

## 보령호의 어류상 및 붕어 개체군 특성

최원섭, 한중수, 최준길, 이황구\*

상지대학교 생명과학과

## Fish fauna and characteristics of *Carassius auratus* population in the Boryeong Reservoir

Won Sub Choi, Jung Soo Han, Jun Kil Choi and Hwang Goo Lee\*

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

### \*Corresponding author

Hwang Goo Lee  
Tel. 033-730-0434  
E-mail. morningdew@sangji.ac.kr

Received: 5 November 2020

First Revised: 10 December 2020

Second Revised: 19 December 2020

Revision accepted: 22 December 2020

**Abstract:** This study was conducted to investigate the fish fauna and characteristics of the *Carassius auratus* population in the Boryeong Reservoir in Chungcheongnam-do from October 2017 to June 2018. The collected fish were identified as 3,506 individuals of 15 species from a total of nine families. The dominant and subdominant species were *H. nipponensis* with 1,706 (48.6%) individuals and *C. auratus* with 1,021 (29.1%) individuals, respectively. The biomass of *C. auratus* (246,130 g), *P. fulvidraco* (50,610 g), *C. cuvieri* (14,730 g), *S. asotus* (11,560 g), and *C. carpio* (10,930 g) was analyzed. The results of the community analysis showed a dominant index value of 0.87 ( $\pm 0.2$ ), a diversity index value of 0.78 ( $\pm 0.5$ ), an evenness index value of 0.47 ( $\pm 0.2$ ), and a richness index value of 0.99 ( $\pm 0.5$ ). The length-weight analysis of *C. auratus* showed a regression coefficient  $b$  of 3.06, and a condition factor ( $K$ ) of 0.0004 with a positive slope. The frequency distribution of the total length analysis of the *C. auratus* population inhabiting the Boryeong Reservoir showed a high distribution of lengths between 140–160 mm and a low distribution between 230–280 mm. The normalized difference water index (NDWI) was analyzed over the Boryeong Reservoir water surface from 2013 to 2014 using Landsat 8 channel data. The areas where the NDWI was decreased were located at the inflow site of Ungcheon Stream.

**Keywords:** fish fauna, length-weight relationship, Boryeong Reservoir

## 서 론

문순기후에 영향을 받는 우리나라는 여름철 강우가 집중되며, 불규칙한 강수분포를 나타내어 수자원 확보와 홍수재해 방지를 위해 다양한 댐, 보와 같은 인공구조물이 건설되고 있다(Byeon *et al.* 2007). 인공구조물의 건설은 물의 흐름

을 차단해 비교적 빠른 유수역의 하천에서 물의 흐름이 느린 정수역의 호소생태계로 수환경이 변하게 되며(Choi *et al.* 2003), 수질 오염과 더불어 기존 수계에 서식하는 생물군의 서식처 및 상호작용에 부정적 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Joy and Death 2001; Park *et al.* 2005). 원활한 용수 공급을 위해 대부분 산악지대에 건설되는 댐은 높은 경사를

이루게 되며, 수위변동에 따라 수변부와 같이 비교적 수위가 낮은 지점이 공기 중으로 노출되는 문제점이 발생한다. 뱀, 호 등의 정수역에 서식하는 어류는 수변부를 산란장 및 피난처로 이용하며, 이러한 수위의 감소는 어류에 부정적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.* 2002).

충청남도 보령시 미산면 용수리에 위치한 보령댐은 용수 공급을 목적으로 1992년 6월에 착공하여 1996년 10월에 완공된 다목적댐이다. 보령댐은 높이 50m, 길이 291m, 총 저수량 1억 1,700만톤으로 국제담대학회(ICOLD) 기준 대댐(Large Dam)에 해당한다. 특히 보령호는 보령시 성주산과 부여군 만수산에서 발원하여 서해로 유입되는 웅천천에 건설된 댐 호로 충청남도 서북부 지역 8개 시·군의 용수 공급원으로 이용되고 있으나(Boryeong-si 2014, 2018) 웅천천 수계는 보령댐 및 하구에 건설된 부사방조제로 인하여 지속적으로 인위적인 환경변화가 이루어져 왔다. 또한, 2014년부터 2017년까지 보령호 내 지속적인 저수량 감소로 인하여 2016년 2월에 도수로를 건설하였으며, 이를 통해 수위의 안정적인 유지가 이루어지고 있다(An *et al.* 2018). 다양한 생물군 중 이동성이 크고 서식환경에 민감하게 반응하는 어류는 수중생태계의 소비자 정점에 위치하고 있으며, 유수역에서 정수역으로의 서식환경 변화는 어류 개체군의 영양단계 및 종다양성의 감소 등을 초래할 수 있다(Son *et al.* 1997). 과거 보령호에 서식하는 어류를 대상으로 실시된 선행연구는 보령 다목적댐 건설사업 후 환경관리조사(Kwater 2001), 보령 다목적댐 저수지 및 주변지역 생태환경조사(Kwater 2006), 금강수계의 호소환경 및 생태조사(NIER 2008), 보령호 어로행위에 의한 수생태계 및 수질 영향 연구(Kwater 2011), 보령호 내수면 어업허가 연구(Boryeong-si 2014) 등의 연구가 진행되었으나 보령호에 서식하는 어류 개체군을 대상으로 생육상태 및 먹이원 이용에 관한 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구는 보령호를 대상으로 과거문헌 비교를 통한 어류상 및 어종의 변화를 파악하고, 현재 보령호에서 실시되고 있는 내수면어업의 경제성 어종인 붕어를 대상으로 전장-체중 상관관계 및 비만도 지수 분석을 통해 보령호에 서식하는 붕어의 생육상태를 확인하였다. 또한, 보령호를 대상으로 NDWI 분석을 통해 과거부터 본 조사시 까지 수위변동이 붕어 개체군에 미치는 영향을 파악하여 향후 보령호 어족자원의 변동 및 최적의 관리방안을 위한 기초자료를 제공하고자 연구를 수행하였다.



