

어류군집 분석을 통해 확인한 영랑호의 해양화

홍두표¹, 김재훈¹, 김범준², 이광열³, 김희갑⁴, 김윤희⁵, 최재석^{5*}

¹강원대학교 자연과학대학 환경학과 석사과정, ²강원대학교 환경연구소 연구원, ³(주) 자연과 사람 연구원,

⁴강원대학교 농업생명과학대학 환경융합학부 교수, ⁵강원대학교 환경연구소 연구교수

Marinification of Lake Yeongrang as Confirmed through Fish Community Analysis

Doupyo Hong¹, Jaehoon Kim¹, Bumjun Kim², Kwangyall Lee³, Hekap Kim⁴, Yunhee Kim⁵, Jaeseok Choi^{5*}

¹MS Student, Department of Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

²Researcher, Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

³Researcher, Nature & Human Co, Wonju 26424, Korea

⁴Professor, School of Natural Resources and Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

⁵Research Professor, Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon 24341, Korea

*Corresponding author: Jaeseok Choi (E-mail: gobiobotia@Kangwon.ac.kr)

ABSTRACT

Received: 14 February 2024

Revised: 6 March 2024

Accepted: 8 March 2024

In this study, we focused primarily on analyzing the fish community in Lake Yeongrang, a representative lagoon in Korea, aiming to investigate changes in the aquatic ecosystem of this lake by comparing the fish community surveyed before 2009 with the conditions observed after that year. For this purpose, four surveys were conducted from December 2022 to October 2023 at five different locations, collecting a total of 3,498 individuals from 26 families and 42 species. A comparison with past data revealed significant changes in the composition of primary freshwater fish, peripheral freshwater fish, and seawater fish. Regarding species, the research findings indicated notable differences compared with past data. The percentage of primary freshwater fish was 10% lower, that of peripheral freshwater fish was 20% lower, and that of seawater fish showed an increase of over 30% compared to past data. A similar pattern was observed when considering individual counts. Primary freshwater fish exhibited a decrease of 12%, peripheral freshwater fish decreased by over 5%, and seawater fish showed an increase of more than 16% compared to previous data. Therefore, the aquatic ecosystem of Lake Yeongrang appears to have undergone significant marinification, largely owing to human-induced interventions. The distinctive function of the lagoon, characterized by material cycling influenced by the breaking sandbar, has been substantially compromised. Additionally, the aquatic ecosystem of Lake Yeongrang was affected by the installation of a floating bridge. Therefore, continuous monitoring and research are required.

Keywords: Brackish water lake, Breaking-sandbar, Human-induced interventions, Peripheral freshwater fish, Seawater fish



서론

한국 중부 동해안의 경관을 대표하는 석호는 강물과 바닷물이 만나는 기수 지형의 한 종류다. 모래퇴적으로 인해 해안 입구가 막혀 호수가 형성된 것으로 하구와는 구별된 생태특성을 지니고 있다(Gwag et al., 2005). 석호는 주로 조석의 차이가 적은 해안에서 발견되며 전 세계 해안선의 약 13%를 차지한다. 한반도에 분포하는 석호는 해류의 작용 등으로 인해 바다와 분리되는 경우와 본류에서 운반된 퇴적물이 지류의 하도를 막아 형성된 경우, 두 가지로 나누어지며(Kjerfve, 1994) 동해안 일대 112 km에 걸쳐 18개가 분포한다(WREO, 2017).

해안의 모래가 연안류에 의해 해안을 따라 퇴적되면 좁고 긴 막대 모양의 모래톱 지형이 형성된다. 이중 한쪽은 육지에, 다른 한쪽은 바다에 돌출되어 있는 지형을 사취(Sand spit)라 하며, 이것이 계속 모래를 공급받아 나머지 한쪽도 육지와 맞닿게 된 것을 사주(Sand bar)라고 한다. 사주는 집중호우 또는 파도와 같은 물리적인 힘에 의해 간헐적으로 붕괴되는데 이를 갯터짐 현상(Breaking-sandbar)이라고 한다(Park et al., 2007). 갯터짐이 발생하면 석호는 바다와 연결되고 담수와 해수가 교환되며 다양한 수중생물들이 왕래할 수 있는 이동통로가 형성된다. 석호는 시간이 지날수록 사주가 두꺼워지는데 이로 인해 해수의 유입은 줄어드는 반면 내륙에서 유입되는 민물의 양은 변화가 없어 자연스럽게 담수화가 진행된다. 결과적으로 토사의 유입 및 육상식물의 침입 등으로 인해 기후와 토양 등과 같은 요소가 허용하는 범위 내에서 중성식생으로 수렴하는 습성천이(Hydrach succession)가 일어난다(Shin and Park, 2004). 이렇듯 석호가 담수화되고 담수화가 오랜 기간에 걸쳐 점차 습지, 초원, 수림의 형태로 변화하는 것은 자연스러운 현상이나 반대로 석호가 해양화 되는 현상도 존재하는데 대부분 선박출입과 수질개선을 위해 인위적으로 사주를 개방한 것이 원인이 되며 한국 동해안에서는 청초호와 경포호가 대표적인 사례다(Park et al., 2014). 석호 내 생물상은 석호가 가지는 습성천이 상태에 따라 역동적으로 변화하는데 특정 개체군이 폭발적으로 증가하거나 빠르게 사멸하기도 한다.

본 연구의 조사지인 영랑호는 강원도 속초시 전천동, 금호동, 영랑동에 걸쳐있는 호수로 유역면적은 7.8 Km², 수표면적 1.02 Km², 평균수심 4 m, 호안길이는 7.21 Km이다(Seo et al., 2007). 영랑호는 20세기 동안 면적이 14% 감소하여 현재 면적보존율은 86% 정도이며 호안길이는 20세기 초에 비해 58%만이 남아있다(Yoon et al., 2008). 1998년 시행된 동해안 석호 조사보고서에 따르면 영랑호의 수질은 부영양 상태를 넘어 과영양 상태로 나타나기도 하였으며 2000년에는 수환경 개선을 위해 퇴적물을 준설하였다(WREO, 1999). 2008년 8월에는 영랑호에서 대규모 어류폐사가 발생하였는데 저층의 환원환경으로 황화수소가 축적되어 호수 내 어류들이 폐사한 것으로 보고되었다(Kim et al., 2008). 2009년에는 영랑호 수질개선과 해수유입을 위해 유입수로를 확보하였으며 모래에 의한 수로의 막힘을 방지하고자 도류제를 설치하였다. 이후 해수의 교환에 의해 현재 호수 염분도는 약 26–30% 정도로 해수화가 완료된 상태이다(Huh et al., 2017). 2021년에는 영랑호 내에 부교가 건설되는 등 최근까지 인위적인 개입이 발생하였다.

이렇듯 영랑호의 생태계는 지속적으로 교란 받았으며 이곳에 서식하는 수서생물에게 적지 않은 영향을 미친 것으로 보인다. 지금까지 영랑호에 관한 선행연구는 육수학적인 연구(Huh et al., 2017; Seo et al., 2007; Shin et al., 2021; Yoon and Cho, 2005)가 대부분이었으며 영랑호의 어류군집에 대한 연구는 2005년부터 2007년까지 진행된 Choi et al.(2007)의 연구를 제외하면 극히 드문 편이어서 해수화가 진행되고 부교가 완공된 현시점의 영랑호 수생태계를 파악하기 어려운 실정이다.

어류군집은 국내외에서 생태계 건강성을 반영하는 생물지표(Biological indicator)로 인정받고 있다. Karr(1991)은 어류군집이 서식지와 수질, 인간에 의한 개발 등에 민감하게 반응하는 지표라고 인지하였다. Jang et al.(2006)은 어류가 수생태계의 고차소비자로서 이동성이 크고 서식환경 변화에 민감하게 반응하는 동물군 중 하나로 생태계를 직·간

접적으로 이해하고 해석하는데 좋은 재료라 언급하였다. 특히나 석호와 같이 역동적인 생태계에서 어류군집은 매우 적합한 지표생물군이라고 할 수 있다. 이에 본 연구에서는 영랑호의 어류군집조사와 분석을 통해 영랑호 생태계 현황과 변동 상태를 진단하여 석호생태계 문제점 등을 파악하고 미래 석호의 관리방안과 문제 해결방안 등에 관한 전문적인 자료로 제시하고자 한다.

조사 및 방법

조사는 2022년 12월부터 2023년 10월까지 4번 실시하였으며, 조사지점은 영랑호 기준 유입수 2개 지점(St. 1, 2), 영랑호 내 2개 지점(St. 3, 4), 유출수 1개 지점(St. 5)을 포함하여 총 5개 지점을 선정하였다(Fig. 1).

