

청초호 어류군집을 통해 본 석호의 해양화

박승철 · 이광열¹ · 윤영진¹ · 최재윤² · 조강현 · 최재석^{3,*}

(인하대학교 생명과학과, ¹강원대학교 생명과학과, ²원주지방환경청 자연환경과, ³강원대학교 환경연구소)

Oceanization of a Lagoon Through Analysis of Fish Community in the Lagoon Cheongcho, Korea. Park, Seungchul, Kwangyeol Lee¹, Youngjin Yoon¹, Jaeyoon Choi², Kanghyun Cho and Jaeseok Choi^{3,*} (Department of Biological Science, Inha University, Incheon 402-751, Korea; ¹Department of Biological Science, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea; ²Nature Environment Division, Wonju Regional Environmental Office, Wonju 220-947, Korea; ³Institute of Environmental Research, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea)

Analysis of the fish community in the Lagoon Cheongcho, Korea, was investigated in 2008 and in 2012. A total 48 species, belonging to 26 families, were sampled during the period. The dominant species was *Tribolodon hakonensis* (75.2%), and subdominant species were *Acanthogobius flavimanus* (5.4%), *Pungitius kaibarae* (3.1%). The results of the fish ecotypes according to origin of water body was compared by surveyed year, freshwater fish was reduced, whereas those of brackish water and seawater fishes were increased. Moreover, the result of similarity analysis based on species and individuals in five lagoons were divided into 2 major groups based on their similarity, and Lagoon Cheongcho was included group 'A' with Lagoon Gyeongpo, as having a montinous inflow of seawater.

Hence, according to the characterization according to the analysis of fish community, Lagoon Cheongcho has lost the characteristics of a lagoon, and oceanization is considerably progressed. Therefore, we are considering the provision of a management strategy for hydrarch succession, as well as continuous research, in order to manage the recovery of essential characteristics of the lagoon ecosystem.

Key words : Lagoon Cheongcho, fish community, oceanization

서 론

강원도 속초시 청학동, 교동, 조양동, 청호동에 걸쳐 있는 청초호는 면적 1.38 km², 둘레 5 km의 해안석호이다.

본 석호의 유입하천인 청초천은 미시령 부근 달마봉으로부터 발원하여 학사평, 소야평야 등을 이루며 동류하여 호내로 유입된다. 청초호는 과거 호수의 형태가 둥그렇고 바다와 인접한 부분이 잘록하여 흡사 슬단지 모양을 하고 있었으며 동북쪽의 좁은 돌출부 사이를 두고 영랑호

* Corresponding author: Tel: +82-33-250-7408, Fax: +82-33-255-1325, E-mail: gobiobotia@kangwon.ac.kr

와 짝을 이루고 있다. 따라서 신증동국여지승람 양양도호부에는 쌍성호로 기록하면서 돌레가 수십 리에 달하고 영랑호보다 경치가 훌륭하다고 하였다. 또한 호수 주변으로 시가지가 형성되어 오래 전부터 주민들의 휴식과 여가선용 공간으로서 이용되어 왔으며 계절에 따라 각종 철새들이 도래하는 기착지로서의 역할을 하는 등 생태적인 가치가 높다.

이러한 석호가 가지는 독특한 생태적 특성과 환경 보존적인 가치에도 불구하고 동해안에 분포하는 여러 석호들은 농지확충과 산업발전에 따른 공업단지 조성, 매립에 따른 축소 및 지형적 변화, 수변식물의 제거 등 인위적인 간섭에 의해 심각한 훼손 및 교란이 일어나고 있는 실정이다(Yoo, 1996; Choi et al., 2006; Lee et al., 2006). 특히 청초호의 경우 일제강점기 시절부터 항구로 개발하기 위하여 바다와 경계를 이루는 사주의 동북쪽을 인위적으로 파내었으며 이로 인하여 해수가 지속적으로 유입되었다. 또한 한국전쟁 이후 피난민들이 몰려들면서 집단촌이 형성되고 인구가 증가하면서 유입하천인 청초천에 생활하수, 축산폐수, 그밖에 산업과 관련된 오·폐수가 호내에 그대로 유입되어 본 지역은 심각한 수질오염을 겪은 적이 있다(Jun et al., 2005). 한편 1999년에는 강원국제관광엑스포 개최를 기념하기 위하여 호수 전체를 대규모 관광단지와 공원으로 조성하고자 주변을 직선화시키고 매립하는 등 석호의 형태와 경관이 심하게 변화되어 왔다. 그리고 최근에는 수질개선 및 항만으로서의 기능을 더욱 원활하게 수행하기 위해 호내를 준설하고 본래의 선박출입구 아래에 새로운 출입시설을 개방함으로써, 해수의 유입이 이전보다 크게 증가할 것으로 생각된다.

이와 같이 청초호의 생태계는 지속적으로 교란 받고 있는 실정이며, 이곳에 서식하는 수서생물에게 큰 영향을

미칠 것으로 생각된다. 그러나 과거 본 지역에 관하여 연구로는 육수학적인 조사(Jun et al., 1996; Heo et al., 1999, 2001)와 퇴적물에 함유된 중금속에 관련된 연구(Jun et al., 2005)가 이루어졌으나 그에 반하여 생물상에 대한 연구는 다소 미비한 실정이다. 따라서 석호 내의 생물상의 현황 및 변화 등을 파악하는 것은 매우 중요한 것으로 판단되며 특히 어류는 수생태계의 고차소비자로서 수생태계를 직·간접적으로 이해하고 해석하는 데 적합한 재료로 알려져 있다(Jang et al., 2006).

