

아산호와 충주호의 삼각망에서 채집된 어류 종 조성 및 강준치 (*Erythroculter erythropterus*) 개체군의 전장-체중 관계 분석

허민아 · 안희춘 · 박민수 · 양영준 · 이완옥*

한국수산해양공학연구소

Species Composition of Fishes Collected by Fyke Net and Length-Weight Relationships of Skygager (*Erythroculter erythropterus*) in Asan Lake and Chungju Lake by Min Ah Heo, Heui Chen An, Min Su Park, Yeong Jun Yang and Wan-Ok Lee* (Korea Institute of Fisheries and Ocean Engineering, Busan 48508, Republic of Korea)

ABSTRACT This study was conducted to investigate the species composition collected by fyke net and characteristics of the *Erythroculter erythropterus* population in the Asan Lake and Chungju Lake from June to September, 2021. The collected fish in Asan lake were identified as 4,977 individuals of 13 species from a total of six families and in Chungju lake were identified as 2,436 individuals of 18 species from a total of eight families. The dominant species in Asan lake, both the individuals and biomass were *E. erythropterus* with 4,470 (89.8%) and 498,424g (84.5%). The dominant species in Chungju lake, both the individuals and biomass were *E. erythropterus* with 1,327 (54.5%) and 301,818 g (77.5%). The results of the community analysis showed that a dominant index value of Asan lake was 0.93, higher than 0.71 of Chungju lake, and a diversity, evenness, and richness index value of Chungju lake were higher than of Asan lake. The frequency distribution of the total length analysis of the *E. erythropterus* population showed the appearance rate of 1~2 year olds was high in Asan lake, and the appearance rate of more than 2 years old were high in Chungju lake. The length-weight analysis of *E. erythropterus* in Asan Lake and Chungju Lake showed a regression coefficient b of 3.06 and 3.04, a condition factor (K) of 0.000128 and 0.000051 with a positive slope. This study could be served as baseline data for assessing habitat characteristics based on the species composition of fishes, and identifying health conditions of *E. erythropterus* in Asan Lake and Chungju Lake, artificial lakes.

Key words: *Erythroculter erythropterus*, species composition, length-weight relationships, condition factor

서 론

우리나라의 대부분의 호수는 인위적으로 축조된 인공호로서, 횡단구조물에 의해 수환경의 갑작스러운 변화를 초래하고 호소에 적응하는 종들의 증가와 생물다양성이 감소하는 등 기존의 어류 군집 구조에서 많은 변화를 가져오고 있다(Lee *et al.*, 2008; Ko *et al.*, 2012; Choi *et al.*, 2020).

아산호(평택호)는 충청남도 아산시와 경기도 평택시 사이에 아산만과 안성천 하구를 가로지르는 아산만방조제가 건설됨에

따라 형성된 수 면적 24 km², 유역면적 1,654 km²에 이르는 인공 담수호이다. 평택호로도 불리고 있으며, 농업 및 공업용수 및 홍수방지 목적으로 1973년에 방조제를 건설하였으나, 한편으로는 하천과 바다의 순환이 단절됨에 따라 급격한 담수화가 이루어졌고 이후 생태 교란, 수질 악화, 어족자원 감소 문제 등이 지속적으로 제기되고 있다(Jang and Jeon, 1996; Kim *et al.*, 2008; Kim *et al.*, 2010; Lee *et al.*, 2014).

충주호는 1985년 충주시 남한강 상류에 다목적댐을 건설하면서 충주시, 제천시, 단양군에 걸쳐 생긴 인공호로 면적 67.5 km², 유역면적 6,648 km²에 이른다. 댐 건설 이후 충주호의 어류 군집 분석 연구에 따르면, 생태계 교란을 일으키는 외래종 및 이입종 증가 등 군집 구조의 변화가 있음을 확인하였다(Kim *et al.*,

저자 직위: 허민아(연구원), 안희춘(소장), 박민수(연구원), 양영준(연구원), 이완옥(책임연구원)

*Corresponding author: Wan-Ok Lee Tel: 82-51-717-3388, E-mail: wanok2@gmail.com

2005; Choi *et al.*, 2012).

최근에는 이러한 생태계 문제의 심각성을 깨닫고 복원에 대한 국민적 관심이 높아지면서 우리 토종어종 보호와 수생태계 복원, 수산생물 다양성 확보, 수산자원 증대를 위한 다양한 사업이 추진되고 있다(MOF, 2017). 이 중 내수면 수산종묘 방류사업은 대부분의 방류종들이 지역 어업인의 요구에 의해 방류되는 경제성이 높은 어종들이며, 그 지역에서 주요 어업 대상으로 이용될 만큼 비교적 풍부하였던 어종들이었으나, 현재는 자원량이 급감하고 있다.