1st : 2022.12.28 – 12.29

2nd : 2023.03.29 – 03.30

3rd : 2023.07.11 – 07.12

4th : 2023.10.04 – 10.05

어류 조사의 경우 호내로 유입되는 하천 지점(St. 1, St. 2)과 바다로 유출되는 지점(St. 5)에서는 족대(망목 5 × 5 mm)와 투망(망목 7 × 7 mm)을 사용하였으며, 호내 지점(St. 3, St. 4)의 경우 정치망(망목 5 × 5 mm, 유도망 길이 25 m)을 사용하여 24시간 수중에 설치한 후 수거하였다. 채집한 어류는 현장에서 동정하고 개체수를 확인한 뒤 방류하였으며 동정이 어려운 개체와 표본이 필요한 경우에는 10% 포르말린 용액으로 고정 후 실험실로 운반하여 동정하였다.

채집된 어류의 분류 및 동정은 국내에서 발표된 검색표 및 도감(Choi et al., 1990; Choi and Lee, 2017; Jeon, 1983, 1984, 1989; Kim, 1982, 1984, 1997; Kim and Kang, 1993)을 이용하였다. 성장도는 Pauly(1984)를 비만도는 Anderson and Neumann(1996)을 따랐다.

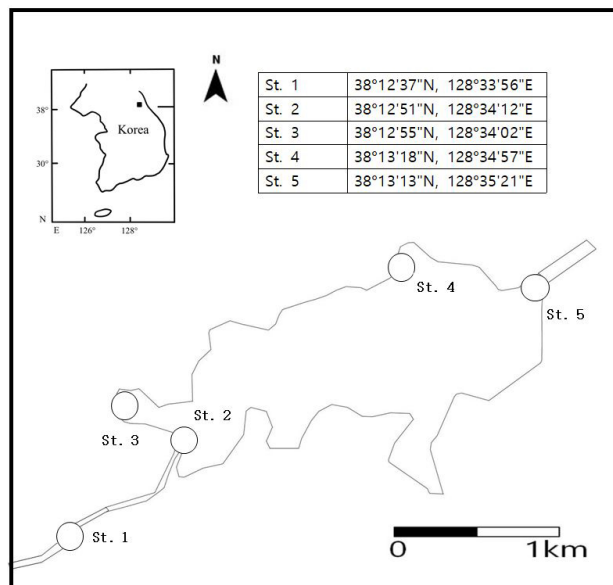


Fig. 1. Map showing the studied station in Lake Yeongrang.

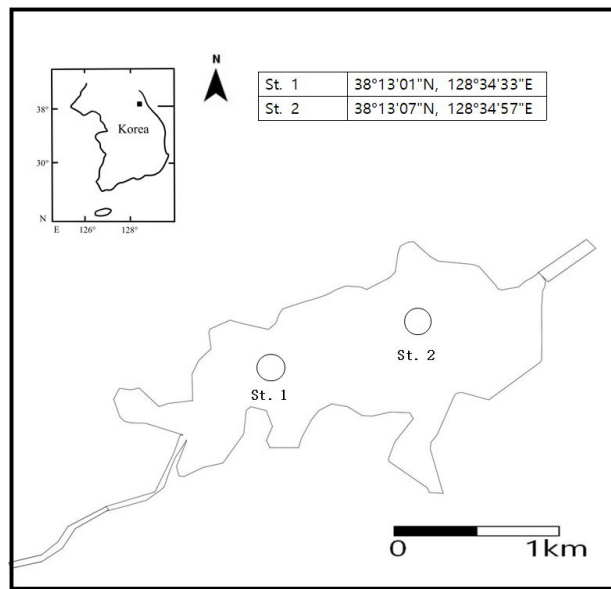


Fig. 2. Location of sampling sites in Lake Yeongrang.

성장도: $W = aTL^b$ W = total weight TL = total length a, b = parameters

비만도: $K = W/L^3 \times 10^5$ W: total weight TL= total length

영랑호의 지점별, 시기별 해수화 정도를 확인하기 위해 수환경기기(YSI, probe)를 사용하여 염분도를 측정하였다. 측정은 4차례 이루어졌으며 지점은 영랑호 호내에서 유입수와 가까운 St. 1번 지점과 유출수와 가까운 St. 2번 지점을 선정하였다(Fig. 2).

1st : 2022.12.28

2nd : 2023.03.30

3rd : 2023.07.12

4th : 2023.10.05

결과

어류상 및 어류군집

2022년 12월부터 2023년 10월까지 4회에 걸친 영랑호 어류조사 결과 총 26과 42종 3,498개체가 채집되었다 (Table 1). 본 조사에서 채집된 어종들을 과(Family)별로 살펴보면 망둑어과(Gobiidae)가 10종(23.81%)으로 가장 많은 종이 채집되었고 다음으로 잉어과(Cyprinidae)가 4종(9.52%)이 채집되었으며, 바다빙어과(Osmeridae), 송어과(Mugilidae), 큰가시고기과(Gasterosteidae), 황줄감정어과(Kyphosidae)가 각각 2종(4.76%)으로 뒤를 이었다. 뱀장어과(Anguillidae) 등 기타 분류군은 각각 1종(2.38%)으로 확인되었다.

42종의 상대풍부도 비교시(Fig. 3) 우점종은 황어(*Tribolodon hakonensis*) 866개체 (24.76%), 아우점종은 문절망

Table 1. List and number of fish species collected from Lake Yeongrang during December 2022 to October 2023 (Continued)

Species name	Korean name	Sampling site					Total	RA	Note
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5			
ADRIANICHTHYOIDEA	송사리과								
<i>Oryzias latipes</i>	송사리		1				1	0.03	Pr
HEMIRAMPHIDAE	학공치과								
<i>Hyporhamphus sajori</i>	학공치		2		2		4	0.11	S
GASTEROSTEIFORMES	큰가시고기목								
GASTEROSTEIDAE	큰가시고기과								
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	큰가시고기		25	19	24		68	1.94	Ph
<i>Pungitius kaibarae</i>	잔가시고기	71	1				72	2.06	Pr
SCORPAENIFORMES	쏨뱅이목								
SCORPAENIDAE	양볼락과								
<i>Sebastes schlegelii</i>	조피볼락				1		1	0.03	S
HEXAGRAMMIDAE	쥐노래미과								
<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미					4	4	0.11	S
COTTIDAE	독중개과								
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑					4	4	0.11	S
PERCIFORMES	농어목								
CARANGIDAE	전갱이과								
<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이				3		3	0.09	S
GERREIDAE	게레치과								
<i>Gerres oyena</i>	게레치				18	3	21	0.60	S
SPARIDAE	도미과								
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔				3	5	8	0.23	S
KYPHOSIDAE	황줄깜정이고								
<i>Girella punctata</i>	벵에돔					88	88	2.52	S
<i>Microcanthus strigatus</i>	범돔					2	2	0.06	S
TERAPONTIDAE	살벤자리과								
<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	줄벤자리			9			9	0.26	S
EMBIOTOCIDAE	망상어과								
<i>Ditrema temminckii</i>	망상어			16	7	24	47	1.34	S
PHOLIDAE	황줄베도라치과								
<i>Pholis fangi</i>	흰베도라치			2	2	3	7	0.20	S
BLENNIIDAE	청베도라치과								
<i>Omobranchus elegans</i>	앞동갈베도라치					1	1	0.03	S
GOBIIDAE	망둑어과								
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑		51	341	388	57	837	23.93	Ph
<i>Acanthogobius lactipes</i>	흰발망둑	1				5	6	0.17	Ph
<i>Acentrogobius pflaumii</i>	줄망둑					2	2	0.06	Ph
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	날개망둑					2	2	0.06	Ph
<i>Gymnogobius breunigii</i>	날망둑		10	6	2		18	0.51	Ph
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	꼭저구	72	8				80	2.29	Ph
<i>Luciogobius guttatus</i>	미끈망둑					1	1	0.03	Ph
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어	13					13	0.37	Ph
<i>Tridentiger bifasciatus</i>	민물두줄망둑		12	3	3	1	19	0.54	Ph
<i>Tridentiger brevispinis</i>	만물검정망둑	12	6			32	50	1.43	Ph
SPHYRAENIDAE	꼬치고기과								
<i>Sphyaena pinguis</i>	꼬치고기			3	2		5	0.14	S
PLEURONECTIFORMES	가자미목								
PARALICHTHYIDAE	넙치과								
<i>Paralichthys olivaceus</i>	넙치				1		1	0.03	S
PLEURONECTIDAE	가자미과								
<i>Platichthys stellatus</i>	강도다리		11	3	8		22	0.63	S
TETRAODONTIFORMES	복어목								
TETRATODONTIDAE	참복과								
<i>Takifugu niphobles</i>	복섬		17	30	60	15	122	3.49	Ph
	Number of family	4	10	14	18	13	26		
	Number of species	9	17	18	23	18	42		
	Number of individuals	226	202	1,480	1,266	324	3,498		

시·공간적 변화에 따른 분포 특성

시·공간적 변화에 따른 영양호 어류군집의 특성을 파악하기 위해 시기별, 지점별로 어류군집을 비교·분석하였다. 먼저 시기별로 담수어, 기수어, 해수어의 비율을 확인하였다(Fig. 4). 종수를 기준으로 겨울인 12월에 가장 비율이 높은 것은 57.14%(8종)를 차지한 기수어였으며 28.57%(4종)를 차지한 담수어와 14.29%(2종)를 차지한 해수어가 뒤를 이었다. 봄인 3월에 가장 비율이 높은 것은 70.00%(14종)를 차지한 기수어였으며 25.00%(5종)를 차지한 해수어와 5.00%(1종)를 차지한 담수어가 뒤를 이었다. 여름인 7월 역시 가장 비율이 높은 것은 59.09%(12종)를 차지한 기수어였으며 31.81%(7종)의 해수어와 9.09%(3종)의 담수어가 뒤를 이었다. 가을인 10월에 가장 비율이 높은 것은 41.38%(12종)를 차지한 해수어였으며 37.93%(11종)를 차지한 기수어와 20.68%(6종)를 차지한 담수어가 뒤를 이었다.