본 연구는 청초호의 어류 서식 현황, 어종의 생태적 구성비, 분포 특성 등을 파악함으로써, 석호생태계에 대한 이해, 그리고 관리와 보전방안을 제시하는 데 기초자료로 제공하고자 한다. 또한 신항만 건설 전후의 어류군집 변화를 비교·분석하여 현재 청초호를 비롯한 다른 석호의 해양화에 대한 연구에 많은 도움이 되고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사기간 및 지점

조사기간은 각각 2008년 2회, 그리고 2012년 3회에 걸쳐 실시하였으며 각 연도별 조사기간은 다음과 같다.

<2008년>

1차: 7월 31일~8월 1일

2차: 11월 5일~11월 6일

<2012년>

1차: 4월 28일~4월 29일

2차: 7월 21일~7월 22일

3차: 11월 17일~11월 18일

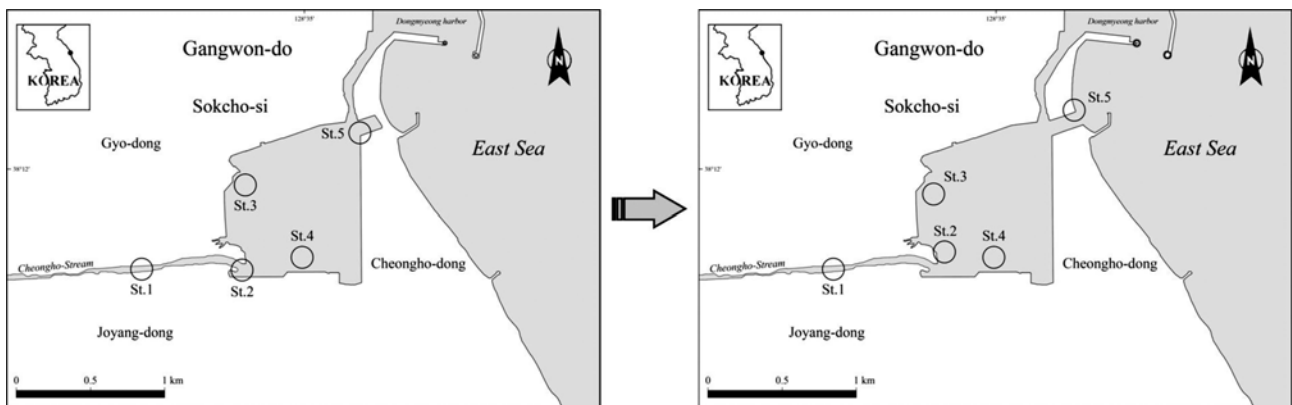


Fig. 1. Map showing the studied area. Each map shows the areas surveyed in 2008 (left) and those surveyed in 2012 (right).

조사지점은 유입하천인 청초천에 1개 지점과 호내 3개 지점, 그리고 바다와 인접한 유출수에 1개 지점 등 총 5개 지점을 선정하였으며 각 지점의 명칭은 다음과 같다 (Fig. 1).

<유입하천>

St. 1: 강원도 속초시 조양동 엑스포1교(청초천)

<호내>

St. 2: 강원도 속초시 교동 청초호 호수공원 앞

St. 3: 강원도 속초시 교동 청초정 앞

St. 4: 강원도 속초시 조양동 엑스포축구장 앞

<해안인접지점>

St. 5: 강원도 속초시 청호동 아바이마을 입구

2. 어류의 채집 및 동정

어류 표본의 채집은 청초천인 지점 1과 해안인접지역인 지점 5에서 각각 투망(7×7 mm; 14회)과 족대(4×4 mm; 40분)를 사용하여 정량 채집하였으며, 호내의 경우 Jang *et al.* (2006)이 제시한 호수조사방법에 따라 지점 2에서는 삼각정치망(5×5 mm), 지점 3과 4에서는 망목의 크기가 서로 다른 삼중자망(50×50 mm, 180×180 mm, H1400 mm, L4000 mm; 15×15 mm, 140×140 mm, H800 mm, L4000 mm) 등 다양한 포획도구를 사용하여 각각 수중에 12시간 동안 설치한 후 수거하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정 및 분류하여 전장과 습중량을 측정하고 다음 개체수 확인과 사진촬영 후 즉시 방류하였으며, 동정이 모호한 개체 또는 표본이 필요한 경우 10% formalin 용액에 고정된 다음 실험실로 운반하였다.

어류의 동정 및 생태적 분포 구분에는 지금까지 국내에서 발표된 검색표와 도감(Mori, 1936; Uchida, 1939; Chyung, 1977; Jeon, 1980, 1984, 1986, 1989; Kim, 1980, 1997; Kim and Kang, 1993; Choi *et al.*, 2002; Kim and Park, 2002; Myung, 2002; Kim *et al.*, 2005)를 이용하였으며 어류 목록의 배열은 Nelson (2006)의 분류체계를 참고하여 작성하였다.