수생태계의 변화를 관찰하기 위한 어류군집의 동태나 변화에 대한 연구와 더불어, 최근에는 어류 개체군의 전장-체중의 상관성을 통한 질적 연구가 이루어지고 있다(Seo 2005; Han *et al.*, 2007; Go *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2020; Lee *et al.*, 2021). 어류 개체군의 전장과 체중의 상관관계는 서식 환경에 대한 어류의 건강성 및 생태적인 특징이 반영되며, 미래의 어류상 변화 가능성을 예측할 수 있는 유용한 지표로 사용되고 있다.

최근 4대강 사업 등으로 정수역이 증가하면서 배스와 블루길 등 생태계교란 외래종뿐 아니라 강준치, 꼬리, 누치 등 국내에 분포하던 정수성 어류의 개체군이 많이 증가하고 있다(Lee *et al.*, 2013; Jang and Bac, 2020). 이 중 강준치(*Erythroculter erythropterus*)는 외래 도입종은 아니지만 정수역인 중하류에 주로 서식하던 토종담수어로 인공 댐 호와 4대강 사업으로 만들어진 정수역에 이입되어 강한 포식성 때문에 유용한 토종 수산자원의 감소에 영향을 주고 있으며(Kim, 2002; Yoon *et al.*, 2012), 일부 지자체에서 무용 수산자원으로 선정하고 수매를 통한 자원량 관리가 이루어지고 있는 중이다. 특히 아산호는 지자체인 경기도와 아산시에 의해 지속적인 수매가 이루어지고 있으며, 충주호에서도 어획되는 강준치의 비율이 전체 출현 수산자원의 절반

을 넘고 있다고 알려지며 그 자원량이 빠르게 증가하고 있다. 그러나 이러한 현실에도 불구하고 우리나라의 강준치 개체군의 생물학적 특성이나 자원량 추정에 대한 연구는 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 어로어업이 많이 이루어지고 있는 인공호수 중 강 하류의 평지에 위치한 아산호와 강 중류의 계곡형 호수인 충주호에서 어민들이 주로 사용하는 어구인 삼각망에서 채집된 어류의 종 구성을 비교 분석하고, 이곳에서 우점종으로 출현하는 강준치 개체군에 대한 전장-체중 상관관계를 통해 두 수계의 강준치 개체군의 특성을 파악하여, 지속 가능한 내수면 수산자원조성과 관리를 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 기간

조사수역은 같은 인공호수지만 호수의 형태가 다른 평지형 인공호인 아산호(평택호)와 계곡형 인공호인 충주호 2개의 수역으로 하였다. 조사지점은 주로 어로어업이 이루어지고 있는 지점으로 선정하였으며, 아산호는 아산만방조제 인근 평택시 현덕면과 아산시 영인면 중간수역 3지점(St.1, St.2, St.3), 충주호는 충북 제천시 한수면 인근 3지점(St.4, St.5, St.6)에 그물을 설치하였다(Fig. 1).

조사일시는 강준치의 산란시기로 알려진 하절기로 2021년 6월 초부터 9월 말까지 총 3회에 걸쳐 채집하였으며, 수역별 상세 조사시기와 조사시기별 수온은 아래와 같다.

아산호

- 1차 : 2021.06.09.~06.15. (수온 23.6~25.3°C)

