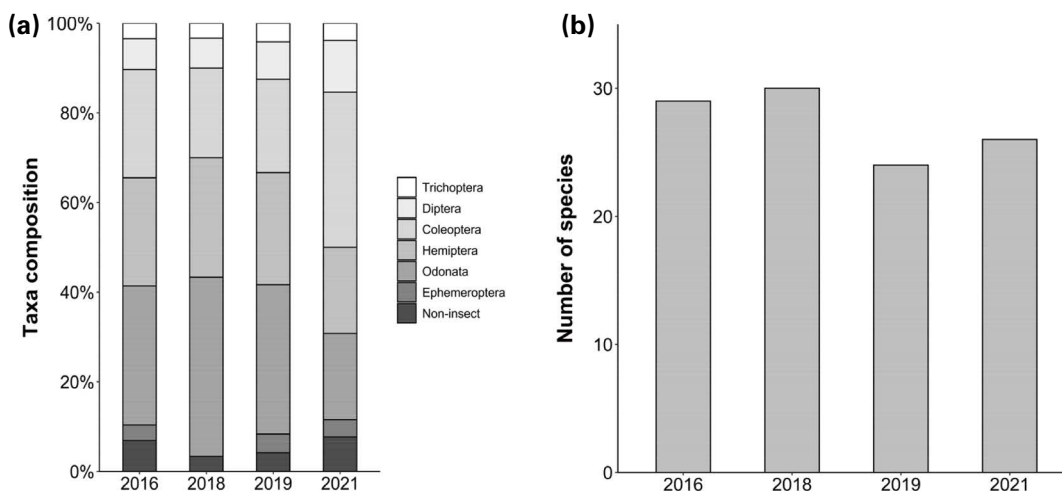


Fig. 5. Comparison of taxa composition (a) and number of species (b) in literature and 2021 sampling.

calamorum), 가는실잠자리 (*Indolestes peregrinus*) 등 총 15종, 노린재목에서 애송장해엄치개 (*Anisops ogasawarensis*), 메추리장구애비 (*Nepa hoffmanni*), 게아재비 (*Ranatra chinensis*) 등 총 5종, 딱정벌레목에서 등줄물방개 (*Copelatus koreanus*), 북쪽땅콩물방개 (*Agabus congener*), 땅콩물방개 (*Agabus japonicus*) 등 총 5종, 파리목에서 물가파리류 (Ephydriidae sp.) 1종, 날도래목에서 굴뚝날도래 (*Semblis phalaenoides*) 1종으로 나타났으며, 본 연구에서만 출현한 종은 딱정벌레목에서 검정물방개 (*Cybister brevis*) 1종이 확인되었다. 문헌에서만 출현한 대부분의 종은 비교적 비행능력이 높은 OHC-group으로 확인되어 지속적인 서식 유·무를 파악하기 위한 주기적인 모니터링 및 연구가 필요할 것으로 판단된다.

물장오리오름 습지에서 실시한 현지조사와 문헌에서 확인된 저서성 대형무척추동물의 전체 섭식기능군별 종수 비율은 83.33%로 Predators가 가장 높았으며, Gathering collectors가 8.33%, Shredders가 6.25%, Plant-piercers가 2.08%로 분석되었다 (Fig. 6). 서식기능군의 종수 비율은 Swimmers가 38.77%로 가장 높았으며, Climbers가 28.57%, Sprawlers가 18.36%, Burrowers와 Skaters가 6.12%, Clingers가 2.04%로 분석되었다. 연도별 섭식기능군의 종수 비율은 2016년에 84.62%, 2018년에 92.59%, 2019년에 72.73%, 2021년에 84.21%로 Predators가 가장 높았으며, 서식기능군은 2016년에 48.15%, 2018년에 33.33%, 2019년에 39.13%, 2021년에 45.00%로 Swimmers가 가장 높음으로 분석되었다. 이는 신불산 산지습지에서 수행된 Hong

and Cheong (2020)의 결과와 유사하게 분석되었으며, 잠자리목 등 정수환경을 선호하는 OHC-group의 출현이 높아 Predators와 Swimmers의 비율이 높게 나타난 결과로 판단된다.