3. 군집분류

군집분류는 청초호의 조사시기별 및 다른 석호와의 비교를 통하여 해양화 진행 정도를 알아보고자 실시하였다. 석호별로 출현한 어종의 유무와 개체수를 근거로 한 유사도는 Morishita-Horn's (Horn, 1966)의 유사도지수를 이용하였고, 산출된 유사도를 기준으로 각 지점별 유사거리를 WPGMA(가중치 평균연결법)로 clustering하였다.

$$C_H = \frac{2 \sum_{i=1}^S x_i y_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^S x_i^2}{X^2} + \frac{\sum_{i=1}^S y_i^2}{Y^2} \right) XY}$$

결과 및 고찰

1. 출현종 및 서식현황

2007년과 2012년 청초호에 대한 어류조사 결과 총 26과 48종 17,281개체가 채집되었다 (Table 1). 각 조사지점별로 살펴보면 호내로 유입되는 청초천 지점 1에서는 9과 20종 2,436개체, 호내의 지점 2에서는 14과 23종 13,387개체, 지점 3에서는 7과 10종 252개체, 지점 4에서는 8과 8종 137개체, 그리고 동해안과 맞닿은 지점 5에서는 23과 33종 1,069개체가 각각 확인되었다. 출현한 어종들을 각 과 (Family)별로 분류한 결과 망둑어과 (Gobiidae) 어류가 10종 (20.83%)으로 가장 많은 종수를 차지하였고 잉어과 (Cyprinidae)가 6종 (12.50%), 미꾸리과 (Cobitidae), 바다빙어과 (Osmeridae), 송어과 (Mugilidae), 큰가시고기과 (Gasterosteidae), 농어과 (Serranidae), 황줄베도라치과 (Pholididae), 가자미과 (Pleuronectidae), 쥐치과 (Monacanthidae) 어류가 2종 (4.17%) 등의 순으로 나타났다. 이 밖에도 멸치과 (Engraulidae)를 포함한 16과에서 각각 1종 (2.08%)씩 확인되었다. 이와 같이 망둑어과 어종의 수가 많이 나타난 것은 본 조사지역이 기수역이기 때문인 것으로 생각되며, 이는 석호뿐만 아니라 해안으로 유입되는 여러 하천의 하구역과 조간대 등에서 나타나는 일반적인 현상이다 (Park *et al.*, 2007).

출현한 48종 중 개체수구성비를 살펴보면 황어 (*Tribolodon hakonensis*)가 75.2%를 차지하여 가장 높았으며, 그 외 어종들은 문절망둑 (*Acanthogobius flavimanus*) 5.4%, 잔가시고기 (*Pungitius kaibarae*) 3.1%, 복섬 (*Takifugu niphobles*) 2.6%, 송어 (*Mugil cephalus*) 2.4%, 전어 (*Konosirus punctatus*) 2.1%, 송사리 (*Ozyrias lactipes*) 1.6%, 게레치 (*Gerrena oyena*) 1.4%, 피라미 (*Zacco platypus*) 0.8%, 날개망둑 (*Favonigobius gymnauchen*) 0.8% 등의 순으로 나타나 대부분 기수역이나 연근해에서 서식하는 어종인 것으로 확인되었다 (Fig. 2). 한편 개체수구성비가 0.1% (10개체 미만) 이하로 희소하게 분포하는 어종으로는 강도다리 (*Platichthys stellatus*) 등을 포함하여 모두 18종이었다. 이와 같이 청초호의 우점종은 황어인 것으로 나타났으며 같은 동해안 석호인 화진포호 (Park *et al.*,

Table 1. A list and individual numbers of fishes collected at the Lagoon Cheongcho from July to November, 2008 and from April to November, 2012.

Species	2007					2012					Total	R.A.	Remark	
	Subtotal		St.2007			Subtotal		St.2012						
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5				
Engraulidae 멸치과														
Engraulis japonicus 멸치				1		1					1	<0.1	S	
Clupeidae 청어과														
Konosirus punctatus 진어		273			6			42	44		86	2.1	S	
Cyprinidae 잉어과														
Carassius auratus 붕어		1				1	2				2	<0.1	Pr	
Cyprinus carpio 잉어	2					2					2	<0.1	Pr	
Pseudorasbora parva 참붕어	36					36					36	0.2	Pr	
Rhynchocypris steindachneri 버들개	2					2					2	<0.1	Pr	
Tribolodon hakonensis 황어	622	6329	21	1	54	7027	92	5735	66	24	44	12988	75.2	Br
Zacco platypus 피라미	120	5				125	1	18			19	0.8	Pr	
Cobitidae 미꾸리과														
Misgurnus anguillicaudatus 미꾸리	2					2					2	<0.1	Pr	
Misgurnus mizolepis 미꾸라지	2					2					2	<0.1	Pr	
Osmeridae 바다빙어과														
Hypomesus olidus 빙어	20				2	22	16				38	0.2	Br	
Plecoglossus altivelis 은어	6	14				20	14				34	0.2	Br	
Salmonidae 연어과														
Oncorhynchus keta 연어		2				2					2	<0.1	Br	
Mugilidae 숭어과														
Chelon haematocheilus 가숭어							18				18	0.1	Br	
Mugil cephalus 숭어	128	33	1	18	18	180	106	103	4	10	4	407	2.4	Br
Hemiramphidae 학공치과														
Hyporhamphus sajori 학공치		13			2	15	2				2	0.1	S	
Hypoptychidae 양미리과														
Hypoptychus dybowskii 양미리										32	32	0.2	S	
Gasterosteidae 큰가시고기과														
Gasterosteus aculeatus 큰가시고기							14	4			18	0.1	Br	
Pungitius kaibarae 잔가시고기	540					540	2				2	3.1	Br	
Scorpaenidae 양불락과														
Sebastes schlegelii 조피불락				1	4	5	2	18	20	2	42	0.3	S	
Platycephalidae 양태과														
Platycephalus indicus 양태										56	56	0.3	S	
Hexagrammidae 쥐노래미과														
Hexagrammos agrammus 노래미										4	4	<0.1	S	
Cottidae 두중개과														
Pseudoblemmius cottoides 가시망둑										2	2	<0.1	S	
Serranidae 농어과														
Letaolabrax japonicus 농어			1			1	46			2	48	0.3	Br	
Letaolabrax maculatus 집농어		75	4		2	81					81	0.5	Br	