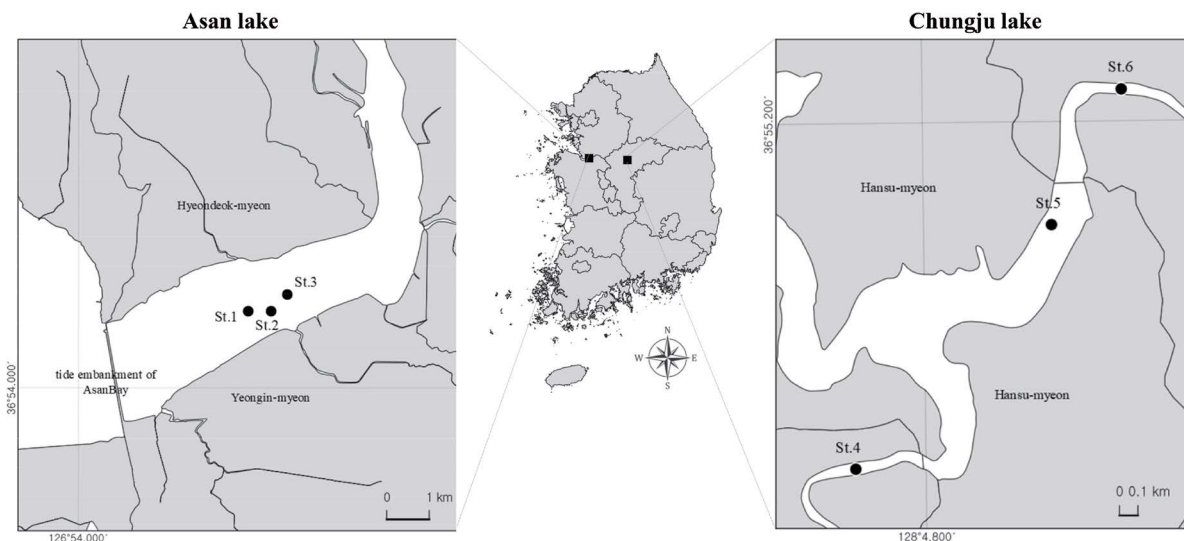


Fig. 1. Location of the sampling areas of Asan lake and Chungju lake in Korea.

- 2차 : 2021.07.21.~07.27. (수온 29.3~31.4°C)
- 3차 : 2021.09.25.~10.01. (수온 23.2~23.3°C)

충주호

- 1차 : 2021.06.08.~06.14. (수온 23.0~25.7°C)
- 2차 : 2021.07.20.~07.26. (수온 28.5~30.0°C)
- 3차 : 2021.09.24.~09.30. (수온 23.7~23.5°C)

2. 조사방법

1) 채집 및 등징

어류의 채집을 위하여 댐·호수에서 어부들이 많이 사용하고 있으며, 특정 종과 크기에 대한 선택성이 낮은 삼각망을 사용하였다. 채집이 이루어진 삼각망 자루그물의 망목 크기는 앞자루 33.7 mm, 끝자루 27.5 mm이었다. 조사시기별 총 3틀의 삼각망을 조사정점에 설치하였고, 3일 후 양망하였으며, 반복하여 1회 더 동일 방법으로 채집하였다. 조사수역에 휴대용 측심계(SM-5, Speedtech Inc., USA)를 사용하여 수심을 측정하였고, 아산호 2.0~2.3 m, 충주호서 1.0~8.8 m에 그물을 설치하였다. 채집된 어류는 Kim and Park (2007), Kim *et al.* (2005)을 참고하여 등징하였으며, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다. 채집 현장에서 전장(TL), 체장(SL), 체중(TW)을 측정하였고, 전장 및 체장은 1 mm, 무게는 0.1 g 단위로 측정하였다.

2) 군집 분석

군집 분석은 각 조사지역의 조사시기별 결과를 합산하여 우점도(McNaughton, 1967), 다양도(Shannon and Weaver, 1963), 균등도(Pielou, 1966), 풍부도(Margalef, 1958) 지수를 산출하였다.

3) 전장-체중 상관관계 및 비만도 지수

아산호와 충주호의 우점종인 강준치를 대상으로 전장-체중 상관관계를 분석하였다. 전장-체중 상관관계는 Anderson and Gutreuter (1983)의 $W = aL^b$ ($W = \text{weight (g)}$, $L = \text{Total length (mm)}$, a and $b = \text{parameters}$)를 이용하였으며, 비만도 지수(condition factor, K)는 Anderson and Neumann (1996)의 $K = W/L^3 \times 10^3$ 을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 아산호에서 채집된 어류 종 조성

2021년 6, 7, 9월 아산호에서 실시한 어류 조사 결과 5목 6과에 속하는 총 13종이 채집되었으며, 총 출현개체수는 4,977개체, 생체량(biomass)은 589,823 g이었다(Table 1). 분류군별 출현

종은 잉어과(Cyprinidae) 어류가 6종으로 4,834개체(97.1%)가 출현하여 우점하였고, 다음으로 동자개과(Bagridae)가 110개체(2.2%) 출현하였다. 출현개체수로 우점종은 강준치로 4,470개체(89.8%)가 출현하였으며, 다음으로 붕어(*Carassius auratus*)가 154개체(3.1%)로 아우점종이었고, 이외의 종은 모두 1.0% 미만이었다. 생체량에서도 강준치가 498,424 g (84.5%)으로 우점종이었고, 다음으로 잉어(*Cyprinus carpio*) 25,637g (4.3%), 누치(*Hemibarbus labeo*) 19,878 g (3.4%) 순이었다. 조사시기 중에 7월의 출현개체수와 생체량이 3,117개체와 245,918 g으로 조사기간에 전체 출현량의 개체수로 62.6%, 생체량의 41.7%를 차지하였다. 특히 강준치와 누치의 출현량이 6, 9월에 비하여 2배 이상 많았다. 중요 수산자원이며, 회유종인 뱀장어(*Anguilla japonica*)는 7월에 8개체로 가장 많이 어획되었고, 붕어는 9월에 129개체로 전체 기간 중 83.8%를 차지하였다. 주로 기수역인 강 하구에 출현하는 송어(*Mugil cephalus*)는 9월에 2개체, 가승어(*Chelon haematocheilus*)는 전 기간에 걸쳐 총 11개체가 출현하여 아직도 댐 축조 전의 하구의 특징이 남아 있었다.