개체수를 기준으로 겨울인 12월에 가장 비율이 높은 것은 91.62%(197개체)를 차지한 기수어였다. 7.44%(16개체)를 차지한 담수어와 0.93%(2개체)를 차지한 해수어가 뒤를 이었다. 봄인 3월에 가장 비율이 높은 것은 97.48%(581개체)를 차지한 기수어였다. 1.85%(11개체)를 차지한 해수어와 0.67%(4개체)를 차지한 담수어가 뒤를 이었다. 여름인 7월에 가장 비율이 높은 것은 71.65%(1,082개체)를 차지한 기수어였다. 25.96%(392개체)를 차지한 해수어와 4.37%(36개체)를 차지한 담수어가 뒤를 이었다. 가을인 10월에 가장 비율이 높은 것은 80.11%(1,168개체)를 차지한 기수어였다. 14.57%(170개체)를 차지한 해수어와 5.31%(62개체)를 차지한 담수어가 뒤를 이었다.

다음으로는 지점별로 담수어, 기수어, 해수어의 비율을 확인하였다(Fig. 5). 종수를 기준으로 영양호로 유입되는 하천인 St. 1에서는 담수어의 비율이 55.56%(5종)로 가장 높았고 기수어가 44.44%(4종)로 뒤를 이었으며 해수어는 채집되지 않았다. St. 2에서는 기수어의 비율이 64.71%(11종)로 가장 높게 나타났으며 23.53%(4종)의 담수어와 11.76%(2종)의 해수어가 뒤를 이었다. 영양호 내부인 St. 3의 경우 기수어가 66.67%(12종)로 가장 높게 나타났으며 33.33%(6종)의 해수어가 뒤를 이었다. 담수어는 채집되지 않았다. 마찬가지로 영양호 내부인 St. 4에서는 기수어가 52.17%(12종)으로 가장 높게 나타났으며 47.83%(11종)의 해수어가 뒤를 이었다. 담수어는 채집되지 않았다. 바다와 가까운 St. 5에서는 기수어와 해수어의 비율이 50.00%(9종) 동일하게 나타났다. 담수어는 채집되지 않았다.

개체수를 기준으로 영양호로 유입되는 하천인 St. 1에서는 담수어의 비율이 56.64%(128개체)를 차지하였으며 나머지 43.36%(98개체)는 기수어로 나타났다. St. 2에서는 기수어의 비율이 89.11%(180개체)로 가장 높았고 6.44%(13개체)의 해수어와 4.46%(9개체)의 담수어가 뒤를 이었다. St. 3에서는 기수어의 비율이 77.36%(1,145개체)로 가

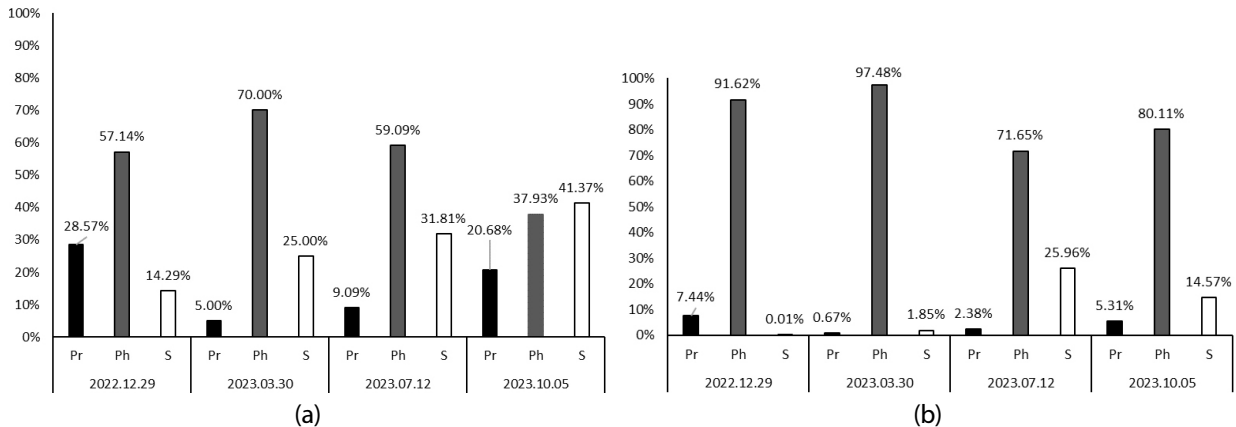


Fig. 4. Comparison of seasonal appearance rate in terms of (a) the percentage of species and (b) the percentage of individuals.

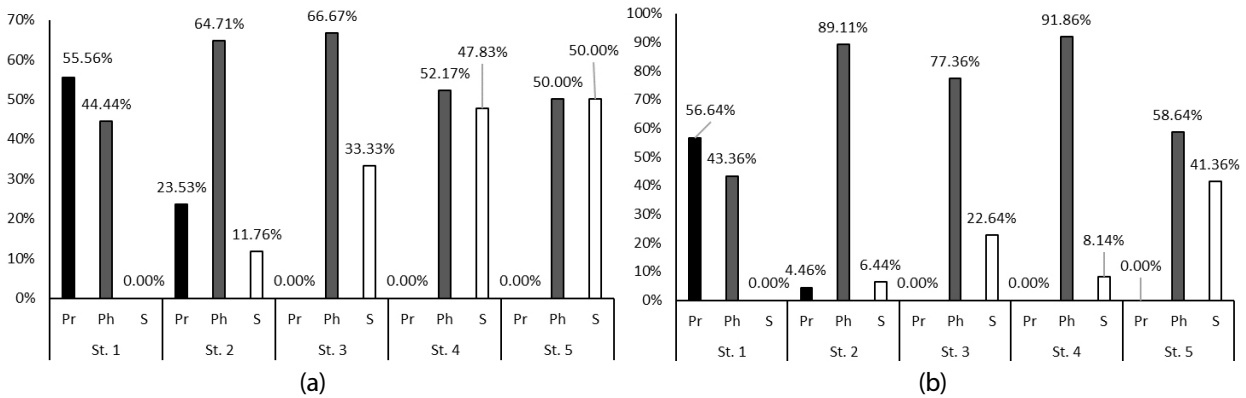


Fig. 5. Comparison of state appearance rate in terms of (a) the percentage of species and (b) the percentage of individuals.

장 높았고 22.64%를 차지한 해수어(335개체)가 뒤를 이었다. 담수어는 채집되지 않았다. St. 4에서는 기수어의 비율이 91.86%(1.163개체)로 가장 높게 나타났으며 8.14%(103개체)를 차지한 해수어가 뒤를 이었다. 담수어는 채집되지 않았다. St. 5에서는 기수어의 비율이 58.64%(190개체)로 가장 높게 나타났으며 41.36%(134개체)를 차지한 해수어가 뒤를 이었다. 역시 담수어는 채집되지 않았다.

어류상의 변화

2005년 9월부터 2007년 4월까지 조사한 과거의 어류상(Choi et al., 2007)과 2022년 12월부터 2023년 10월까지 조사한 현재의 어류상을 비교·분석하였다(Table 2). 과거 조사에서는 7차례 조사를 통해 총 16과 32종 10,945개체를 채집한 반면 본 조사에서는 4차례 조사를 통해 총 26과 42종 3,498개체를 채집하였다.