Table 1. Continued.

Species	2007					2012					Total	R.A.	Remark
	Subtotal		St.			Subtotal		St.					
	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5	St.1	St.2	St.3	St.4	St.5			
Gerreidae 게레치과					246	246					246	1.4	S
Gerres oyena 게레치													
Sparidae 도미과		5			24	29	12	10			22	0.3	S
Acanthopagrus schlegelii 감성돔													
Kyphosidae 황줄감정어과										42	42	0.2	S
Girella punctata 벵에돔													
Teraponidae 살벤자리과					6	6					6	<0.1	S
Rhyncopelates oxymnchus 줄벤자리													
Embiotocidae 망상어과										2	2	<0.1	S
Ditrema temminckii 망상어													
Stichaeidae 장갱이과										16	16	0.1	S
Opisthocentrus tenuis 둥근점유점날개													
Pholididae 황줄베도라치과													
Pholis crassispina 점베도라치			1		6	7					7	<0.1	S
Pholis nebulosa 베도라치					2	2		6	2	10	18	0.1	S
Gobiidae 망둑어과													
Acanthogobius flavimanus 문절망둑	94	127	23		78	322	455	46	92	16	619	5.4	Br
Acanthogobius lactipes 흰발망둑	14				130	144	90	10	2	28	130	1.6	Br
Acentrogobius pellidebilis 점줄망둑										2	2	<0.1	Br
Acentrogobius pfaumii 줄망둑										2	2	<0.1	Br
Favonigobius gymnauchen 날개망둑		3			126	129				13	13	0.8	Br
Gymnogobius urotaenia 꼭지구	14				4	18	1			4	5	0.13	Br
Luciogobius guttatus 미끈망둑					4	4					4	<0.1	Br
Rhinogobius brunneus 밀어	30				4	34					34	0.2	Br
Tridentiger obscurus 검정망둑	16				2	18	13				13	0.2	Br
Tridentiger trigonocephalus 두줄망둑					44	44					44	0.3	Br
Pleuronectidae 가자미과													
Platichthys stellatus 강도다리													
Pleuronectes yokohamae 문치가자미		3	1		4	4	2	2	4	2	8	<0.1	S
Monacanthidae 쥐치과													
Rudarius ercodes 그물코쥐치													
Stephanolepis cirrifer 쥐치					2	2					2	<0.1	S
Tetraodontidae 참복과													
Takifugu niphobles 복섬		22			6	28	2	402		18	422	2.6	Br
과 (Family)	6	11	4	5	14	19	7	13	7	6	20		
종 (Species)	16	14	5	5	23	36	11	20	9	6	32		
개체수 (Individual)	1648	6905	50	5	774	9382	788	6482	202	132	7899		

Ff: freshwater fish, Br: brackish water fish, S: seawater fish, R.A.: Relative abundance (%)

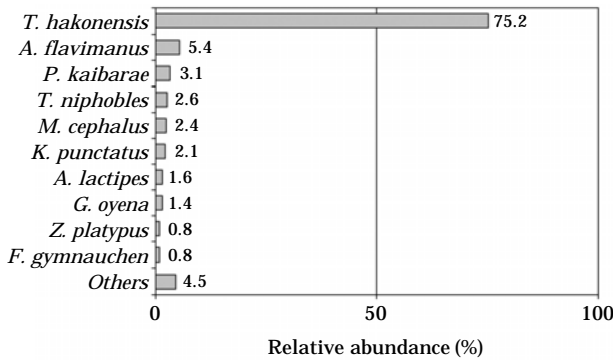


Fig. 2. The relative abundance of fish species collected in the Lagoon Cheongcho from July to November, 2008, and from April to November, 2012.

2007), 영랑호(Choi *et al.*, 2007), 그리고 경포호(Choi *et al.*, 2006)에서도 역시 우세하게 출현하였으므로 본종은 석호에서 널리 분포하는 어종인 것으로 판단된다.