Fig. 1. Map showing the study sites in the Boryeong Reservoir.

## 재료 및 방법

### 1. 조사지점

조사지점은 보령호 하류부의 보령댐 인근 지점(St. 1), 보령호 하류부의 동측 지점(St. 2), 보령호의 중간 지점(St. 3), 웅천천이 유입되는 보령호 상류 지점(St. 4)을 선정하여 조사를 실시하였다. 각 조사지점의 위치 및 GPS는 다음과 같다(Fig. 1).

St. 1: 충청남도 보령시 미산면 용수리(N: 36°14'40.11", E: 126°39'26.22")

St. 2: 충청남도 보령시 미산면 평라리(N: 36°14'11.43", E: 126°40'9.72")

St. 3: 충청남도 보령시 미산면 용수리(N: 36°15'1.87", E: 126°40'3.95")

St. 4: 충청남도 보령시 미산면 용수리(N: 36°16'5.02", E: 126°40'38.57")

### 2. 조사시기

본 연구는 계절에 따른 어류의 종조성 및 산란시기를 고려하여 2017년 10월부터 2018년 6월까지 총 4회에 걸쳐 실시하였으며, 조사시기는 다음과 같다.

- 1차 조사: 2017년 10월 28~29일  
 2차 조사: 2017년 12월 15~16일  
 3차 조사: 2018년 04월 21~22일  
 4차 조사: 2018년 06월 24~25일

### 3. 조사방법

#### 1) 채집 및 동정

어류의 채집은 조사지점별 6절 삼중자망(Trammel net, 망목 3×3 cm) 2개, 4절 삼중자망(Trammel net, 망목 5×5 cm) 1개, 총 3개를 연결하여 총 150m 구간을 24시간 후 수거하여 어류상을 확인하였다. 저서종의 조사를 위해 주낙을 사용하였으며, 바늘 간격 1m인 주낙을 조사지점별 총 50m(총 50개의 바늘) 설치하였다. 주낙의 미끼는 체장 약 100mm 내외의 미꾸라지를 이용하였으며, 24시간 후 수거하였다. 정치망은 St. 4 인근에 추가로 설치하여 24시간 후 수거하였다. 포획된 어류는 현장에서 동정 및 생체량을 측정 후 대부분 방류하였고, 일부 세밀한 동정을 필요로 한 개체는 10% Formalin 용액으로 고정된 후 실험실로 운반하여 동정 및 분류하였다. 어류의 동정은 국내에서 발표된 검색표(Kim 1997; Kim and Park 2002; Kim *et al.* 2005)를 이용하여 동정하였고, 분류체계는 Nelson (2006)에 따라 정리하였다.

#### 2) 군집분석

군집분석은 채집된 어류의 종수 및 개체수를 비교·분석하여 우점종(Dominant species), 아우점종(Subdominant species), 우점도지수(McNaughton 1967), 다양도지수(Shannon and Weaver 1949), 균등도지수(Pielou 1966), 풍부도지수(Margalef 1958)를 산출하였다.

#### 3) 전장-체중 상관관계 및 비만도 지수

보령호에서 이루어지고 있는 내수면어업의 경제성 어종인 붕어를 대상으로 전장-체중 상관관계를 이용한 분석을 실시하였다. 전장-체중 상관관계는 Anderson and Gutreuter (1983)의  $W = aL^b$  ( $W$  = Total weight,  $L$  = Total length,  $a$  and  $b$  = parameters)를 이용하였으며, 비만도 지수 Condition factor ( $K$ )는 Anderson and Neumann (1996)의  $K = W/TL^3$  ( $W$  = Total weight,  $TL$  = Total length)를 이용하여 분석을 실시하였다.

#### 4) Normalized Difference Water Index (NDWI)

보령호의 수위변동이 붕어 개체군에 미치는 영향을 파악하고자 NDWI 분석을 실시하였다. NDWI는 수분 함량에 따른 분광특성을 이용한 분석으로 NIR 영역의 반사도, SWIR 영역의 반사도 차이를 이용한 지수로 Markham (2013)을 인용하여 산출하였다. 평가에 사용된 식은 다음과 같다.

$$NDWI (landsat 8) = \frac{(Band 3 - Band 5)}{(Band 3 + Band 5)}$$

연구를 위한 연구대상지역 자료는 2013년부터 본 조사 시기인 2018년까지 Landsat 8 영상을 이용하였다. Landsat 8 인공위성은 2013년 2월에 발사된 위성으로 OLI 센서, TIRS (Thermal Infrared Sensor) 센서로 구성되어 있다. Wavelength는 0.53~0.59 (Band 3), 0.85~0.88 (Band 5)이며, Resolution은 각각 30m의 자료를 이용하여 분석을 실시하였다. NDWI 분석은 오픈소스프로그램인 QGIS (for window, ver 3.4.14)를 이용하였다. 위성자료는 Earthexplorer의 자료를 이용하였으며, 보령호의 수위변동을 파악하기 위해 국가수자원관리종합정보시스템(WAMIS; www.wamis.go.kr)의 자료를 이용하여 연평균 저수량을 확인하였다.