과거 조사에서는 잉어과(Cyprinidae)가 8종(25.00%)으로 가장 많이 채집되었으며, 다음으로 망둑어과(Gobiidae) 7종(21.88%), 큰가시고기과(Gasterosteidae) 3종(9.38%), 송어과(Mugilidae) 2종(6.25%) 등의 순으로 나타났다. 반면 본 조사에서 가장 많이 채집된 종은 망둑어과(Gobiidae) 10종(23.81%)였으며 잉어과(Cyprinidae) 4종(9.52%), 바다빙어과(Osmeridae) 2종(4.76%), 송어과(Mugilidae) 2종(4.76%) 등의 순이었다(Fig. 6). 개체수를 기준으로 과거 조사에서 가장 많이 채집된 종은 잉어과(Cyprinidae) 4,566개체(41.72%)였으며 망둑어과(Gobiidae) 2,872개체(26.24%), 바다빙어과(Osmeridae) 2,769개체(25.30%), 청어과(Clupeidae) 224개체(2.05%) 등이 뒤를 이었다. 개체수를 기준으로 본 조사에서 가장 많이 채집된 종은 망둑어과(Gobiidae) 1,028개체(29.39%)였으며 잉어과(Cyprinidae) 928개체(26.53%), 청어과(Clupeidae) 595개체(17.00%), 멸치과(Engraulidae) 358개체(10.23%), 큰가시고기과(Gasterosteidae) 140개체(4.00%) 등이 뒤를 이었다.

과거 조사에서는 확인되었지만 본 조사에서는 출현하지 않은 종은 잉어(*C. carpio*(Israel type; Gold type)), 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 백련어(*Hypophthalmichthys molitrix*), 버들개(*Moroco lagowskii*), 메기(*Silurus asotus*), 연어(*Oncorhynchus keta*), 가시고기(*Pungitius sinensis*), 점망둑(*Chaenogobius annularis*), 검정망둑(*Tridentiger obscurus*), 가물치(*Channa arga*) 등으로 총 10종으로 나타났다. 과거 조사에서는 채집되지 않았지만 본 조사에서는 채집된 종은 뱀장어(*Anguilla japonica*), 뱀어(*Salangichthys microdon*), 노래미(*Hexagrammos agrammus*), 가시망둑(*Pseudoblennius cottoides*), 전갱이(*Trachurus japonicus*), 게레치(*Gerres oyena*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*), 뱀에돔(*Girella*

punctata), 범돔(*Microcanthus strigatus*), 망상어(*Ditrema temminckii*), 흰베도라치(*Pholis fangi*), 앞동갈베도라치(*Omobranchus elegans*), 줄망둑(*Acentrogobius pflaumii*), 날개망둑(*Favonigobius gymnauchen*), 미끈망둑(*Luciogobius guttatus*), 민물두줄망둑(*Tridentiger bifasciatus*), 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*), 꼬치고기(*Sphyraena pinguis*), 넙치(*Paralichthys olivaceus*), 강도다리(*Platichthys stellatus*) 등으로 총 20종이 확인되었다.

Table 2. Comparison of data presented in a previous reference (Choi et al., 2007) with that recorded in the present survey

Species name	Korean name	Choi et al., 2007						2022 – 2023					Note	
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Total	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5		Total
ANGUILLIFORMES	뱀장어목													
ANGUILLIDAE	뱀장어과													
<i>Anguilla japonica</i>	뱀장어								1				1	Ph
CLUPEIFORMES	청어목													
ENGRAULIDAE	멸치과													
<i>Engraulis japonicus</i>	멸치		1		1		2		302	56			358	S
CLUPEIDAE	청어과													
<i>Konosirus punctatus</i>	전어	86	8	50	2	78	224	11	374	201	9	595	ph	
CYPRINIFORMES	잉어목													
CYPRINIDAE	잉어과													
<i>Cyprinus carpio</i>	잉어	108	11	121	38	15	293							pr
<i>Cyprinus carpio</i> (Israel type)	향어	2					2							pr
<i>Cyprinus carpio</i> (Gold type)	비단잉어	1					1							pr
<i>Carassius auratus</i>	붕어	214	34	24	37	10	319	9					9	pr
<i>Carassius cuvieri</i>	떡붕어	10	16	1	4		31							pr
<i>Pseudorasbora parva</i>	참붕어	275		21			296	1	3				4	pr
<i>Tribolodon hakonensis</i>	황어	1,008	35	1,633	37	64	2,777	11	332	453	70	866	ph	
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	백련어				1		1							pr
<i>Moroco lagowskii</i>	버들개	1					1							pr
<i>Zacco platypus</i>	피라미	835		8	2		845	45	4				49	pr
COBITIDAE	미꾸리과													
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	미꾸리	38					38	2					2	pr
SILURIFORMES	메기목													
SILURIDAE	메기과													
<i>Silurus asotus</i>	메기		5	13	2		20							pr
OSMERIFORMES	바다빙어목													
OSMERIDAE	바다빙어과													
<i>Hypomesus nipponensis</i>	빙어	778	1	1,796	4	190	2,769	21	22	15			58	ph
<i>Salangichthys microdon</i>	뱅어								12	6			18	ph
SALMONIFORMES	연어목													
SALMONIDAE	연어과													
<i>Oncorhynchus keta</i>	연어			2			2							ph
MUGILIFORMES	송어목													
MUGILIDAE	송어과													
<i>Chelon haematocheilus</i>	가송어	11	26		3	1	41		1				1	ph
<i>Mugil cephalus</i>	송어	6	20	1	16	5	48	8	4	4	3	19	ph	
BELONIFORMES	동갈치목													
ADRIANICHTHYOIDEAE	송사리과													
<i>Oryzias latipes</i>	송사리	31					31	1					1	pr
HEMIRAMPHIDAE	학공치과													
<i>Hyporhamphus sajori</i>	학공치	39		20	1	57	117	2		2			4	ph

Table 2. Comparison of data presented in a previous reference (Choi et al., 2007) with that recorded in the present survey (Continued)

Species name	Korean name	Choi et al., 2007					2022 – 2023					Note			
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Total	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4		St. 5	Total	
GASTEROSTEIFORMES	큰가시고기목														
GASTEROSTEIDAE	큰가시고기과														
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	큰가시고기	52		115		6	173		25	19	24		68	ph	
<i>pungitius sinensis</i>	가시고기			3			3							pr	
<i>Pungitius kaibarae</i>	잔가시고기	25					25	71	1				72	pr	
SCORPAENIFORMES	솜뱅이목														
SCORPAENIDAE	양볼락과														
<i>Sebastes schlegelii</i>	조피볼락					6	6				1		1	S	
HEXAGRAMMIDAE	취노래미과														
<i>Hexagrammos agrammus</i>	노래미												4	4	S
COTTIDAE	독중개과														
<i>Pseudoblennius cottoides</i>	가시망둑												4	4	S
PERCIFORMES	농어목														
CARANGIDAE	전갱이과														
<i>Trachurus japonicus</i>	전갱이										3		3	S	
GERREIDAE	게레치과														
<i>Gerres oyena</i>	게레치										18	3	21	S	
SPARIDAE	도미과														
<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	감성돔										3	5	8	S	
KYPHOSIDAE	황줄감정어과														
<i>Girella punctata</i>	벙에돔												88	88	S
<i>Microcanthus strigatus</i>	범돔												2	2	S
TERAPONTIDAE	살벤자리과														
<i>Rhynchopelates oxyrhynchus</i>	줄벤자리			1			1			9			9	S	
EMBIOTOCIDAE	망상어과														
<i>Ditrema temminckii</i>	망상어									16	7	24	47	S	
PHOLIDAE	황줄베도라치과														
<i>Pholis fangi</i>	흰베도라치									2	2	3	7	S	
BLENNIIDAE	청베도라치과														
<i>Omobranchus elegans</i>	앞동갈베도라치												1	1	S
GOBIIDAE	망둑어과														
<i>Acanthogobius flavimanus</i>	문절망둑			9			9		51	341	388	57	837	Ph	
<i>Acanthogobius lactipes</i>	흰발망둑	127		13		113	253	1			5		6	Ph	
<i>Acentrogobius pflaumii</i>	줄망둑										2		2	Ph	
<i>Chaenogobius annularist</i>	점망둑					1	1							Ph	
<i>Favonigobius gymnauchen</i>	날개망둑											2	2	Ph	
<i>Gymnogobius breunigii</i>	날망둑	332		404		46	782		10	6	2		18	Ph	
<i>Gymnogobius urotaenia</i>	꼭저구	306		23		1	330	72	8				80	Pr	
<i>Luciogobius guttatus</i>	미끈망둑											1	1	Ph	
<i>Rhinogobius brunneus</i>	밀어	32					32	13					13	Ph	
<i>Tridentiger bifasciatus</i>	민물두줄망둑								12	3	3	1	19	Ph	
<i>Tridentiger brevispinis</i>	민물검정망둑							12	6			32	50	Ph	
<i>Tridentiger obscurus</i>	검정망둑	995		114		356	1465							ph	
CHANNIDAE	가물치과														
<i>Channa arga</i>	가물치	2					2							pr	
SPHYRAENIDAE	꼬치고기과														
<i>Sphyraena pinguis</i>	꼬치고기									3	2		5	S	