한편 본 지역에서 출현한 48종을 대상으로 수체의 기원에 따라 어류의 생태형(담수, 기수, 해수)을 나누어 구성비율을 알아보기 위하여 출현한 어종을 담수어(Freshwater fish), 기수어(Brackish water fish), 그리고 해수어(Seawater fish)로 각각 분류하고 상대풍부도와 종수로 나타내어 비교하였다. 그 결과 담수어는 붕어(*Carassius auratus*), 잉어(*Cyprinus carpio*), 참붕어(*Pseudorasbora parva*), 버들개(*Rhynchocypris steindachneri*), 피라미, 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 등 7종(14.6%)이었으며 기수어는 빙어(*Hypomesus nipponensis*), 은어(*Plecoglossus altivelis*), 연어(*Oncorhynchus keta*) 등을 포함하여 21종(43.7%), 그리고 해수어는 멸치(*Engraulis japonicus*), 전어, 노래미(*Hexagrammos agrammaus*) 등 모두 20종(41.7%)으로 본 지역에 서식하는 어종은 대부분 기수어와 해수어인 것으로 확인되었다. 이와 같이 본 지역은 담수보다 해수의 유입량이 더욱 많아졌기 때문에 수체의 해양화가 진행되고 있는 것으로 생각된다.

한편 각 지점별로 출현한 어종의 구성비를 비교한 결과 지점 1에서는 20종 중 담수어가 6종(30.0%), 기수어가 12종(60.0%), 해수어가 2종(10.0%)이었고 지점 2에서는 23종 중 담수어 2종(8.7%), 기수어 15종(65.2%), 해수어 6종(26.1%)으로 나타났다. 또한 지점 3, 4, 5의 경우 3지점 모두 담수어가 출현하지 않았으며, 지점 3에서는 10종 중 기수어 6종(60.0%), 해수어 4종(40.0%)이었고 지점 4에서는 8종 중 기수어가 3종(37.5%), 해수어가 5종(62.5%), 그리고 지점 5에서는 33종 중 기수어 14종(42.4%), 해수

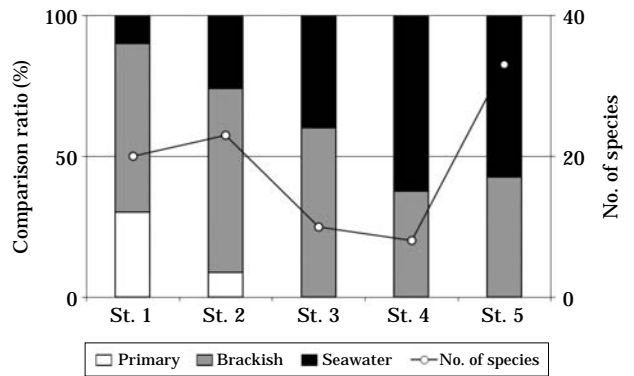


Fig. 3. Comparison of the fish composition, based on their ecological characteristics, in each surveyed stations. The data were based on Table 1.

어 19종(57.6%)으로 각각 확인되었다(Fig. 3). 이와 같이 청초호의 생태형에 따른 어종구성비는 담수하천에서 호내, 그리고 같은 호내에서도 바다와 인접할수록 담수어의 비율은 감소하고 기수어와 해수어의 비율이 증가하는 양상을 보이고 있었다. Park *et al.* (2007)은 화진포호의 어류군집 특성에 대하여 설명하면서 화진포호를 내호와 외호로 구분하고 각각의 어류상을 비교하면서 담수의 유입이 있는 내호에서는 담수어가 일부 서식하고 있었으나 동해안과 인접한 외호에서는 전혀 출현하지 않았다고 보고하였다. 따라서 본 조사결과와 잘 일치하고 있으며 호내의 해수 유입량이 증가할수록 해수어는 더욱 광범위하게 분포하는 반면, 내성이 약한 담수어는 청초천 상류역으로 이동하거나 사멸할 가능성이 있을 것으로 판단된다.

2. 생체량

일반적으로 석호는 해수의 간헐적인 침입으로 염양염류가 풍부하므로 생물들은 신속히 성장하게 되며, 이는 내륙의 담수호보다 생산성이 높게 나타나게 된다. 또한 해양생태계와 지속적으로 연결되어 있으면 해양생태계의 영향을 받아 생산성은 더욱더 높아지는 것이 특징이다. 청초호에서 출현한 어종의 생체량을 측정한 결과 총 338.4 kg이었다. 한편 본 조사지역과 선행 연구된 다른 석호와의 생체량을 각각 조사횟수(Times) 및 지점수(Station)로 정량화하여 비교·분석하였다. 그 결과 청초호는 $13.5 \text{ kg}^{-1} \text{ T}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 였으며 경포호(Choi *et al.*, 2006)의 경우 $33.5 \text{ kg}^{-1} \text{ T}^{-1} \text{ S}^{-1}$, 화진포호(Park *et al.*, 2007)는 $11.6 \text{ kg}^{-1} \text{ T}^{-1} \text{ S}^{-1}$, 그리고 영랑호(Choi *et al.*, 2007)는 $8.5 \text{ kg}^{-1} \text{ T}^{-1} \text{ S}^{-1}$ 로 각각 산출되어 경포호가 가장 많은 생체량을 보이고 있었으며 영랑호가 생체량이 가장 적었

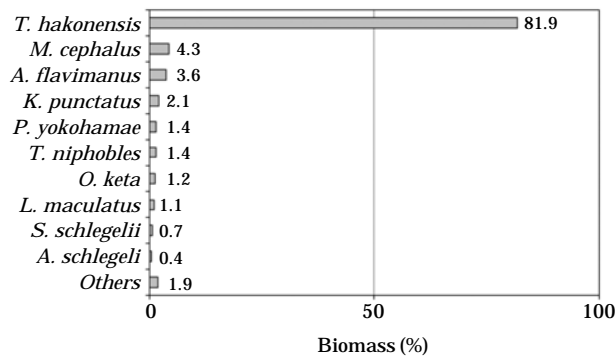


Fig. 4. Fish biomass (%) based on wet weight collected in the Lagoon Cheongcho in 2008 and in 2012.