### 결과 및 고찰

#### 1. 보령호의 어류상

보령호에서 실시한 어류 조사 결과 총 9과 15종 3,506개체가 출현하였다(Table 1). 출현한 어류를 대상으로 과별 종수를 분석한 결과 잉어과(Cyprinidae)에서 7종(47.2%)으로 가장 다양한 종이 확인되었으며, 동자개과(Bagridae), 메기과(Siluridae), 바다빙어과(Osmeridae), 꺾지과(Coreoperca), 검정우럭과(Centrarchidae), 동사리과(Odontobutidae), 뱀장어과(Anguillidae), 가물치과(Channidae)에서 각각 1종(6.6%)이 출현하였다. 상대풍부도 분석결과 우점종은 붕어(*Hypomesus nipponensis*) 1,706개체(48.6%), 아우점종은 붕어(*Carassius auratus*) 1,021개체(29.1%)로 조사되었으며, 치리(*Hemiculter eigenmanni*) 341개체(9.7%), 참붕어(*Pseudorasbora parva*) 130개체(3.7%), 배스(*Micropterus salmoides*) 89개체(2.5%), 떡붕어(*Carassius cuvieri*) 55개체(1.6%), 피라미(*Zacco platypus*) 48개체(1.4%), 메기(*Silurus*

**Table 1.** Individual numbers of fish collected at each site in the Boryeong Reservoir from October 2017 to June 2018

Species	Sampling sites																Total
	1st				2nd				3rd				4th				
	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	
<b>Family Anguillidae</b>																	
<i>Anguilla japonica</i>																	
<b>Family Cyprinidae</b>																	
<i>Cyprinus apio</i>	1				3		1	1	2	3	1	1	4	2	2		20
<i>Carassius auratus</i>	28	73	48	16	34	66	112	55	24	100	80	155	31	9	124	66	1,021
♣ <i>Carassius cavier</i>	4	3	2	3	3	2	1	3		1	15	9		3	4	2	55
<i>Rhodeus ocellatus</i>																	2
<i>Pseudorasbora parva</i>												60				70	130
<i>Zacco platypus</i>												45				3	48
<i>Hemiculter eigenmanni</i>									1			180				160	341
<b>Family Bagridae</b>																	
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>			1	3	2								2		1	16	25
<b>Family Siluridae</b>																	
<i>Silulus asotus</i>	2			5				4	1	2	5	6		2	3	13	43
<b>Family Osmeridae</b>																	
<i>Hypomesus nipponensis</i>	1											1,700				5	1,706
<b>Family Centropomidae</b>																	
<i>Siniperca scherzeri</i>	4												4	1	2	1	19
<b>Family Centrarchidae</b>																	
♣ <i>Micropterus salmoides</i>					7	8	12	11				1				50	89
<b>Family Odontobutidae</b>																	
♣ <i>Odontobutis interrupta</i>														1	1	1	3
<b>Family Channidae</b>																	
<i>Channa argus</i>														1	1	1	2
Total number of family	4	1	2	3	4	2	2	3	2	2	4	4	3	5	6	7	9
Total number of species	6	2	3	4	6	3	3	5	4	4	6	9	4	7	8	12	15
Total number of individuals	40	76	51	27	56	76	125	74	28	106	106	2,157	41	19	138	389	3,506

♣: Exotic species, ♣: Endemic species

**Table 2.** Fish community index at each site in the Boryeong Reservoir

	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	Mean
Dominant species	<i>C. auratus</i>	<i>C. auratus</i>	<i>H. nipponensis</i>	<i>C. auratus</i>	<i>H. nipponensis</i>
Subdominant species	<i>C. cavier</i>	<i>M. salmoides</i>	<i>C. auratus</i>	<i>H. eigenmanni</i>	<i>C. auratus</i>
Dominance Index (DI)	0.83 ( $\pm 0.08$ )	0.89 ( $\pm 0.18$ )	0.96 ( $\pm 0.04$ )	0.78 ( $\pm 0.14$ )	0.87 ( $\pm 0.12$ )
Diversity Index (H')	0.92 ( $\pm 0.30$ )	0.62 ( $\pm 0.65$ )	0.47 ( $\pm 0.22$ )	1.11 ( $\pm 0.39$ )	0.78 ( $\pm 0.45$ )
Evenness Index (E)	0.57 ( $\pm 0.12$ )	0.42 ( $\pm 0.28$ )	0.31 ( $\pm 0.09$ )	0.59 ( $\pm 0.19$ )	0.47 ( $\pm 0.20$ )
Richness Index (RI)	1.08 ( $\pm 0.26$ )	0.84 ( $\pm 0.81$ )	0.86 ( $\pm 0.48$ )	1.18 ( $\pm 0.45$ )	0.99 ( $\pm 0.50$ )

*asotus*) 43개체 (1.2%) 등의 순으로 출현하였고, 0.1% 미만의 종은 73개체 (2.2%)가 출현하였다. 한국고유종은 얼룩동사리 (*Odontobutis interrupta*) 1종 (6.6%)이 출현하였으며, 외래종 및 생태계교란종은 떡붕어, 배스 2종 (13.3%)이 조사되었다. 조사시기별 출현종은 1, 2차 조사 시 6과 8종, 3차 조사 시 5과 10종, 4차 조사 시 9과 15종으로 4차 조사에서 가장 다양한 종이 출현하였으며, 조사지점별로는 보령호 상류 지역인 St. 4에서 상대적으로 출현종이 높은 것으로 조사되었다. 대부분의 담수어류는 산란을 위해 수심이 얕은 지역 또는 호소로 유입되는 지류 하천으로 이동하여 산란하는 것으로 알려져 있다 (Hong and Son 2003; Choi 2005). 보령호의 경우, 웅천천이 유입되는 St. 4 인근으로 산란을 위해 이동하여 주요 산란시기인 3, 4차 조사시 수심이 깊은 St. 1~St. 3에 비하여 상대적으로 높은 출현율을 나타낸 것으로 판단된다. 보령호에 서식하는 경제성 어종을 대상으로 생체량을 분석한 결과 붕어가 246,130 g, 동자개 (*Pseudobagrus fulvidraco*) 50,610 g, 떡붕어 14,730 g, 메기 11,560 g, 잉어 (*Cyprinus carpio*) 10,930 g, 쏘가리 (*Siniperca scherzeri*) 7,930 g 등의 순으로 측정되었으며, 붕어가 보령호 내수면 어업의 주요 수입원으로 작용하고 있었다. 한편, 생태계교란종인 배스가 7,560 g으로 생체량은 다른 종에 비해 상대적으로 낮게 측정되었으나 현지조사 시 배스의 치어가 다수 출현한 것으로 확인되어 보령호에 유입된 이후 산란이 지속적으로 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 배스는 먹이사슬 구조의 단순화, 생태계 에너지 흐름 및 서식처 변화 등의 부정적인 영향을 미치는 수생태계의 교란종으로 알려져 있어 (Carpenter and Kitchell 1993; Takaharu et al. 2015) 내수면어업이 시행되고 있는 보령호의 어족자원 보호를 위해 퇴치 방안의 마련 및 지속적인 관리가 필요할 것으로 판단된다.