4. OHC-group

OHC-group은 대부분 정수환경을 선호하는 분류군으로 습지생태계에서 종다양성 및 출현율이 상대적으로 높은 그룹으로 알려져 있다 (Han et al. 2019). 조사기간 동안 총 17종 (73.91%)의 OHC-group이 출현하였으며, 2016년 23종 (79.31%), 2018년 26종 (86.67%), 2019년 19종 (79.17%)이 확인되었다 (Fig. 7). OHC-group의 주요 섭식기능군 (FFGs)은 소형 어류 및 기타 생물을 섭식하는 Predators가 대부분을 차지하고 있으며, 특히 습지와 같은 정수환경에서 파리목 (Diptera)의 깔따구류 (Chronomidae spp.)는 포식자의 주요 먹이원으로 알려져 있다 (Katayama et al. 2013). 본 연구에서도 깔따구류가 132개체 (32.04%)로 우점하는 것으로 분석되어 물장오리오름에 서식하고 있는 OHC-group의 주요 먹이원으로 판단된다. 또한 습지생태계에서 OHC-group은 먹이원 및 수생식물 등 서식 환경이 비교적 안정적인 서식지에서 종다양성 및 출현율이 높게 나타내는 것으로 알려져 있다 (Sareein et al. 2019). 물장오리오름 습지는 지속적으로 OHC-group가 70% 이상의 종다양성을 나타내는 것으로 확인되어 비교적 안정적인 서식환경을 나타내고 있는 것으로 생각된다. 하지만, 2018년 이후 OHC-group의 종다양성이 점차 감소하는 양상을 나

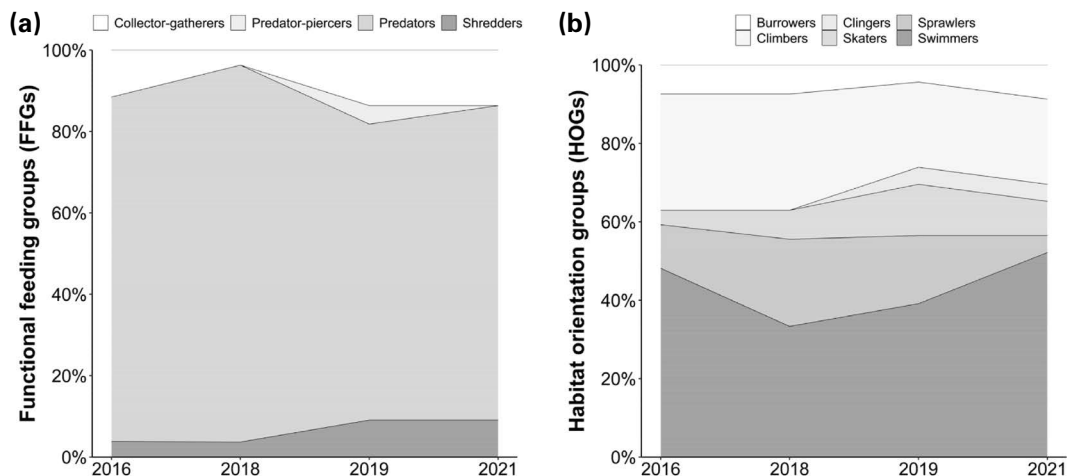


Fig. 6. Comparison of ratio of functional feeding groups (FFGs) (a) and habitat orientation groups (HOGs) (b) in Muljangori-oreum wetland.

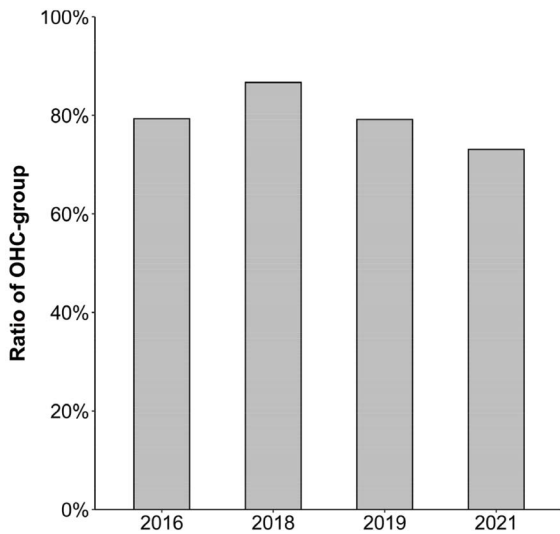


Fig. 7. Changes in the OHC (Odonata, Hemiptera, and Coleoptera)-group ratio between literature survey and 2021 sampling.