다. 그리고 본 조사지역인 청초호는 경포호 다음으로 많은 생체량을 나타내어 해양생태계와 지속적으로 연결되어 있는 석호들의 생산량이 높은 것으로 나타났다. 한편 각 어종별 생체량의 구성비를 살펴보면 황어가 81.9%로 압도적으로 많았고 송어 4.3%, 문절망둑 3.6% 등의 순으로 나타났다 (Fig. 4). 이외에도 생체량의 비율이 높은 어종은 대부분 기수어이거나 해수어인 것으로 확인되었다.

그러나 청초호와 인접한 영랑호(Choi et al., 2007)의 경우 기수어 또는 해수어보다 담수어의 생체량이 더 많은 것으로 나타났으며, 그 이유는 해수의 유입이 극히 제한적으로 일어나 담수어의 서식을 유리하게 만들었기 때문이라고 언급한 바가 있다. 따라서 호내에 서식하는 어종의 분포와 생체량은 담수와 해수의 유입 정도에 큰 영향을 받는 것으로 판단된다.

3. 어류상의 변화

본 조사의 어류군집을 2008년과 2012년으로 나누어 비교한 결과 2008년에는 19과 36종, 2012년에는 20과 32종이 각각 채집되었으며 모두 합하면 26과 48종이 된다 (Table 1). 이와 같이 본 조사의 연도별 어류상은 출현종수에서 큰 차이를 보이지 않았지만 종조성에 있어 차이를 보이고 있었다. 2008년 조사에서는 채집되었으나 2012년에는 확인되지 않은 어종은 멸치, 잉어, 참붕어, 버들개, 미꾸리, 미꾸라지, 연어, 점농어, 게레치, 줄벤자리 (*Rhyncopelates ocyrnchus*), 점베도라치 (*Pholis crassispina*), 미끈망둑 (*Luciogobius guttatus*), 밀어 (*Rhinogobius brunneus*), 두줄망둑 (*Tridentiger trigonocephalus*), 그물코취치 (*Rudarius ercodes*), 취치 (*Stephanolepis cirrhifer*) 등 모두 16종이었으며, 이와 반대로 2012년에 새로이 확인된 어종은 가숭어 (*Chelon haematocheilus*), 양미리 (*Hypop-*

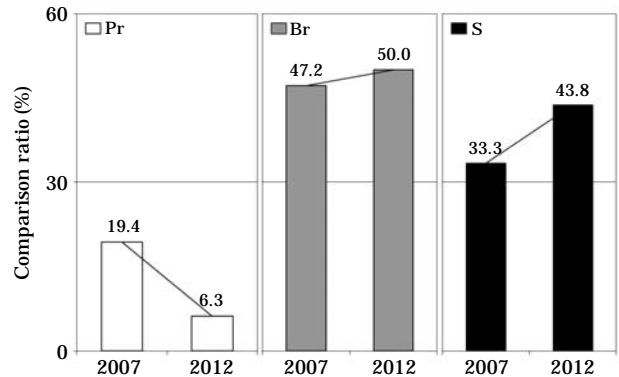


Fig. 5. Comparison of the fish composition, based on their ecological characteristics, in each surveyed year. The data were based on the data in Table 1.

tychus dybowskii), 큰가시고기 (*Gasteosteus aculeatus*), 양태 (*Platycephalus indicus*), 노래미, 가시망둑 (*Pseudoblennius cottoides*), 뽕에돔 (*Girella punctata*), 망상어 (*Ditrema temminckii*), 둥근점목점날개 (*Opisthocentrus tenuis*), 점줄망둑 (*Acentrogobius pellidebilis*), 줄망둑 (*Acentrogobius pfaumii*) 등 11종으로 2008년에는 주로 담수어가 확인되었고 2012년에는 해수어가 다수 출현하였다.

한편 연도별로 출현한 담수어, 기수어, 해수어 비율을 비교분석한 결과, 담수어는 2008년에 19.4%에서 2012년에 6.3%로 3배 이상 감소한 반면, 기수어는 47.2%에서 50.0%, 해수어 역시 33.3%에서 43.8%로 증가한 것으로 확인되었다 (Fig. 5). 이와 같이 본 연구 결과 청초호에는 담수어가 감소하고 기수어와 해수어가 증가하는 변화양상을 보이고 있었는데, 이는 2011년 신항만 수로의 개통으로 말미암아 호내에 해수의 유입량이 증가하고 많은 해수어가 유입되었기 때문인 것으로 판단된다. 또한 이와 반대로 해수에 적응하지 못하는 담수어는 점차 서식지를 이동하였거나 사멸했을 것으로 생각된다.