조사지점별 군집구조를 분석한 결과 우점도지수는 0.78

( $\pm 0.14$ , St. 4)~0.96 ( $\pm 0.04$ , St. 3), 다양도지수는 0.47 ( $\pm 0.22$ , St. 3)~1.11 ( $\pm 0.39$ , St. 4), 균등도지수는 0.31 ( $\pm 0.09$ , St. 3)~0.59 ( $\pm 0.19$ , St. 4), 풍부도지수는 0.84 ( $\pm 0.81$ , St. 2)~1.18 ( $\pm 0.45$ , St. 4)의 범위로 분석되었다 (Table 2). 결과적으로 보령호 상류 지점인 St. 4에서 다른 조사지점에 비해 우점도지수는 낮고, 다양도지수, 균등도지수, 풍부도지수가 높게 분석되어 상대적으로 안정적인 군집구조를 유지하는 것으로 분석되었으며, 이는 봄에서 여름철 산란을 위해 이동한 어종 수가 증가함에 따라 조사지점별 군집 안정성의 차이가 나타난 것으로 판단된다.

## 2. 보령호 과거 문헌 비교

과거 보령호를 대상으로 실시된 어류상 조사 중 댐 건설 이후 보령호 내의 지점이 표기되어있는 문헌을 대상으로 보령호의 어류상 변화를 확인하였다 (Table 3). 문헌별 조사방법은 투망, 족대, 전기충격기 (Kwater 2001), 투망, 자망 (Kwater 2006), 족대, 투망 (NIER 2008), 자망, 주낙 (연승어업), 정치망 (Kwater 2011; Boryeong-si 2014) 등의 어구가 이용되었다. 과거 문헌 비교결과, 2001년 6과 23종 (Kwater 2001), 2006년 6과 23종 (Kwater 2006), 2008년 7과 19종 (NIER 2008), 2011년 9과 13종 (Kwater 2011), 2014년 8과 11종 (Boryeong-si 2014), 본 조사 시 9과 15종이 출현하였다. 과거 출현종 중 본 조사에서 출현하지 않은 어종은 돌고기 (*Pungtungia herzi*), 쉬리 (*Coreoleuciscus splendidus*), 줄몰개 (*Gnathopogon strigatus*), 긴몰개 (*Squalidus gracilis majimae*), 버들치 (*Rhynchocypris oxycephalus*), 갈겨니 (*Zacco temminckii*), 눈동자개 (*Pseudobagrus koreanus*) 등 24종이 확인되었다. 이들 종은 대부분 하천 중·상류에 서식하며, 수온 및 유속에 민감하게 반응하는 종으로서 보령댐 건설로 인해 정수환경이 조성됨에 따라 하천의 상류 또는 하류로

Table 3. Yearly comparison of the fish fauna in the Boryeong Reservoir

Families and Species		Sampling stations					
		Kwater (2001)	Kwater (2006)	NIER (2008)	Kwater (2011)	Boryeong-si (2014)	Boryeong-si (2018)
Family Anguillidae	뱀장어과						
	<i>Anguilla japonica</i>				○	○	○
Family Cyprinidae	잉어과						
	<i>Cyprinus arpio</i>			○	○	○	○
	<i>Carassius auratus</i>	○	○	○	○	○	○
	♣ <i>Carassius cavier</i>			○		○	○
	<i>Rhodeus ocellatus</i>						○
	<i>Rhodeus uyekii</i>	○	○				
	<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	○	○				
	<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	○	○				
	<i>Acanthorhodeus macropterus</i>			○			
	<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	○	○				
	<i>Pseudorasbora parva</i>	○	○	○	○		○
	<i>Pungtungia herzi</i>	○	○				
	<i>Coreoleuciscus splendidus</i>		○				
	<i>Gnathopogon strigatus</i>	○					
	<i>Squalidus gracilis majimae</i>	○	○	○			
	<i>Hemibarbus labeo</i>			○			
	<i>Hemibarbus longirostris</i>	○	○				
	<i>Pseudogobio esocinus</i>	○	○	○			
	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>		○				
	<i>Zacco temminckii</i>	○	○	○			
	<i>Zacco platypus</i>	○	○	○			○
	<i>Hemiculter eigenmanni</i>	○	○		○	○	○
Family Cobitidae	미꾸리과						
	<i>Misgurnus mizolepis</i>	○	○	○			
	<i>Iksookimia koreensis</i>	○	○				
	<i>Cobitis lutheri</i>			○			
	<i>Cobitis lutheri</i>	○	○				
Family Bagridae	동자개과						
	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>			○	○	○	○
	<i>Pseudobagrus koreanus</i>	○	○				
Family Siluridae	메기과						
	<i>Silulus asotus</i>	○	○	○	○	○	○
Family Osmeridae	바다빙어과						
	<i>Hypomesus nipponensis</i>				○	○	○
Family Centropomidae	꺼지과						
	<i>Siniperca scherzeri</i>				○	○	○
Family Centrarchidae	검정우럭과						
	♣ <i>Lepomis macrochirus</i>			○			
	♣ <i>Micropterus salmoides</i>			○			○
Family Odontobitidae	동사리과						
	<i>Odontobutis platycephala</i>			○			
	<i>Odontobutis interrupta</i>	○	○	○	○	○	○
Family Gobiidae	망둑어과						
	<i>Chaenogobius urotaenia</i>	○	○				
	<i>Rhinogobius brummeus</i>	○	○		○		
	<i>Rhinogobius brunneus</i>	○		○	○		
Family Channidae	가물치과						
	<i>Channa argus</i>				○	○	○
Total number of species		23	23	19	13	11	15