타내는 것으로 분석되어 지속적인 모니터링을 통해 생물상 변동에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

문헌에 의하면 물장오리오름 습지에 멸종위기야생생물 II급인 물방개(*Cybister japonicus*)가 서식하는 것으로 확인되었으며 (Ministry of Environment 2016, 2019), 본 조사에서는 총 10개체 (2.43%)가 출현하였다. 물방개과 (Dytiscidae)의 종들은 대부분 유충부터 성충까지 물에서 서식하는 진수서곤충이나 서식환경이 적합하지 않은 경우에는 비행능력을 이용하여 서식지를 이동하는 것으로 알려져 있다 (Matsushima and Yokoi 2020). 따라서 물장오리오름 습지에 서식하고 있는 물방개의 서식환경을 유지할 수 있도록 지속적인 관리와 서식지 보호가 필요할 것으로 생각되며, 주기적인 모니터링을 통해 개체수 변동 및 서식유·무의 파악이 필요할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 2021년 4월부터 8월까지 3차례에 걸쳐 제주도 봉개동에 위치한 물장오리오름 습지의 저서성 대형무척추동물상 및 군집구조를 파악하기 위해 수행되었다. 조사지점은 물장오리오름 습지를 4개의 구역으로 구분하였으며, 접근이 가능한 3개 구역 (1 area~3 area)에서 조사를 실시하였다. 물장오리오름 습지의 서식지 환경을 분석한 결과, 월 평균기온은 7~8월에 가장 높고, 12~2월에 가

장 낮은 양상이 2017년부터 2021년까지 반복되었다. 월 강수량은 2017년을 제외하고 2018년부터 2021년까지 장마철인 6월부터 9월에 가장 높은 것으로 분석되었다. 위성영상 분석을 통해 식생면적과 수 면적의 변동을 분석한 결과, NDVI는 2월부터 7월까지 증가하고 이후 감소하는 양상을 나타내었으며, NDWI는 반비례의 관계를 나타내는 것으로 분석되었다. 조사기간 동안 채집된 저서성 대형무척추동물은 총 2문 3강 8목 17과 26종이 출현하였으며, 정성조사 시 13과 21종, 정량조사 시 15과 24종 412개체가 출현하였다. 우점종은 깔따구류 (*Chronomidae* spp.)가 132개체 (32.04%)로 확인되었으며, 자색물방개 (*Noterus japonicus*)가 71개체 (17.23%)로 아우점하였다. 본 연구와 문헌에서 확인된 출현종을 비교·분석한 결과, 딱정벌레목과 잠자리목의 종다양성이 높은 것으로 확인되었으며, 주요 섭식기능군은 Predators, 서식기능군은 Swimmers로 분석되었다. OHC-group은 2021년에 17종 (73.91%)이 확인되었으며, 2016년에는 23종 (79.31%), 2018년에 26종 (86.67%), 2019년에 19종 (79.17%)이 출현하였다. 멸종위기야생생물 II급인 물방개 (*Cybister japonicus*)가 문헌에서 서식하는 것으로 확인되었으며, 2021년에도 10개체 (2.43%)가 조사되었다. 따라서 물장오리오름 습지에 서식하고 있는 물방개의 서식환경을 유지할 수 있도록 지속적인 관리와 서식지 보호가 필요할 것으로 생각된다.

CRedit authorship contribution statement

JS Han: Investigation, Formal analysis, Writing-Original draft. CH An: Investigation, Formal analysis. JC Lim: Validation, Resources. KJ Cho: Resources, Supervision. HG Lee: Supervision, Writing-Review & editing.

사 사

이 논문은 국립생태원 내륙습지 정밀조사(2022) (NIE-법정연구-2022-19)의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Ahn JB and HJ Kim. 2010. Characteristics of monsoon climate in the Korean peninsula. Korean. J. Clim. Res. 5(2):91-99.
- Choi JY, JM Oh and SD Lee. 2021. The evaluation of carbon storage and economic value assessment of wetlands in the city