4. 청초호의 해양화

석호 내에 분포하는 어류상의 일반적인 특징은 전반적으로 기수어가 우세하게 출현하고 담수하천의 유입과 사주의 일부분이 붕괴되면서 침입하는 해수의 유입 정도에 따라 담수어와 해수어의 분포양상이 역동적으로 변화하게 된다 (Park et al., 2007). 동해안 석호에 대한 과거의 어류상 조사는 화진포호 (Park et al., 2007), 영랑호 (Choi et al., 2007), 경포호 (Choi et al., 2006) 등이 있었으며 아직 발표되지 않은 송지호 (Unpublished data, 2012) 및 경포

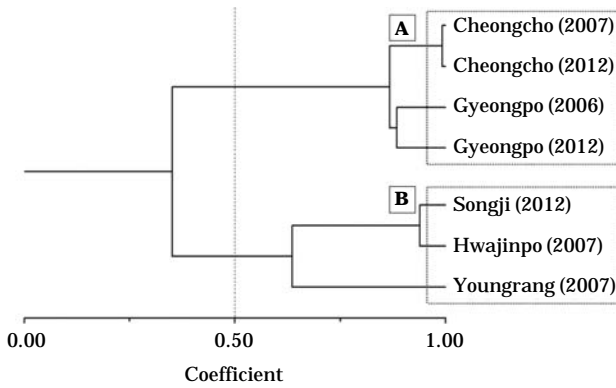


Fig. 6. Cluster analysis of fish species and their individual number between 2008 and 2012 in the Lagoon Cheongcho, as well as other lagoons.

호(Unpublished data, 2012) 등이 있다. 이들 석호와 본 조사의 연도별 어류상을 대상으로 유사도 분석을 실시한 결과 크게 두 그룹으로 나뉘어졌다(Fig. 6). 그룹 A는 청초호와 경포호로서, 담수의 유입이 거의 없거나 상대적으로 적은 반면, 상시적인 해수유입에 따라 담수어가 감소하고 기수어와 해수어가 증가하는 양상을 보이는 그룹이다. 특히 경포호(Choi *et al.*, 2006)의 경우 담수어가 감소하고 기수어와 해수어가 증가하는 이유는 호내로 유입되는 담수하천의 유로를 인위적으로 변경하고 사주에 수로를 조성하여 해수와 지속적으로 연결시킴으로써, 수체가 점차 해양화 되어가고 있기 때문이라고 하였다. 따라서 본 조사지역 역시 이와 같은 그룹 내에 속하므로 해양화가 진행되고 있는 것으로 생각된다. 한편 그룹 B는 화진포호, 송지호, 영랑호가 포함되며 평상시에는 담수하천만이 유입되어 담수어가 우세하게 분포하고 있다가 ‘갯터짐 현상’에 의한 간헐적인 해수유입으로 인하여 담수어와 해수어의 비율이 비교적 고르게 서식하는 그룹이다. 특히 영랑호는 당시 해수의 유입이 극히 제한적으로 일어나 담수어의 비율이 높게 나타났다고 하여 같은 그룹 내에서도 다소 차이가 나는 것으로 생각된다.

서문에서 언급하였듯이 청초호는 과거 항만으로 이용되면서 바다와 직접적으로 연결되어 이미 오래전부터 해양화가 시작되었다고 볼 수 있다. 다만 청초천이 지속적으로 유입되어 호내의 염분농도를 조절하여 일부 담수어들은 담수가 유입되는 호안 가장자리까지 서식할 수 있었다. 그러나 신항만 수로가 개통되고 해수의 유입량이 크게 증가함으로써, 현재 청초호의 해양화 현상은 가속화되고 있는 것으로 생각된다. 현재에도 청초호는 국가 차원에서 항만으로 규정 및 이용하고 있으며 이러한 해양

화는 석호가 가지는 생태적 가치와 수많은 생물들의 역동성을 외면한 채 우리 스스로가 자연생태계를 훼손하고 있는 증거이다. 따라서 석호를 비롯한 우리의 자연자원을 보호하기 위하여 지속적인 연구와 장기적 모니터링이 필요하며 이를 바로잡기 위한 국가적 관심과 노력이 절실히 요구될 것으로 사료된다.

적 요

2008년과 2012년에 청초호의 어류군집을 조사한 결과는 다음과 같다. 조사기간 동안 출현한 어류는 총 26과 48종 17,281개체였다. 우점종은 황어(75.2%), 우세종은 문절망둑(5.4%), 잔가시고기(3.1%) 등이었으며, 수체의 기원에 따른 어류의 생태형을 조사연도별로 비교한 결과, 담수어는 감소하였으며 기수어와 해수어는 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 다른 석호와 유사도 분석을 실시한 결과 크게 두 그룹으로 나뉘어졌으며, 청초호는 담수의 유입이 적고 지속적으로 해수가 유입되는 경포호와 유사한 그룹 A에 포함되었다.

그러므로 어류군집에 따른 청초호의 상태를 분석한 결과, 청초호는 석호의 특징을 서서히 상실하고 있으며 해양화가 진행되고 있는 것으로 나타났다. 따라서 석호생태계 본연의 특성을 회복하고 관리하기 위해선 지속적인 연구 및 습성천이에 따른 관리기준을 마련해야 할 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 원주지방환경청 ‘2012 생태계 변화관찰’ 및 강원대학교 환경연구소 연구과제의 일환으로 수행되었습니다. 도움을 주신 관계자 여러분께 진심으로 감사 드립니다.