♣: Exotic species, NIER: National Institute of Environmental Research

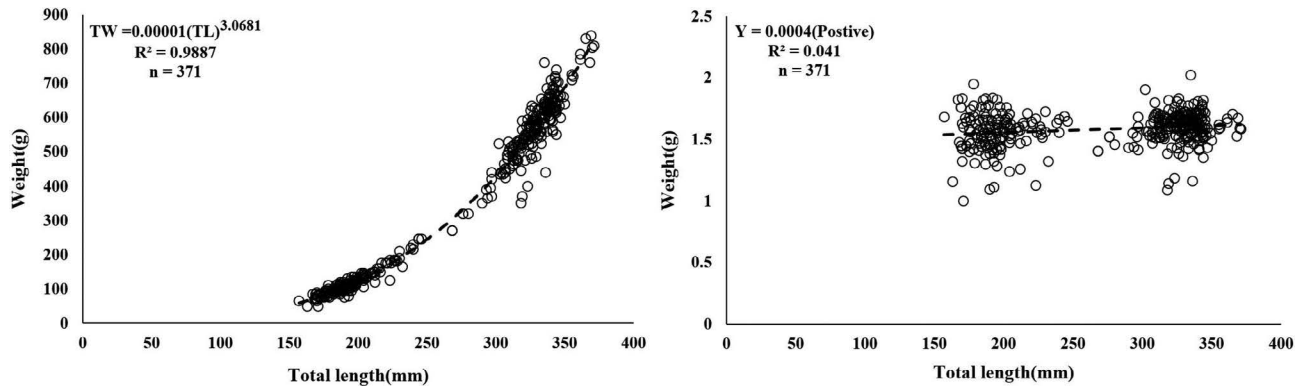


Fig. 2. Length-weight relationship and Condition factor (K) for *Carassius auratus* caught in the Boryeong Reservoir.

이동하여 출현하지 않은 것으로 판단된다. 2011년 조사 시부터 출현한 종은 뱀장어(*Anguilla japonica*), 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus*), 빙어, 쏘가리(*Siniperca scherzeri*), 가물치(*Channa argus*) 등 5종이 출현하였으며, 본 조사 시 추가로 출현한 흰줄납줄개를 제외한 이들 어종은 현재 보령호에서 시행되고 있는 내수면 어업의 자원량 증가를 위해 도입된 종으로 판단된다. 과거 문헌 비교를 통한 보령호 어류의 출현종수 변화를 확인한 결과, 2006년 이후 지속적인 어종의 감소가 확인되었는데, 이는 문헌별 조사방법 및 어구의 차이와 보령호 건설 이후 유수역을 선호하는 어종의 이동 및 소실에 따른 영향으로 판단된다.

### 3. 전장-체중 상관관계

어족자원의 상태를 파악하는 데 중요한 정보로 알려진 어류의 전장-체중 상관관계와 비만도 지수는 어류의 건강 상태 및 성숙 정도를 단편적으로 파악할 수 있으며, 서식처 등급, 수질오염, 먹이 이용능력 등 다양한 지표로 사용된다 (Anderson and Gutreuter 1983; Busacker *et al.* 1990; Zhang 1991; Ney 1993). 경제성 어종 중 출현율이 높게 나타난 붕어 개체군의 생육상태를 파악하기 위해 산란시기에 채집된 개체를 대상으로 전장-체중 상관관계를 분석하였다 (Fig. 2). 전장-체중 상관관계는 회귀계수  $b$ 값이 3.0 이상일 때 개체군의 성장이 양호하며, 3.0 이하일 때 서식환경 및 성장 상태가 비교적 불량함을 나타낸다 (Han *et al.* 2007). 비만도 지수는 양의 기울기(Slope)일 때 생육상태가 양호한 것을 의미한다 (Seo 2005). 보령호에 서식하는 붕어 개체군의 회귀계수  $b$ 값은 3.0681로 비교적 안정적인 생육

태를 유지하고 있는 것으로 확인되었으며, 비만도 지수는 기울기가 양의 값인 0.0004로 분석되어 비교적 안정적인 생활사와 먹이원의 이용이 이루어지고 있는 것으로 판단된다. 그러나 회귀계수  $b$ 값과 비만도 지수 기울기가 큰 폭의 차이를 보이지 않아 지속적인 관찰이 필요할 것으로 생각된다.