본 조사와 동일한 채집 어구인 삼각망을 사용하여 조사된 거리의 아산호 어류 출현 특성을 살펴보면(Kim *et al.*, 2008), 주요 수산자원인 종(붕어, 잉어)과 생태계 교란종(블루길, 배스)의 상대풍부도가 각각 49.5, 48.3%이었고 특히 이때 강준치의 출현 상대풍부도가 2.2%로 매우 낮았다. 그러나 본 연구에서는 강준치가 상대풍부도에서 89.8%를 차지하였으며, 수산자원으로 이용하는 종(뱀장어, 잉어, 붕어, 떡붕어, 동자개, 메기)과 생태계 교란종의 상대풍부도가 각각 6.3, 0.2%로 현저하게 감소하였다. 이러한 군집의 변화는 강준치가 정수성 종으로 섭식과 번식이 뛰어나고, 수질오염에 대한 내성도 강하여 댐이라는 정수 환경이 조성된 아산호에 정착하게 되면서 최상위 포식자로서 우점종이 되었고, 기존 분포종들은 대부분이 감소하였다.

2. 충주호에서 채집된 어류 종 조성

2021년 6, 7, 9월 충주호에서 실시한 어류 조사 결과 총 7목 8과 18종이 확인되었으며, 출현개체수와 생체량은 각각 2,436개체, 389,231 g이었다(Table 2). 분류군별 출현 어종은 잉어과(Cyprinidae) 어류가 10종으로 1,933개체(79.4%)가 출현하며 가장 우점하였고, 다음으로 검정우럭과(Centrachidae) 2종이 287개체(11.8%), 꺾지과(Centropomidae) 1종이 180개체(7.4%)가 채집되었다. 출현개체수 비율이 가장 높은 어종은 강준치로 1,327개체(54.5%)였고, 치리(*Hemiculter eigenmanni*)가 392개체(16.1%)로 아우점종이였으며, 다음으로 블루길 275개체(11.3%), 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 180개체(7.4%) 순이었다. 충주호 이전 조사인 Kim *et al.* (2005)의 결과, 제천 수역의 우점종은 누치(53.2%), 아우점종은 강준치(18.2%), 다음으로 쏘가리(14.3%) 순이었지만, 본 조사에서는 강준치, 치리 등 국내

Table 1. Species composition of fishes collected by fyke net in the Asan lake, Korea in 2021

Scientific name	9~15. June		21~27. July		25~01. Sep.		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	%N	W	%W
Anguillidae										
<i>Anguilla japonica</i>	1	464	8	3,441			9	0.2	3,905	0.7
Cyprinidae										
<i>Cyprinus carpio</i>	23	20,941	2	1,569	15	3,126	40	0.8	25,637	4.3
<i>Carassius auratus</i>	16	3,281	9	1,050	129	13,321	154	3.1	17,652	3.0
<i>Carassius cuvieri</i>	1	1,221					1	0.0	1,221	0.2
<i>Hemibarbus labeo</i>	31	2,426	77	11,213	38	6,240	146	2.9	19,878	3.4
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	1	70	3	113	19	964	23	0.5	1,148	0.2
<i>Erythroculter erythropterus</i>	570	150,821	2,972	220,095	928	127,509	4,470	89.8	498,424	84.5
Bagridae										
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	38	4,655	38	3,457	34	3,167	110	2.2	11,279	1.9
Siluridae										
<i>Silurus asotus</i>			1	102	1	38	2	0.0	140	0.0
Mugilidae										
<i>Mugil cephalus</i>					2	739	2	0.0	739	0.1
<i>Chelon haematocheilus</i>	1	1,177	4	2,815	6	3,061	11	0.2	7,052	1.2
Centrarchidae										
<i>Lepomis macrochirus</i>	4	133			1	16	5	0.1	149	0.0
<i>Micropterus salmoides</i>	1	537	3	2,064			4	0.1	2,600	0.4
Total (N, W, %N, %W)	687	185,724	3,117	245,918	1,173	158,181	4,977	100	589,823	100
Number of family	4		6		5		6			
Number of species	11		10		10		13			

N, number of individuals; W, biomass (g).