Table 2. Comparison of data presented in a previous reference (Choi et al., 2007) with that recorded in the present survey (Continued)

Species name	Korean name	Choi et al., 2007					2022 – 2023					Note		
		St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	Total	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4		St. 5	Total
PLEURONECTIFORMES	가자미목													
PARALICHTHYIDAE	넙치과													
<i>Paralichthys olivaceus</i>	넙치										1		1	S
PLEURONECTIDAE	가자미과													
<i>Platichthys stellatus</i>	강도다리								11	3	8		22	S
TETRAODONTIFORMES	복어목													
TETRAODONTIDAE	참복과													
<i>Takifugu niphobles</i>	복섬					5	5		17	30	60	15	122	ph
	Number of family	10	6	10	7	9	16	4	10	14	18	13	26	
	Number of species	22	10	20	13	16	32	9	17	18	23	18	42	
	Number of individuals	5,314	157	4,372	148	954	10,945	226	202	1,480	1,266	324	3,498	

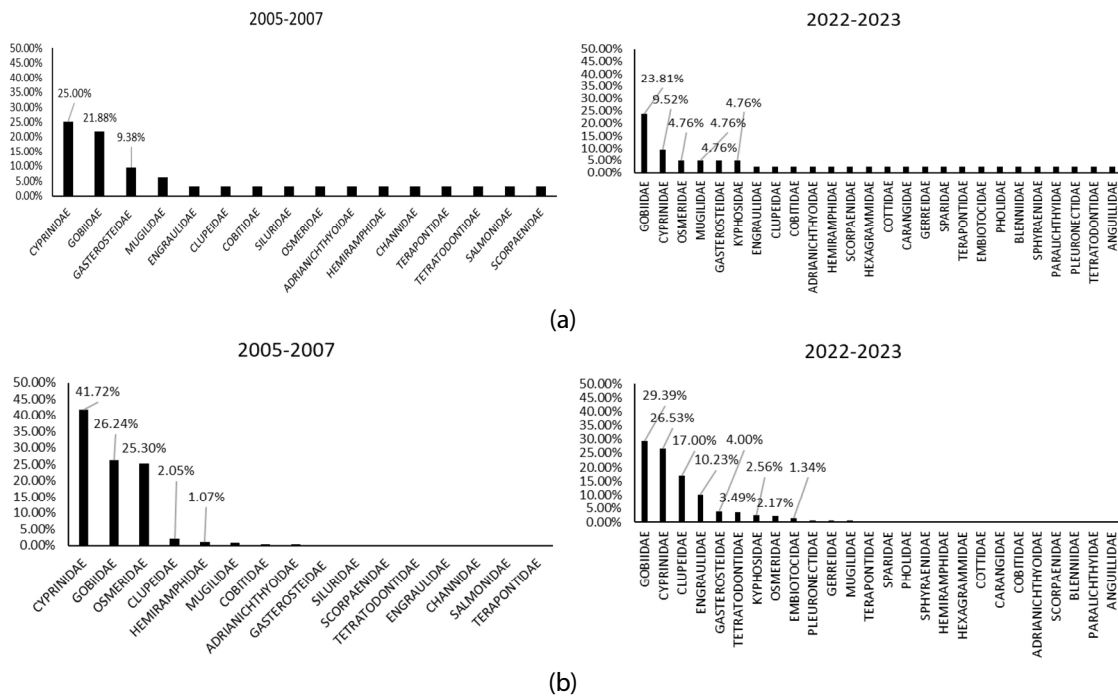


Fig. 6. Comparison of data regarding fish families presented in a previous reference (Choi et al., 2007) with that recorded in the present survey. (a) Comparative analysis of the number of families based on species, and (b) comparative analysis of the number of families based on individuals.

과거 조사에서는 종수를 기준으로 담수어는 11종(34.38%), 기수어는 18종(56.25%), 해수어는 3종(9.38%)이 채집되었다(Fig. 7). 개체수를 기준으로는 담수어가 2,242개체(20.48%), 기수어가 8,694개체(79.43%), 해수어가 9개체(0.01%) 채집되었다. 본 조사에서는 종수를 기준으로 담수어는 6종(14.29%), 기수어는 19종(45.24%), 해수어는 17종(40.48%)이 채집되었다. 개체수를 기준으로는 담수어가 137개체(3.92%), 기수어가 2,776개체(79.36%), 해수어가 581개체(16.72%) 채집되었다.

염분도 분석

유입수에 가까운 St. 1 지점과 유출수에 가까운 St. 2 지점으로 구분하여 염분도를 측정하였다(Fig. 8). 1차 조사에서 St. 1의 최소 염분도는 수면에서 측정된 25.65‰이었으며 최대 염분도는 수심 4 m와 5 m에서 측정된 31.50‰이었다. 평균 염분도는 29.94‰로 나타났다. St. 2의 최소 염분도는 수면과 수심 2 m에서 측정된 30.00‰이었으며 최대 염분도는 수심 3 m에서 측정된 31.50‰이었다. 평균염분도는 30.75‰로 나타났다.

2차 조사에서 St. 1의 최소 염분도는 수면에서 측정된 26.86‰이었으며 최대 염분도는 수심 4 m, 5 m에서 측정된 28.81‰이었다. 평균염분도는 28.30‰로 나타났다. St. 2의 최소 염분도는 수면에서 측정된 27.66‰이었으며 최대 염분도는 수심 7 m에서 측정된 28.71‰이었다. 평균염분도는 28.17‰로 확인되었다.

3차 조사에서 St. 1의 최소 염분도는 수면에서 측정된 25.44‰이었으며 최대 염분도는 수심 4.0 m에서 측정된 28.14‰이었다. 평균염분도는 26.70‰로 나타났다. St. 2의 최소 염분도는 수면에서 측정된 25.57‰이었으며 최대 염

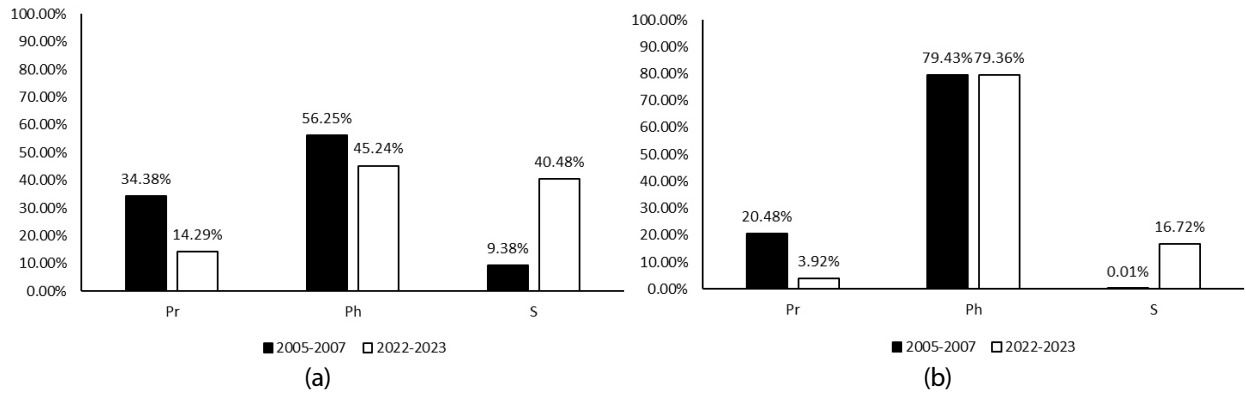


Fig. 7. Comparison of data regarding fish species and individuals presented in a previous reference (Choi et al., 2007) with that recorded in the present survey in terms of (a) the percentage of species and (b) the percentage of individuals.