### 4. 전장빈도분포

붕어는 우리나라 담수 전역에 분포하며, 어족자원으로 높은 가치를 지닌 어류로 일반적으로 생후 1년에 전장 140~160 mm, 2년에 160~180 mm, 3년에 200~230 mm까지 성장하여 300 mm가 되기까지 약 10년이 소모되는 것으로 알려져 있다 (Lee *et al.* 2013). 본 조사 시 붕어가 아우점종으로 확인되었으며, 이 중 371개체를 대상으로 전장빈도분포 분석을 실시하였다 (Fig. 3). 당년생의 출현은 확인되지 않았으며, 2년생으로 추정되는 170~190 mm 개체의 출현이 다수 확인되었다. 한편, 4년생 이상으로 추정되는 230~280 mm 개체는 낮은 출현을 보였으며, 10년 이상된 개체에서 높게 출현하고 있었다. 당년생으로 알려진 0~140 mm 개체는 본 조사시 출현하지 않은 것으로 확인되었는데, 이는 본 연구에서 사용된 어구의 망목에 의한 영향 및 자망과 주낙에 한정된 조사방법에 의한 영향으로 판단된다. 또한, 4~5년생으로 추정되는 230~280 mm 개체의 출현율이 낮은 것은 이들 개체가 부화했을 것으로 예상되는 2013년부터 2014년도까지 붕어의 산란이 원활하게 이루어지지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

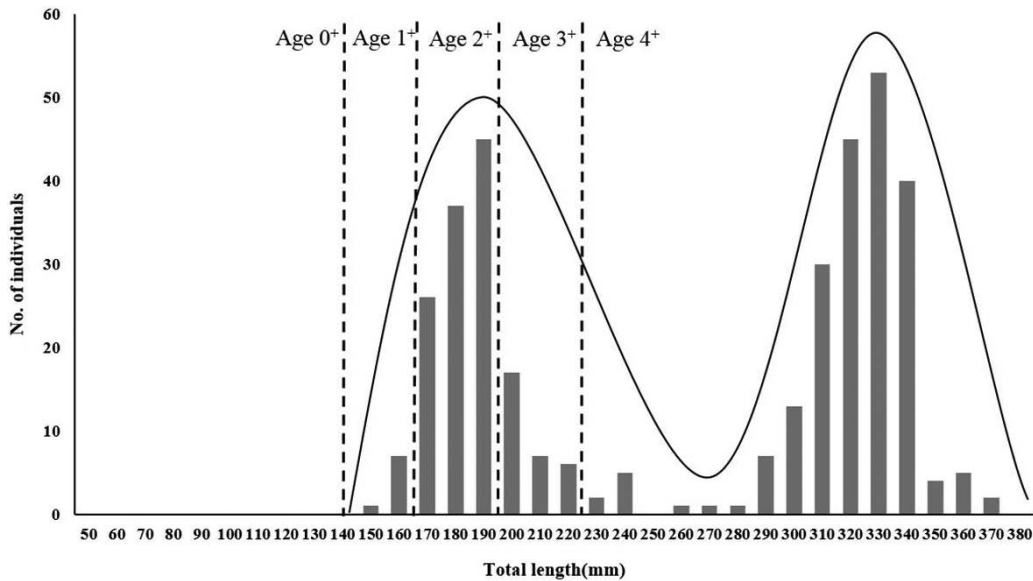


Fig. 3. Length frequency distribution of the *Carassius auratus* population in the Boryeong Reservoir.

### 5. Normalized Difference Water Index (NDWI) 분석

우리나라는 댐을 이용하여 여름철 집중되는 강우를 농업용수 공급 및 식수원으로 이용하고 있으며, 이러한 용수의 이용은 어류의 산란시기와 유사하게 이루어진다. 갈수기인 봄철에는 댐으로 유입되는 수량보다는 유출되는 수량이 높아 저수량이 감소하며, 이러한 저수량의 감소는 수변공간을 노출시키는 것으로 알려져 있다(Kim *et al.* 2002). 또한, 저수량 감소는 수변부에 존재하는 수생식물의 사멸로 인해 어류의 서식공간을 단순화시키며, 수초지대를 산란처 및 피난처로 이용하는 어류 군집의 교란 요인으로 작용한다(Choi *et al.* 2004). 보령호의 연평균저수량 확인 결과, 2013년 76.6 million m<sup>2</sup>에서 2014년 50.3 million m<sup>2</sup>로 급격한 연평균저수량 변화를 보였으며, 이후 2017년까지 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 4). 이러한 저수량의 변화는 붕어 개체군의 산란에 일시적인 영향을 미쳤을 것으로 추정된다. 따라서 보령호의 수위변동에 따른 붕어 개체군의 산란 영향을 파악하기 위하여 다양한 수생식물이 분포하고 있어 어류의 산란장으로 이용되고 있는 St. 4를 대상으로 NDWI 분석을 통해 저수율 변화추이를 확인하였다(Fig. 5). NDWI 분석 결과, 댐 중앙부에 근접하게 위치하고 있는 St. 1, St. 2, St. 3은 수위변동에 영향을 크게 받지 않는 것으로 분석되었으나 St. 4 인근

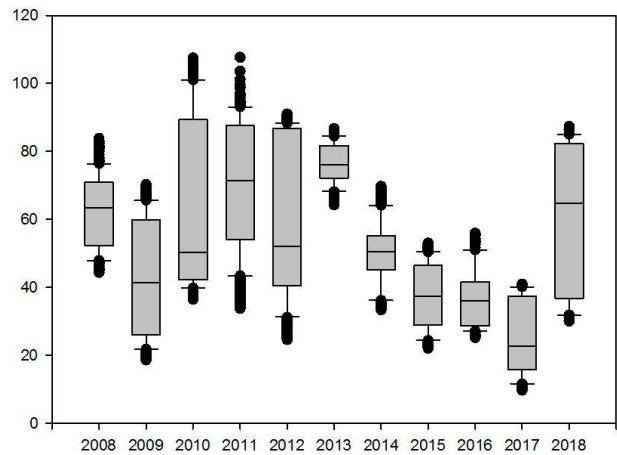


Fig. 4. Annual dam storage trends in the Boryeong Reservoir.