다른 수계에서 이입된 것으로 추정되는 종이 우점종과 아우점종이었고, 수산자원으로 중요한 쏘가리의 상대풍부도가 14.3%에서 7.4%로 감소하는 등 어류 군집의 변화를 확인하였다.

생체량에서도 강준치가 301,818 g (77.5%)으로 우점종이었고, 아우점종은 치리 25,735 g (6.6%)였으며, 다음으로 쏘가리로 20,779 g (5.3%)이었다.

조사시기 중 7월의 출현개체수와 생체량이 982개체 및 203,958 g으로 40.3%, 52.4%를 차지하며 가장 많았으며, 특히 6월과 9월에 비하여 강준치, 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 피라미(*Zacco platypus*)의 출현이 증가하였다. 6월에는 16종이 채집되어 조사기간 중 가장 많은 종이 출현하였으며, 특히 향어(*Cyprinus carpio*)와 참마자(*Hemibarbus longirostris*), 동자개, 가물치(*Channa argus*)는 6월에만 출현하였다. 이것은 6월 조사 기간의 수온이 23.6°C에서 25.3°C으로 상승하면서 일반적인 어류들의 산란시기와 일치한 것과 관련되었으며, 이는 다른 연구 결과와도 일치하였다(Cunter, 1967; McLusky, 1989; Abookire *et al.*, 2000). 계절별 우점종을 살펴

보면, 6, 7월 모두 강준치가 우점하였고 9월에는 블루길 197개체(36.6%)로 개체수로 우점종이었다.

3. 아산호와 충주호의 군집 구조 비교

본 연구 조사 수계의 군집 구조를 분석한 결과(Table 3), 우점도 지수는 아산호 0.93, 충주호 0.71로 아산호가 충주호보다 높게 나타났으며 두 곳 모두 강준치가 우점종으로 확인되었다. 본 조사에서 강준치는 7월에 채집량이 가장 많았고 Kim (2002)에서 산란 이후보다 산란 번식기 기간에 채집량이 많았다는 결과와 일치한다. 특히 아산호의 경우, 7월의 강준치의 채집량이 6, 9월보다 3~5배나 많았으며, 이는 그물 설치 구역의 수심이 2 m 이내의 수초가 많은 곳으로 강준치가 산란을 위해 이동하는 과정에서 다량 채집되었다.

아산호와 충주호에서의 다양도 지수는 각각 0.50, 1.51, 균등도 지수는 0.20, 0.52, 풍부도 지수는 1.41, 2.18로 분석되었다. 다양도, 균등도, 풍부도 지수는 모두 충주호가 아산호보다 높게 분석되어, 충주호가 비교적 안정된 군집 구조를 유지하는 것으

Table 2. Species composition of fishes collected by fyke net in the Chungju lake, Korea in 2021

Scientific name	9~15. June		21~27. July		25~01. Sep.		Total			
	N	W	N	W	N	W	N	%N	W	%W
Anguillidae										
<i>Anguilla japonica</i>	2	430	1	184	1	311	4	0.2	925	0.2
Cyprinidae										
<i>Cyprinus carpio</i>	2	2,858			3	190	5	0.2	3,048	0.8
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type)	1	3,552					1	0.0	3,552	0.9
<i>Carassius auratus</i>	10	1,244			7	301	17	0.7	1,545	0.4
<i>Pungtungia herzi</i>			1	25			1	0.0	25	0.0
<i>Hemibarbus labeo</i>	22	2,934	26	2,752	21	2,409	69	2.8	8,095	2.1
<i>Hemibarbus longirostris</i>	1	60					1	0.0	60	0.0
<i>Zacco platypus</i>	9	373	53	1,667	12	373	74	3.0	2,413	0.6
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	7	1,305	22	3,221	17	3,979	46	1.9	8,505	2.2
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	262	16,813	110	7,994	20	928	392	16.1	25,735	6.6
<i>Erythroculter erythropterus</i>	476	68,250	701	181,920	150	51,648	1,327	54.5	301,818	77.5
Bagridae										
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	10	654					10	0.4	654	0.2
Siluridae										
<i>Silurus asotus</i>	2	362	1	774	5	950	8	0.3	2,086	0.5
Osmeridae										
<i>Plecoglossus altivelis</i>	12	432	1	31			13	0.5	463	0.1
Centropomidae										
<i>Siniperca scherzeri</i>	37	4,619	47	4,594	96	11,566	180	7.4	20,779	5.3
Centrarchidae										
<i>Lepomis macrochirus</i>	62	2,642	16	712	197	4,144	275	11.3	7,498	1.9
<i>Micropterus salmoides</i>			3	84.1	9	857.1	12	0.5	941	0.2
Channidae										
<i>Channa argus</i>	1	1,091					1	0.0	1,091	0.3
Total (N, W, %N, %W)	916	107,618	982	203,958	538	77,656	2,436	100	389,231	100
Number of family	8		6		5		8			
Number of species	16		12		12		18			

N, number of individuals; W, biomass(g).