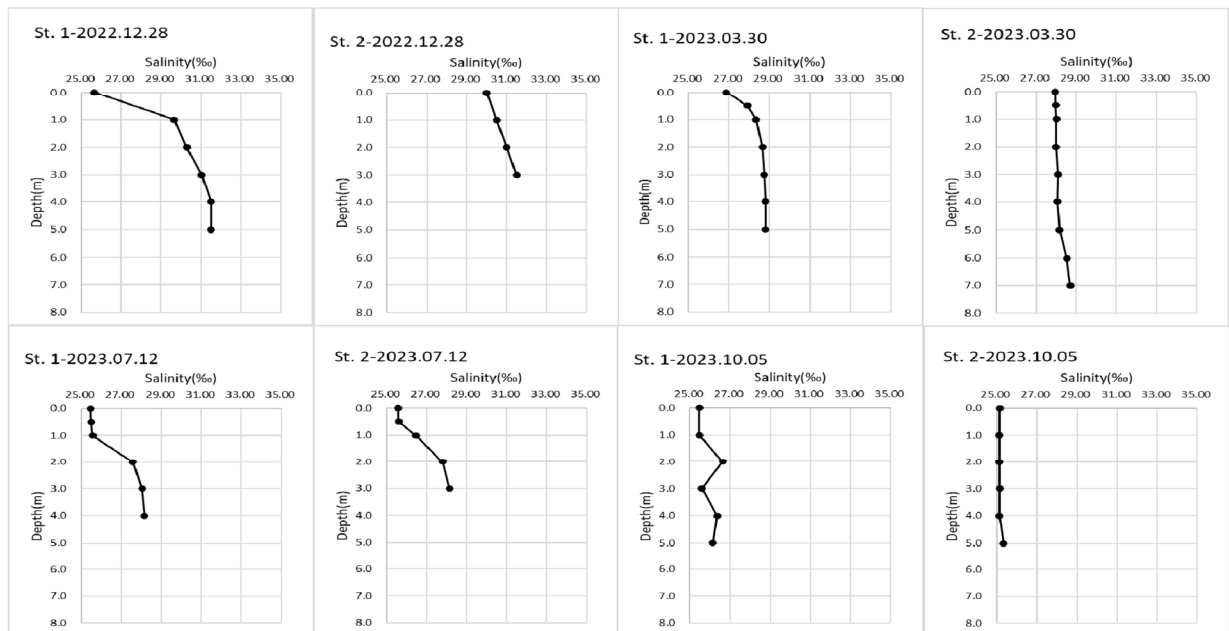


Fig. 8. Vertical distribution of salinity in Lake Yeongrang during the study period.

분도는 수심 3.0 m에서 측정된 28.13%이었다. 평균염분도는 26.70‰로 나타났다.

4차 조사에서 St. 1의 최소 염분도는 수면에서 측정된 25.46‰이었으며 최대 염분도는 수심 4.0 m에서 측정된 26.36‰이었다. 평균 염분도는 25.94‰로 나타났다. St. 2의 최소 염분도는 수심 1.0 m에서 측정된 25.12‰이었으며 최대 염분도는 수심 5.0 m에서 측정된 25.33‰이었다. 평균염분도는 25.16‰로 확인되었다.

고찰

본 연구는 한국의 대표적인 석호 중 하나인 영랑호의 어류군집을 분석한 뒤 상시 해수 유입이 시작되기 전인 2005-2007년 Choi et al.(2007)가 조사한 영랑호의 어류군집과 비교해 보았을 때 영랑호의 수생태계에 어떤 변화가 있었는지를 밝히는 것을 중점으로 진행되었다. 분석 결과 먼저 종수를 기준으로 계절에 따른 담수어, 기수어, 해수어의 비율 변화가 확인되었다. 겨울인 12월에 가장 비율이 높은 것은 57.14%(8종)을 차지한 기수어였으며 봄인 3월에 가장 비율이 높은 것은 70.00%(14종)를 차지한 기수어였다. 여름인 7월에 가장 비율이 높은 것은 봄과 마찬가지로 59.09%(12종)을 차지한 기수어였지만 비율에서는 차이가 났다. 마지막으로 가을인 10월에 가장 가장 비율이 높은 것은 41.38%(12종)를 차지한 해수어였다. 이러한 변화는 본 조사에서 출현한 어종 중 상당수가 기수어인 것에 기인해 보이는데 이들은 산란을 위해 봄에 호내로 회귀하며 부화한 개체군은 여름에 성장한 후 가을에 다시 강해하는 특징을 가지고 있다(Choi et al., 2006). 특히 10월에 해수어의 비율이 높은 것은 기수어들이 상당수 바다로 강해한 상황 속에서 해수어들이 활동성을 가지고 호내로 이동한 것이 영향을 미친 것으로 보인다. 종수를 기준으로 한 것과는 달리 개체수를 기준으로 했을 때는 4계절 내내 기수어가 우점하는 양상을 보였는데 이는 기수어가 우세하게 출현하는 석호 어류상의 일반적인 특징(Park et al., 2007)을 따른 것으로 본 조사에서 확인된 42종 중 우점종인 황어(*T. hakonensis*) 24.76%(866개체)와 아우점종인 문절망둑(*A. flavimanus*) 23.93%(837개체), 2종의 개체수 합계가 전체의 50.00%를 넘게 차지하는 결과를 보였다.

각 지점별로 나타난 특징을 확인한 결과, 종수를 기준으로 영랑호로 유입되는 하천인 St. 1에서 바다로 빠져나가는 St. 5로 갈수록 담수어의 비율은 55.56%(5종)에서 0%까지 낮아졌고 해수어의 비율은 0%에서 50.00%(9종)까지 높아지는 결과를 보였다. 다만 개체수를 중심으로 보면 계절별로 비교했을 때와 유사하게 담수어 개체수가 56.64%(128개체)를 차지한 St. 1을 제외하고는 모든 지점에서 기수어가 우점하는 결과를 보였다.

본 연구에서는 2022년 12월부터 2023년 10월까지 5개의 지점에서 4차례의 조사를 통해 26과 42종 3,498개체를 채집하였다. 반면 Choi et al.(2007)가 영랑호에서 수행한 연구에서는 2005년 9월부터 2007년 4월까지 7회에 걸쳐 총 16과 32종 10,945개체를 채집하였다. Choi et al.(2007)의 연구가 3차례 더 진행되었음에도 본 조사에서 10종이 더 확인되었는데 이는 과거의 영랑호는 사주에 도로 및 건물 등이 건설되어 사주의 모래층 밑을 통한 수체의 왕래가 거의 일어나지 못한다다가 좁은 하구에 많은 모래가 퇴적되어 자연적인 갯터짐이 거의 이루어지지 않은 반면 현재는 수질 개선과 해수유입을 위해 2009년 확보된 유입수로를 통해 해수의 교환이 원활히 이루어진 것(Huh et al., 2017)이 원인으로 보인다. 본 연구에서 가장 많이 채집된 종은 망둑어과(Gobiidae)로 10종(23.81%)이 채집되었으며 다음으로는 잉어과(Cyprinidae) 4종(9.52%), 바다빙어과(Osmeridae) 2종(4.76%) 등이 뒤를 이었다. 반면 Choi et al.(2007)의 연구에서 가장 많이 채집된 종은 잉어과(Cyprinidae) 8종(25.00%)이었으며 망둑어과(Gobiidae) 7종(21.88%), 큰가시고기과(Gasterosteidae) 3종(9.38%) 등이 뒤를 이었다. 내륙의 댐호나 저수지 등에서는 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어종의 비율이 높게 나타나는 반면(Choi et al., 2003) 석호와 영동지방 하천의 경우 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어

종의 구성비가 상대적으로 낮고(Choi et al., 1995; Go, 2005) 망둑어과 어종의 비율은 높게 나타나는 특성을 보인다(Park et al., 2013). 이와 같은 어류상의 변화는 영양호 해수화의 직접적인 영향의 결과로 보인다.

과거 조사에서는 채집되었지만 본 조사에서는 채집되지 않은 종 10종 중 담수어는 잉어(*C. carpio*(*Israel type*; *Gold type*)), 떡붕어(*C. cuvieri*), 백련어(*H. molitrix*), 버들개(*M. lagowskii*), 메기(*S. asotus*), 가시고기(*P. sinensis*), 가물치(*C. arga*) 7종이었으며 기수어는 연어(*O. keta*), 점망둑(*C. annularist*), 검정망둑(*T. obscurus*) 3종이었다. 반면 과거 조사에서는 채집되지 않았지만 본 조사에서는 채집된 종 20종 중 담수어는 없었으며 기수어는 뱀장어(*A. japonica*), 뱀어(*S. microdon*), 줄망둑(*A. pflaumii*), 날개망둑(*F. gymnauchen*), 미끈망둑(*L. guttatus*), 민물두줄망둑(*T. bifasciatus*), 민물검정망둑(*T. brevispinis*) 7종이었고 해수어는 노래미(*H. agrammus*), 가시망둑(*P. cottoides*), 전갱이(*T. japonicus*), 게레치(*G. oyena*), 감성돔(*A. schlegelii*), 뽕에돔(*G. punctata*), 범돔(*M. strigatus*), 망상어(*D. temminckii*), 흰베도라치(*P. fangi*), 앞동갈베도라치(*O. elegans*), 꼬치고기(*S. pinguis*), 넙치(*P. olivaceus*), 강도다리(*P. stellatus*)로 총 15종이었다. 이러한 결과는 과거 조사 결과와 본 조사 결과의 담수어, 기수어, 해수어 비율 차이에도 수치적으로 반영되어 있다. 종을 기준으로 본 조사 결과는 과거 조사 결과에 비해 담수어 비율은 약 20.00% 정도, 기수어 비율은 약 10.00% 정도 낮은 반면 해수어 비율은 약 30.00% 높은 것으로 나타났다. 개체수를 기준으로 했을 때도 비슷한 양상을 보여 담수어는 약 17.00%, 기수어는 약 0.10%로 낮은 반면 해수어는 16.00% 이상 높은 결과를 보였다.