수역은 수위변동에 따라 높은 영향을 받는 것으로 확인되었다. 저수량 감소에 따른 급격한 수위변동은 호안에 형성되어 있는 수생식물 군락에 부정적 영향을 미치며, 수초지대를 서식지 및 산란장으로 이용하는 어류 개체군 감소의 원인이 된다고 알려져 있다(Byeon *et al.* 2007). 따라서 St. 4는 웅천천의 유입과 광범위한 수생식물의 발달로 대부분의 어류가 산란장 및 피난처로 이용하고 있는 장소이나 급격하고, 지속적인 수위의 감소로 인해 붕어 개체군의 산란 및 서식에 있어 부정적인 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 현재 보령호는 금강에서 유입되는 도수로 인해 안정적인



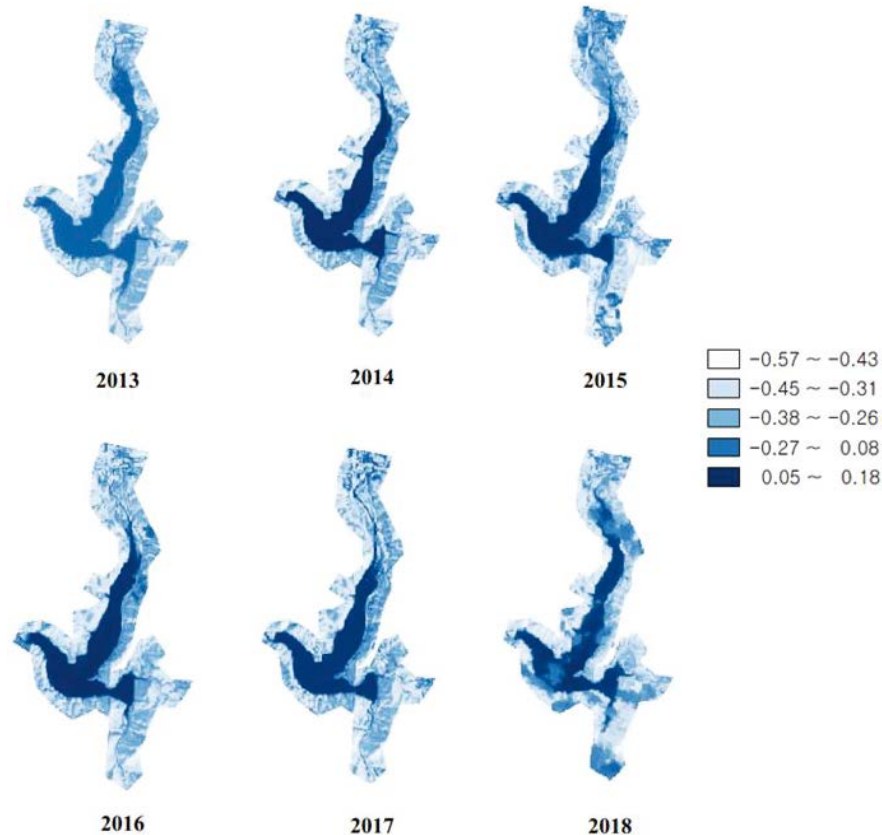


Fig. 5. Water surface variation for normalized difference water index (NDWI) anomalies in the Boryeong Reservoir.

수위가 유지되고 있으며, 향후 수위 변화에 따른 붕어 개체군의 산란 영향을 파악하기 위하여 추가적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.

## 적 요

본 연구는 충청남도 보령시에 위치한 보령호를 대상으로 어류상 및 붕어 개체군의 특성을 파악하고자 2017년 10월부터 2018년 6월까지 조사를 실시하였다. 어류상 조사결과, 총 9과 15종 3,506개체가 출현하였으며, 한국고유종은 얼룩동사리 1종(6.6%), 외래종 및 생태계교란종은 떡붕어, 배스 2종(13.3%)이 조사되었다. 상대풍부도 분석결과, 붕어 1,706개체(48.6%), 붕어 1,021개체(29.1%)로 각각 우점, 아우점하고 있는 것으로 나타났다. 생체량 분석결과 붕어가 246,130g으로 가장 높은 생체량을 보였으며, 동자개 50,610g, 떡붕어 14,730g, 메기 11,560g, 잉어 10,930g의 순으로

분석되었다. 군집분석 결과 우점도지수  $0.87 (\pm 0.2)$ , 다양도지수  $0.78 (\pm 0.5)$ , 균등도지수  $0.47 (\pm 0.2)$ , 풍부도지수  $0.99 (\pm 0.5)$ 로 분석되었다. 붕어 개체군의 전장-체중 상관관계 분석결과 회귀계수  $b$ 값은 3.06으로 나타났으며, 비만도 지수(K) 기울기는 양의 기울기로 분석되었다. 전장빈도분포 분석결과,当年생은 출현하지 않았으며, 2년생으로 추정되는 170~190mm 개체는 다수 출현하였고, 4~5년생으로 추정되는 230~280mm 개체는 낮은 출현을 나타내었다. 보령호의 저수량 추이를 확인하기 위해 연평균저수량과 NDWI 분석을 실시한 결과, 2013년에서 2014년에 급격한 연평균저수량 변화를 나타내었으며, 웅천천이 유입되는 St. 4에서 수위변동에 영향을 받는 것으로 추정되었다.

## 사 사

본 연구는 상지대학교 대학원 및 보령호 내수면어업 관

련 자원량 조사 연구용역(과제번호: 210700770002)의 지원을 받아 시행되었습니다.