Table 3. Fish community index at Asan lake and Chungju lake, Korea from June to September, 2021

Index	Asan lake	Chungju lake
Dominance	0.93	0.71
Diversity	0.50	1.51
Evenness	0.20	0.52
Richness	1.41	2.18

로 나타났다. 충주호가 아산호보다 풍부한 수량과 넓은 수면, 심한 굴곡과 경사도로 인해 다양한 어종이 서식하기에 적합한 수계 환경을 보여주고 있는 것과 관련된 것으로 사료된다.

4. 수계별 강준치의 건강도 분석

1) 개체군의 연령 추정

본 조사에서 아산호와 충주호의 우점종인 강준치를 대상으로 전장빈도분포도를 분석하였으며, 이를 통해 향후 개체군의 성장이나 안정 여부를 간접적으로 판단할 수 있다. 현재까지 보고된 강준치의 연령에 따른 전장 조성은 Kim and An (2021)에서 아가미뚜껑을 통해 200 mm 전후는 만 3년생, 250 mm 전후는 만 4년생, 300 mm 전후는 만 4~5년생으로 분류한 바가 있으며, 이를 참고하여 전장빈도분포법(Ricker, 1971; Bagenal, 1978)을 이용하여 조사시기별 연령 구조를 추정할 결과는 Fig. 2와 같다.