영양호의 염분도는 계절과 수심에 따라 차이를 보이기는 했지만 평균 25‰-30‰ 사이로 해수와 유사한 수준임이 나타났다. 12월과 7월의 경우 성층화에 따라 수심 별 염분도에 차이가 나타난 것으로 보이며 3월과 10월의 경우 호소의 턴오버 현상으로 인해 표층과 심층의 염분도 차이가 축소된 것으로 보인다. 염도 분포의 변화와 담수화에 의한 염도 감소는 어류상의 변화를 나타낸다(Barletta et al., 2005; Leung et al., 2009). 영양호의 경우 특히 계절에 따라 수심 별 염분도에 차이를 보이는데 이러한 차이가 영양호 어류 군집에 어느 정도 영향을 미치고 있는지에 대해서는 추가적인 연구가 필요해 보인다.

영양호의 해수화 자체를 놓고 본다면 명암이 존재한다. 아직 영양호 저층의 환원환경을 조성할 우려가 있는 담수의 오염정화 등 필요한 조치가 있기는 하지만 해수를 유입시켜 수질을 정화하겠다는 목적은 상당 부분 달성했다고 본다(Huh et al., 2017). 하지만 갯터짐 현상을 통해 자연적으로 작동하는 석호로서의 영양호의 생태적 가치는 상당부분 훼손되었다. 인위적으로 해수를 유입시키기 전인 2009년 이전의 영양호가 집단 어류폐사가 발생하는 등 문제가 있는 상황이었기에 결국 조치가 필요했다는 의견이 있을 수 있다. 애초에 그러한 수질 문제가 앞서 언급한 것처럼 여러 공사를 통해 사주의 모래층 밑을 통한 수체의 왕래가 거의 일어나지 못하게 된 것 등이 영향을 미쳤다는 사실을 차치하고 서라도 문제는 이러한 훼손이 비단 영양호에만 국한되어 있지 않다는 것이다. 경포호의 경우 호내로 유입되는 담수하천의 유로를 인위적으로 변경하고 사주에 수로를 조성하여 해수와 연결시킴으로써 수체가 점차 해양화 되어 가고 있으며(Choi et al., 2006) 청초호의 경우 수질개선 및 항만으로서의 기능을 원활히 수행하기 위해 호내를 준설하고 새로운 출입시설을 개방함으로써 해수의 유입을 이전보다 증가시켰다(Park et al., 2013). 매호, 광포호 같은 석호들 역시 20세기에 비해 면적과 호안 길이가 줄어드는 훼손을 당했다. 석호가 관광지화 되면서 설치되는 구조물들 역시 호수 생태계에 악영향을 미치고 있다. 특히 2021년 영양호에 설치된 부교가 최근 주목받고 있는데 경관조명, 야외학습체험장 등의 목적으로 건설된 400 m 길이의 부교는 영양호의 허리를 가로지르며 호수의 좌측과 우측의 원활한 물질 이동을 방해하고 있다. 이는 공간의 파편화를 야기하여 물흐름, 물질 퇴적 등에 영향을 줄 것으로 보인다. 여기에 더해 부교

의 존재가 당장 영양호 생태계에 눈에 띄는 피해를 주진 않겠지만 장기적으로 보았을 때 복섬(*T. niphobles*)과 같은 영양호에 서식하는 부유성 어종들의 이동을 방해하여 먹이활동 등 생태 전반에 지장을 줄 가능성이 있는데 실제로 이번 4차례의 조사 동안 영양호에서 채집한 복섬(*T. niphobles*) 82개체를 좌측 지점(지점 2, 3)과 우측 지점(지점 4, 5)으로 나누어 성장도와 비만도를 계산한 결과(Fig. 9) 해수와 인접한 우측 지점의 성장도와 비만도가 좌측 지점에 비해 양호한 것이 확인되었다. 이러한 차이는 시간이 지날수록 두드러질 것으로 보인다. 반폐쇄화된 부교 상류(서쪽)의 경우, 현재 상황이 지속적으로 유지된다면 수온 상승기에는 혐기성 수질환경으로의 변화가 발생할 것으로 보이며, 이는 부교 상부에 부착 서식하는 저서성대형무척추동물 및 동물플랑크톤 등의 종수 및 생물량 감소의 원인으로 작용할 수 있을 것으로 예측된다. 이러한 변화들은 시간이 흐름에 따라 영양호 생태계의 최상위 포식자인 조류 등에도 영향을 미칠 것으로 보이며 장기적으로 영양호 생태계에 전반적인 변화를 발생시킬 것으로 예상된다. 한편 부교 아래 설치되어 있는 부유채들은 부착생물들의 서식처로 이용되고 있으며 부착생물이 번성할 경우 영양호의 좌측과 우측의 서식지 파편화를 가속화할 것으로 보여진다.

홀로세 중기 해진극상기에 수심이 깊었던 내만이 석호로 변하고 수천 년에 걸쳐 지속적으로 매적되는 것은 자연스러운 과정이다. 이와 대조적으로 불과 한 세기라는 짧은 시간 동안 인간의 인위적인 영향에 의해 석호가 변형되고 있는 것은 자연스럽지 못한 일이며 심각한 환경문제가 아닐 수 없다(Yoon et al., 2008). 이에 추후 동해안 석호 보호·관리를 위한 장기적이고 구체적인 연구가 필요한 것으로 보인다.

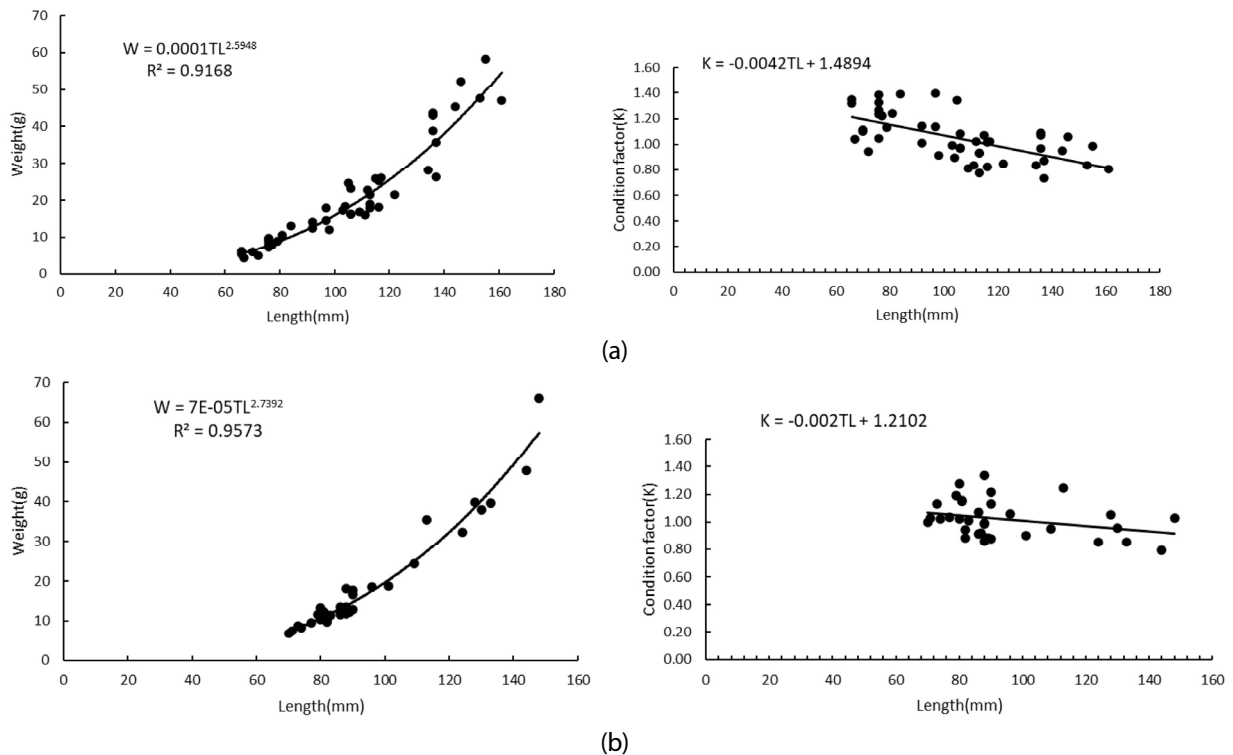


Fig. 9. Length-weight relationship and condition factor analysis for *Takifugu niphobles* in Lake Yeongrang. (a) Sampling sites 2 and 3, and (b) sampling sites 4 and 5.