- of Seoul. Korean J. Ecol. Infratr. Eng. 8:120–132. <https://doi.org/10.17820/eri.2021.8.2.120>
- Han JS, CH An, JK Choi and HG Lee. 2019. Changes in benthic macroinvertebrates communities in response to biological mosquito larvae control techniques. Korean. J. Environ. Biol. 37:600–606. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2019.37.4.600>
- Hong SJ and SW Cheong. 2020. A study on the community characteristics and changes of benthic macroinvertebrates in the conservation area of the Shinbulsan wetland. J. Environ. Sci. Int. 29:1079–1088. <https://doi.org/10.5322/JESI.2020.29.11.1079>
- Hwang YS and JS Um. 2015. Monitoring the desiccation of inland wetland by combining MNDWI and NDVI: A case study of Upo Wetland in south Korea. J. Korean Soc. Geospatial Inform. Sci. 23:31–41. <https://doi.org/10.12672/ksis.2015.23.6.031>
- Jeong SB, HS Oh, HS Jeon, KS Yang and WT Kim. 2010. Aquatic insects fauna and characteristics of distribution on Jeju island wetlands. J. Wet. Res. 12:35–45.
- Katayama N, T Goto, F Narushima, T Amano, H Kobori and T Miyashita. 2013. Indirect positive effects of agricultural modernization on the abundance of Japanese tree tadpoles in rice fields through the release from predators. Aquat. Ecol. 47:225–234. <https://doi.org/10.1007/s10452-021-09916-8>
- Kim JY. 2013. Development of Korean thermal index using benthic macroinvertebrates. MS Thesis, Kyonggi University, Suwon, Korea.
- Kim TH. 2009. Geomorphic characteristics of 1100 highland, and Mulyeongari-oreum, wetlands in JeJu island. Korean J. Geomorphol. Assoc. 16:35–45.
- Koroiva R and M Pepinelli. 2019. Distribution and habitats of aquatic insects. pp. 11–13. In: Aquatic Insect-Behavior and Ecology (Del-Claro K and R Guillermo, eds.). Springer Cham, Switzerland. https://doi.org/10.1007/978-3-030-16327-3_2
- Kwon OK. 1990. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Mollusca (I). Ministry of Education Press. Seoul, Korea.
- Lee JH, SK Yang, WY Jung and WS Yang. 2015. Estimation of design rainfall based on climate change scenario in Jeju island. Korean J. Environ. Sci. Int. 24:383–391. <https://doi.org/10.5322/JESI.2015.24.4.383>
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. Gen. Syst. 3:36–71.
- Matsushima R and T Yokoi. 2020. Flight capacities of three species of diving beetles (Coleoptera: Dytiscidae) estimated in a flight mill. J. Aquat. Insects 41:332–338. <https://doi.org/10.1080/01650424.2020.1804065>
- McCafferty WP. 1981. Aquatic Entomology: The Fisherman's and Ecologist's Illustrated Guide to Insects and Their Relatives. Science Book International. Boston, MA, USA.
- McFeeters SK. 1996. The use of the normalized difference water index (NDWI) in the delineation of open water features. Int. J. Remote Sens. 17:1425–1432.
- McNaughton SJ. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. Nature 216:168–169.
- Merritt RW, KW Cummins and MB Berg. 2008. An Introduction to the Aquatic Insects of North America (4th Ed). Kendall Hunt Publishing. Dubuque, IA. p. 1158.
- Ministry of Environment. 2016. Intensive Survey on the Wetland Protected Areas. Ministry of Environment. Sejong, Korea. pp. 493–500.
- Ministry of Environment. 2019. Jeju Wetland Protected Areas Monitoring. Ministry of Environment. Sejong, Korea. pp. 79–81.
- National Wetlands Center. 2013. General Survey on National Inland Wetlands. National Institute of Environmental Research Press. Incheon, Korea.
- Pielou EC. 1975. Ecological Diversity. John Wiley & Sons Press. New York, USA.
- Ramsar Convention Secretariat. 2016. An Introduction to the Convention on Wetlands. Ramsar Convention Secretariat. Gland, Switzerland.
- Ro TH and DJ Chun. 2004. Functional feeding group categorization of Korean immature aquatic insects and community stability analysis. Korean J. Limnol. 37:137–148.
- Rouse JW, RH Hass, JA Schell and DW Deering. 1974. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. pp. 309–317. In: Proceedings of the 3rd Earth Resources Technology Satellite - 1 Symposium. NASA SP-351.
- Sareein N, C Phalaraksh, P Rahong, C Techakijvee, S Seok and YJ Bae. 2019. Relationships between predatory aquatic insects and mosquito larvae in residential areas in northern Thailand. J. Vector Ecol. 44:223–232. <https://doi.org/10.1111/jvec.12353>
- Shannon CE and W Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois Press. Urbana, IL, USA.
- Shin YH, SH Kim and SJ Park. 2005. The geochemical roles and properties of Mounyain wetland in Sinbulsan (Mt.). Korean J. Geomorphol. Assoc. 12:133–149.
- Song GR. 1995. Systematics of the Hirudinea (Annelida) in Korea. Korea University Press. Seoul, Korea.
- Song SH and KJ Choi. 2012. An appropriate utilization of agricultural water resources of Jeju Island with climate change (I). J. Soil Groundwater Environ. 17:62–70. <https://doi.org/10.7857/JSGE.2012.17.2.062>
- Wetlands Research Team. 2021. Intensive Survey on National Inland Wetlands. National Institute of Ecology. Seocheon, Korea.
- Won DH, SJ Kown and YC Jun. 2005. Aquatic Insects of Korea. Korea Ecosystem Service Co., Ltd. Seoul, Korea.