아산호에서의 강준치 연령 구조를 분석한 결과, 6월에 만 2~3

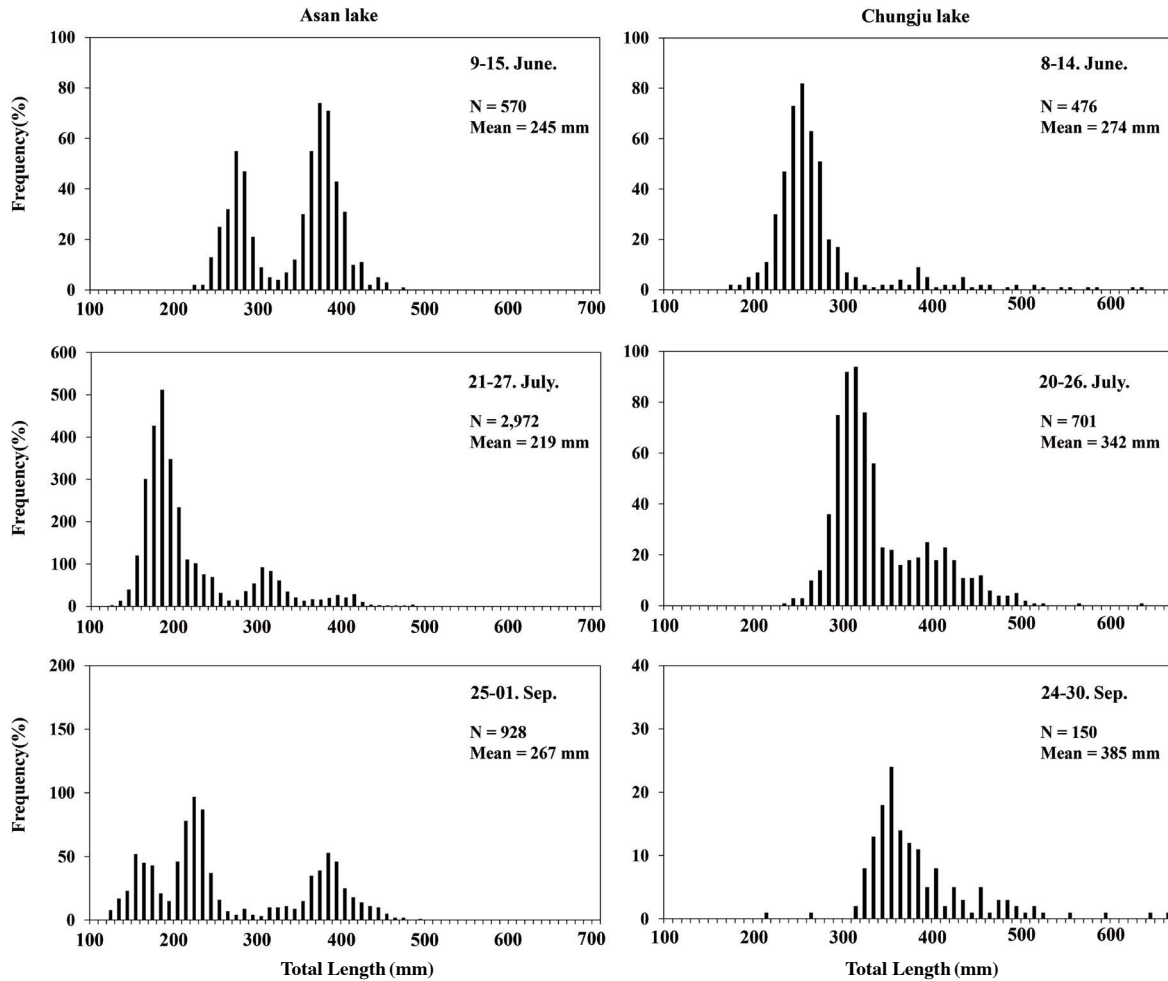


Fig. 2. Length frequency distribution of *Erythroculter erythropterus* caught by fyke net in the Asan lake and Chungju lake, Korea from June to September, 2021.

년생은 220~330 mm (215개체), 만 4~5년생 330~440 mm (348개체)이었고, 7월에서 만 1~2년생은 120~270 mm (2,402개체), 만 3~4년생 270~360 mm (411개체), 만 4~5년생 360~460 mm (149개체)이었으며, 9월에서 만 1~2년생은 120~200 mm (224개체), 만 3년생 200~310 mm (388개체), 만 4~5년생 310~480 mm (315개체)로 추정되었다. 조사시기마다 개체군의 성장은 만 2~3년생에서 40~50 mm, 만 4~5년생에서 20~30 mm로 어린 개체군에서의 성장률이 높았다. 산란기인 7월에 만 2~3년생의 출현이 급격히 증가하고 이 시기에 잡힌 암컷에서 산란직전의 포란상태를 유지하고 있어서 아산호 강준치 개체군이 산란에 참여하는 주 연령군은 만 2~3년생으로 사료되었으며, 생식소 성숙도에 대한 후속 연구를 통해 정확한 주요 산란 연령의 확인이 필요하였다. 전 연령의 전장분포를 살펴보면, 만 1~2년생의 출현 빈도가 높고 2~3개의 최빈값을 보이는 다봉분포가 나타났으며, 이를 통해 아산호의 강준치는 연령별 전장 조성의 차이가 뚜렷한 안정된 개체군을 이루고 있으며 왕성한 번식과

함께 지속적인 성장 가능성이 있음을 보여준다.

충주호에서의 강준치 연령 구조를 분석한 결과, 6월에서 만 2~3년생 170~340 mm (425개체)이 대부분을 차지하였고, 만 4~5년생인 340~430 mm (29개체)이었다. 7월에서 만 2~3년생은 230~370 mm (521개체), 만 4~5년생인 370~450 mm (143개체)이었으며, 9월에는 만 2~3년생은 310~390 mm (102개체), 만 4~5년생 390~470 mm (30개체)로 추정되었다. 아산호의 강준치 개체군과 비교할 때, 연령별 크기 차이가 크지 않고 만 2년생 이상의 고 연령군의 개체들이 우세하며 만 1년생으로 추정되는 개체들은 출현하지 않는 것으로 보아 번식에 의한 개체수 증가는 억제되면서 현 상태가 유지되거나 개체군의 성장이 둔화할 것으로 판단된다(Gulland and Rosenberg, 1992).

아산호와 충주호에서 강준치 연령 구조의 차이는 주변 환경이나 군집 구조, 개체군의 밀도, 먹이자원 등에 따라 성장이 조절되는 것과 관련된다.