## REFERENCES

- An CH, JS Han, JK Choi and HG Lee. 2018. The effect of water conveyance of Boryeong Dam on structural changes of benthic macroinvertebrates community. Korean J. Environ. Ecol. 32:381-391.
- Anderson R and SJ Gutreuter. 1983. Length, weight and associated structural indices. pp. 283-300. In: Fisheries Techniques (Nielsen L and D Johnson, eds.). American Fisheries Society. Bethesda, MD.
- Anderson RO and RM Neumann. 1996. Length, weight, and associated structural indices. pp. 447-482. In: Fisheries Techniques (Murphy BR and DW Willis, eds.). 2nd ed. American Fisheries Society. Bethesda, MD.
- Boryeong si. 2014. Inland fishery permit research report in Boryeong Lake. Boryeong, Korea. p. 87.
- Boryeong si. 2018. Inland fishery resource amount research report in Boryeong Lake. Boryeong, Korea. p. 127.
- Busacker GP, IR Adelman and EM Goolish. 1990. Growth. In: Methods for Fish Biology (Schreck CB and PB Moyle, eds.). pp. 363-387. American Fisheries Society. Bethesda, MD.
- Byeon MS, HK Park, NH Jeon, MJ Choi and DS Kong. 2007. Effects of artificial vegetation island on fish fauna. Korean J. Limnol. 40:103-109.
- Carpenter SR and JF Kitchell. 1993. Trophic Cascade in Lakes. Cambridge University Press. Cambridge, UK. p. 400.
- Choi JS. 2005. Ichthyofauna and fish community structure in Chuncheon Reservoir. Korean J. Environ. Biol. 23:173-183.
- Choi JS, KY Lee, YS Jang, MH Ko, OK Kwon and BC Kim. 2003. Study on the dynamics of the fish community in lake Soyang. Korean J. Ichthyol. 15:95-104.
- Choi JS, YS Jang, KY Lee, JG Kim and OK Kwon. 2004. Ichthyofauna and fish community in lake Paro. Korean J. Ichthyol. 22:111-119.
- Han SC, HY Lee, EW Seo, JH Sim and JE Lee. 2007. Fish fauna and length-weight relationship for 9 fish species in Andong Reservoir. Korean J. Life Sci. 17:937-943.
- Hong YP and YM Son. 2003. Studies on the interspecific association of community including *Micropterus salmoides* population, introduced fish in Korea. Korean J. Ichthyol. 15:61-68.
- Joy MK and RG Death. 2001. Control of freshwater fish and crayfish community structure in Taranaki, New Zealand: dams, diadromy or habitat structure? Freshw. Biol. 46:417-429.
- Kim DS, CH Choi, SJ Joh and JH Kim. 2002. Preservation of fish community by the construction of the Tamjin Dam. Korean J. Limnol. 35:237-246.
- Kim IS. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education. Sejong, Korea. p. 632.
- Kim IS and JY Park. 2002. Freshwater Fishes of Korea. Kyohak. Seoul. p. 465.
- Kim IS, Y Choi, CL Lee, YJ Lee, BJ Kim and JH Kim. 2005. Illustrated Book of Korean fishes. Kyohak. Seoul. p. 515.
- Kwater. 2001. Environment survey of Boryeong multi-purpose dam construction project. K-water. Daejeon, Korea. pp. 103-145.
- Kwater. 2006. A study on the ecological environment of Boryeong multi-purpose dam surrounding area. K-water. Daejeon, Korea. pp. 151-185.
- Kwater. 2011. Inland fishery permit research report in Boryeong lake. K-water. Daejeon, Korea. p. 62.
- Lee JW, JH Kim, SH Park, KR Choi, HJ Lee, JD Yoon and MH Jang. 2013. Impact of large mouth bass (*Micropterus salmoides*) on the population of Korean native fish crucian carp (*Carassius auratus*). Korean J. Environ. Biol. 31:370-375.
- Markham BL, JC Storey and JR Irons. 2013. Landsat data continuity mission, now Landsat-8: six months on-orbit. In: Earth Observing Systems XVIII. Vol. 8866. International Society for Optics and Photonics. Bellingham, WA.
- Margalef R. 1958. Information theory in ecology. General Systematics 3:36-71.
- McNaughton SJ. 1967. Relationship among functional properties of California grassland. Nature 216:168-169.
- National Institute of Environmental Research. 2008. Survey of lake environment and ecology in the Geum river system. National Institute of Environmental Research. Incheon, Korea. p. 402.
- Nelson JS. 2006. Fishes of the World (4th ed.). John Wiley & Sons, Inc. Hoboken, NJ. p. 601.
- Ney JJ. 1993. Practical use of biological statistics. pp. 137-158. In: Inland Fisheries Management in North America. American Fisheries Society. Bethesda, MD.
- Park BJ, YD Sung and KS Jung. 2005. An evaluation of fish conditions due to the construction of Youngchun dam in the Gumho River. J. Korean Wat. Res. Ass. 38:771-778.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol. 13:131-144.
- Seo JW. 2005. Fish fauna and ecological characteristics of dark chub (*Zacco temminckii*) population in the mid-upper region of Gam Stream. Korean J. Limnol. 38:196-206.
- Shannon CE and W Weaver. 1949. The Mathematical Theory of

- Communication. University of Illinois Press. Urbana, IL. p. 233.
- Son YM, HB Son, HK Byeon and JS Choi. 1997. Study on the dynamics of fish community in the lake Paldang. Korean J. Ichthyol. 9:141–152.
- Takaharu N, N Takamura, M Nakagawa, Y Kadono, T Tanaka and H Mitsuhashi. 2015. Environmental and biotic characteristics to discriminate farm ponds with and without exotic largemouth bass and bluegill in western Japan. Limnology 16:139–148.
- Zhang CI. 1991. Fisheries Resource Ecology. Woosungsa. Seoul. p. 399.