결론

본 연구에서는 영랑호의 어류군집 분석을 통해 수생태계의 현주소를 파악한 뒤 과거 자료와의 비교를 통해 해양화 정도를 확인하는 것을 중점으로 이루어졌다. 과거 동일한 지점에서 이루어진 조사와 비교한 결과 종을 기준으로 담수어 비율은 20.00%, 기수어 비율은 10.00% 정도 낮아진 반면 해수어 비율은 30.00% 이상 높아진 결과를 보였다. 개체수를 기준으로 했을 때도 담수어의 경우 17.00%, 기수어는 0.10% 낮아진 반면 해수어는 16.00% 이상 높아진 결과를 보였다. 결국 영랑호의 수생태계는 해양화에 맞추어 담수어종의 비율은 낮아지고 해수어종의 비율은 높아지는 변화가 있었다. 이러한 변화에 더해 영랑호에 설치된 부교를 중심으로 일부지만 분명한 생태학적인 변화가 나타났다. 특히 부유성 어종인 복섬(*T. niphobles*)의 경우 지점에 따른 성장도와 비만도에 차이가 나타나 부교가 영랑호 수생태계에 영향을 주고 있음을 확인하였다.

결론적으로 본 연구를 통해 영랑호의 수생태계가 인간의 인위적인 간섭에 의해 교란되고 있다는 사실과 갯터짐에 의한 물질순환을 특징으로 하는 기수호의 독특한 기능이 상당부분 소실되었음을 확인하였다.

사사

본 연구는 속초시 및 춘천지방법원 강릉지원의 지원을 받아 수행되었습니다. 이에 감사드립니다.

인용문헌(References)

- Anderson, R. O., Neumann, R. M. (1996) Length, weight and associated structural indices, In: Fisheries Techniques, 2nd edition (Murphy, B. R. and Willis, D. W. eds.). American Fisheries Society, Maryland, USA, 447-482.
- Barletta, M., Barletta-Bergan, A., Saint-Paul, U., Hubold, G. (2005) The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary. *J Fish Biol* 66:45-72.
- Choi, E. Y., Choi, J. S., Park, S. C., Jang, Y. S., Lee, K. Y., Choi, J. K. (2007) Temporal and spatial distribution of fish community in the lagoon Youngrang, Korea. *Kor J Env Eco* 21:506-514.
- Choi, J. K., Park, S. C., Jang, Y. S., Lee, K. Y., Choi, J. S. (2006) The characteristics of ichthyofauna and fish community in the Lagoon Gyeongpo. *Korean J Limnol* 39:157-166.
- Choi, J. S., Byeun, H. K., Cho, K. S. (1995) Studies on Stream Conditions and Fish Community in Osip Stream (Samchuk County). *Korean J Limnol* 28:263-270.
- Choi, J. S., Lee, G. Y., Jang, Y. S., Ko, M. H., Kwon, O. K., Kim, B. C. (2003) Study on the Dynamics of the Fish Community in Lake Soyang. *Korean J Ichthyol* 15:95-104.
- Choi, J. S., Lee, K. Y. (2017) Fishes in the lagoon. Wonju Regional Environment Agency.
- Choi, K. C., Jeon, S. R., Kim, I. S., Son, Y. M. (1990) Coloured illustrations of the freshwater fishes of Korea. Hyangmunsa, Seoul.
- Go, D. H. (2005) Remediation of the water and the ecosystem for lagoons in the eastern coast of Korea : focused on a conservation about Yongrang-ho and Choungcho-ho. a thesis for a master's degree, 51.
- Gwag, S. J., Jang, J. I., YU, S. H. (2005) Measuring the Conservation Value of Lagoons: The Case of Songji Lagoon. *OPR* 27:161-169.
- Huh, I. R., Yi, G. H., Jeong, W. G., Kwon, J. H. (2017) Spatial Distribution and Improvement of Water Quality in the Youngrang Lake. *J Korean Soc Water Environ* 33:341-347. 10.15681/KSWE.2017.33.3.341

- Jang, S. U., Lee, K. Y., Choi, J. K., Seo, J. W., Choi, J. S. (2006) Sampling Effects on Fishing Gears in the Heongseong Reservoir. *Korean J Limnol* 39:245-256.
- Jeon, S. R. (1983) Natural Science : Studies on the Distribution and Key of Cobitididae Fishes (Cypriniformes) from Korea. *Sangmyung University Papers* 11:289-321.
- Jeon, S. R. (1984) NATURAL SCIENCES : Studies on the Key and Distribution of Bagrid and Silurid Fishes (Siluriniiformes) from Korea. *Sangmyung University Papers* 14:483-515.
- Jeon, S. R. (1989) Studies on the Key and Distribution of the Genus *Tribolodon*, *Phoxinus* and *Moroco* (Pisces : Leuciscinae) from Korea. *J Basic Science* 3:17-52.
- Karr, J. R. (1991) Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecol Appl* 1:66-84.
- Kim, B. C., Lee, J. Y., Choi, J. S., Jeong, G., Huh, W. M., Park, S. B. (2008) Fish Kill Caused by Eutrophication and Stratification in a Brackish Coastal Lagoon(Lake Youngrang), Proceedings of the 1994 Autumn Co-Conference of the Korean Society of Water and Wastewater and Korean Society of Water Environment, Korean Society of Water and Wastewater and Korean Society of Water Environment, 23-24. (Korean Literature)
- Kim, I. S. (1982) Taxonomic Study of the Family (Pisces: Acheilognathinae) from Korea. *Journal of Jeonbuk National University Biological Research*3, 1-18.
- Kim, I. S. (1984) The Taxonomic Study of Gudgeons of the Subfamily Gobioninae(Cyprinidae) in Korea. *Korean Fish Soc* 17:436-448.
- Kim, I. S. (1997) Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea Vol. 37 Freshwater fishes. Ministry of Education. pp.133-520.
- Kim, I. S., Kang, E. J. (1993) Coloured fishes of Korea. Academy book.
- Kjerfve, B. (1994). Coastal Lagoon Processes. Elsevier, New York. p.598.
- Leung, E. J., Rosenfeld, J. S., Bernhardt, J. (2009) Habitat effects on invertebrate drift in a small trout stream: implications for prey availability to drift-feeding fish. *HYDR* 623:113-125.
- Park, S. C., Choi, J. S., Choi, E. Y., Jang, Y. S., Lee, K. Y., Choi, J. K. (2007) The Characteristics of Fish Community in the Lagoon Hwajinpo, Korea. *Korean J Limnol* 40:449-458.
- Park, S. C., Jang, S. Y., Lee, K. Y., Heo, M. Y., Cho, K. H., Choi, J. S. (2014) Analysis of Fish Community of Lagoons in the East Seashore According to Hydrach Succession. *KJEE* 47:83-99.
- Park, S. C., Lee, G. Y., Yoon, Y. J., Choi, J. Y., Cho, K. H., Choi, J. S. (2013) Oceanization of a Lagoon Through Analysis of Fish Community in the Lagoon Cheongcho, Korea. *KJEE* 46:166-174.
- Pauly, D. (1984) Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators. International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Reviews 8, Manila, p.325.
- Seo, H. J., Kang, S. H., Cho, J. H. (2007) Characteristics of Water Quality and TSI of Youngrang Lake. Joint Symposium Presentation Papers of JKSWW & J Korean Soc Water Environ 2007:492-496.
- Shin, I. C., Akatsuka, T., Azumi, H., Ao, L., Amahashi, N., Oyagi, M., Ishida, N., Goto, N., Maruo, M., Yagi, A., Seike, Y., Lee, S. H., Yoon, S. A., Choi, J. K., Byeon, Y. W., Lee, B. M., Mitamura, O., Cho, K. J. (2021) Grain size distribution and chemistry of the brackish Lake sediment in Korea. *Environ Eng Res* 26.
- Shin, S. C., Park, Y. G. (2004) On the Realities of Hydrach Succession in Brackish Water Lakes and Ecological Restoration Policy. *J of the Environmental Sciences* 13:11-17.
- WREO (Wonju Regional Environmental Office) (1999) '98 Survey Report of East Coast Lagoon, 111-113. (Korean Literature)
- WREO (Wonju Regional Environmental Office) (2017) Fish in the Lagoon, 10-11. (Korean Literature)
- Yoon, J. S., Cho, J. H. (2005) An estimate of nonpoint pollutant load for the Jangcheon watershed flowing into the Youngrang Lake. Joint Symposium Presentation Papers of JKSWW & J Korean Soc Water Environ 2005:80-84.
- Yoon, S. O., Hwang, S. I., Park, C. S., Kim, H. S., Moon, Y. R. (2008) Landscape Changes of Coastal Lagoons during the 20th Century in the Middle East Coast, South Korea. *J Korean Geogr Soc* 43:449-465.