인 용 문 헌

Choi, E.Y., J.S. Choi, S.C. Park, Y.S. Jang, K.Y. Lee and J.K. Choi. 2007. Temporal & spatial distribution of fish community in the Lagoon Youngrang, Korea. *Korean Journal of Environment and Ecology* 21(6): 506-514.
Choi, J.K., S.C. Park, Y.S. Jang, K.Y. Lee and J.S. Choi. 2006. The characteristics of ichthyofauna and fish community in the Lagoon Gyeongpo. *Korean Journal of Lim-*

- nological Society* **39**(2): 157-166.
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son. 2002. Coloured illustrations of the freshwater fishes of Korea. Hyangmunsu, Seoul.
- Chyung, M.K. 1977. The fishes of Korea. Iljisa, Seoul.
- Heo, W.M., B.C. Kim and M.S. Jun. 1999. Evaluation of eutrophication of lagoons in the eastern coast of Korea. *Korean Journal of Limnological Society* **32**(2): 141-151.
- Heo, W.M., S.K. Lee, S.Y. Kwon, D.J. Kim and B.C. Kim. 2001. The limnological survey of lagoons in the eastern coast of Korea (1): Lake Chungcho. *Korean Journal of Limnological Society* **34**(3): 206-214.
- Horn, H.S. 1966. Measurement of "overlap" in comparative ecological studies. *American Naturalist* **100**: 419-424.
- Jang, Y.S., K.Y. Lee, J.K. Choi, J.W. Seo and J.S. Choi. 2006. Sampling Effects of Fishing Gears in the Hoengseong Reservoir. *Korean Journal of Limnological Society* **39**(2): 245-256.
- Jeon, S.R. 1980. Studies on the distribution of freshwater fishes from Korea. Doctoral thesis of Chungang University.
- Jeon, S.R. 1984. Studies on the key and distribution of Bagrid and Silurid fishes (Siluriformes) from Korea. Thesis. Sangmyung University. **14**: 483-515.
- Jeon, S.R. 1986. Studies on the key and distribution of Seranid peripheral freshwater fishes from Korea. *Thesis of Sangmyung Women's University* **18**: 335-355.
- Jeon, S.R. 1989. Studies on the key and distribution of the genus *Tribolodon*, *Phoxinus* and *Moroco* (Pisces: Leuciscinae) from Korea. *Thesis of Sangmyung Women's University* **23**: 17-36.
- Jun, S.H., B.W. Jun and S.H. Yoo. 1996. Surveys of water qualities in natural lakes in east coast of Korea. Collection of symposium for conservation of the lakes in the eastern coast of Korea. Gangneung Citizen's Coalition for Economic Justice, Gangneung.
- Jun, S.H., G.O. Park, H.J. Kim, H.J. An and S.H. Kim. 2005. Effects of drying and heating on the chemical species of heavy metals in Lake Chungcho sediments. *Korean Journal of Limnological Society* **38**(3): 334-340.
- Kim, I.S. 1980. Systematic studies on the fishes of the family Cobitidae (Order Cypriniformes) in Korea. 1 Three unrecorded species and subspecies of the genus *Cobitis* from Korea. *Korean Journal of Zoology* **23**(4): 239-250.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea (Vol. 37 Freshwater Fishes). Ministry of Education, Seoul.
- Kim, I.S. and E.J. Kang. 1993. Coloured fishes of Korea. Academy Press Co., Seoul.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. Freshwater fishes of Korea. Kyohaksa Press Co., Seoul.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. Illustrated book of Korean fishes. Kyohaksa Press Co., Seoul.
- Lee, M.B., N.S. Kim and G.R. Lee. 2006. The Distribution and Geomorphic Changes of Natural Lakes in East Coast of Korea. *Journal of the Korean Association of Regional Geographers* **12**: 449-460.
- Myoung, J.G. 2002. The sea fishes of Korea. Darakwon Press Co., Seoul.
- Mori, T. 1936. Studies on the geographical distribution of freshwater fishes of Korea. *Bulletin of the Biogeographical Society of Japan* **VI**(7): 31-61.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the World (4th. ed.). John Wiley & Sons, New York. pp. 1-600.
- Park, S.C., J.S. Choi, E.Y. Choi, Y.S. Jang, K.Y. Lee and J.K. Choi. 2007. The Characteristics of Fish Community in the Lagoon Hwajinpo, Korea. *Korean Journal of Limnological Society* **40**(3): 449-458.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Korea. Part I. Nemathognathi, Evernthognathi (in Japanese). *Bulletin of the Fisheries Experimental Station Government of General of Tyosen, Pusan* **6**: 458.
- Yoo, H.S. 1996. The lakes in the eastern coast of Korea and the change of their landscape-Gyeongpo and Youngrang. Collection of symposium for conservation of the lakes in the eastern coast of Korea. Gangneung Citizen's Coalition for Economic Justice, Gangneung.

(Manuscript received 15 January 2013,
Revised 28 February 2013
Revision accepted 19 March 2013)