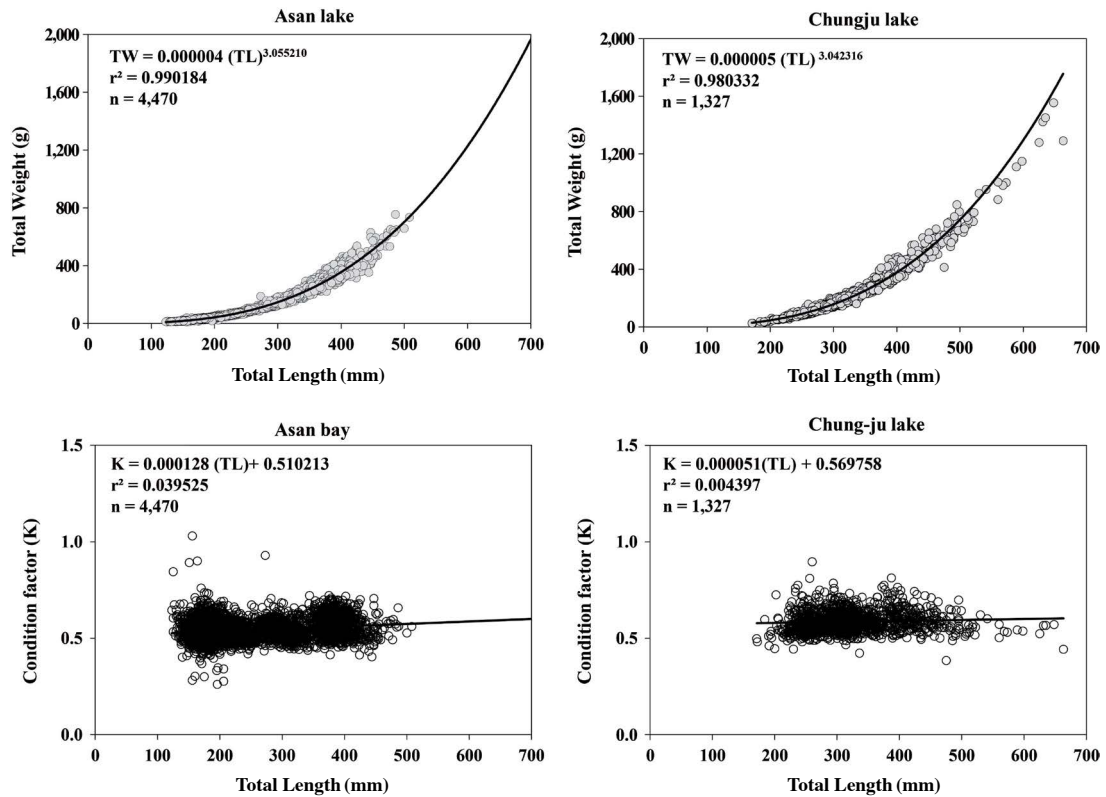


Fig. 3. Relationships between total length and weight, and the between the total length and condition factor (K) for the *Erythroculter erythropterus* population in the Asan lake and Chungju lake, Korea from June to September, 2021.

2) 개체군의 전장 - 체중 관계

강준치의 전장과 체중 상관관계와 비만도 지수(K)를 분석하였다. 어류의 전장과 체중을 활용한 분석은 주어진 환경에서 어류의 건강 상태 및 성숙 정도를 파악하는 등 개체군의 평가에 광범위하게 사용되어왔다(Ecoutin *et al.*, 2005; Nowak *et al.*, 2009). 길이 - 무게 상관관계(TLW)에서 회귀계수 b 값이 3.0 이상일 경우 개체군의 성장이 비교적 양호하다고 판단하며, 비만도 지수 값의 증감에 따라서 어류개체군의 에너지 축적상태를 설명할 수 있다(Seo, 2005; Choi *et al.*, 2007).

아산호와 충주호에서의 강준치 개체군의 회귀계수 b 값은 각각 3.06, 3.04, 비만도 지수의 기울기 값은 각각 0.000128, 0.000051로 모두 양의 기울기 값으로 분석되었으며 두 수계 모두 생육상태가 양호한 것으로 나타났다(Fig. 3). 평균 비만도 지수는 아산호 0.54, 충주호 0.59로, 충주호에서 비만도 지수가 높은 큰 개체들의 출현비율이 높아 아산호보다 비교적 높게 나타났다.

동일한 수계의 개체군일지라도 산란시기, 먹이섭이, 서식환경, 건강상태 등에 따라 K값 차이가 나타나며(Hanks *et al.*, 2007), 본 조사에서는 주 산란시기와 산란시기 전후의 강준치의 비만도 지수를 비교하였다(Fig. 4).

강준치 개체군의 비만도 지수의 기울기 값은, 아산호에서 6월 0.000435, 7월 0.000041, 9월 -0.000176이었으며, 충주호에서는 6월 0.000104, 7월 0.000022, 9월 -0.000228이었다. 두 수계 모두 6월의 기울기 값이 가장 높았고, 7, 9월로 갈수록 기울기 값이 낮아졌으며 9월에는 음의 기울기 값을 나타내었다. 강준치의 산란시기는 5~7월로 알려져 있으며 6월 조사 후기부터 수온이 25°C 이상으로 상승하였고, 채집된 개체들이 완전히 포란하고 있어서 주 산란시기로 확인되었으며, 7월까지 산란에 참여하는 개체들이 확인되었지만 3차 조사인 9월 조사시기에는 수온이 23~24°C로 내려갔으며, 충주호와 아산호 모두 채집된 강준치가 산란이 완료된 것이 확인되었다. 산란 후인 9월에는 영양 상태가 회복되지 못하고 충주호와 아산호 모두 비만도 지수에서 음의 기울기를 보여주고 있었다(Fig. 4).

본 조사 결과와 같이 강준치가 우점하고 있는 지역의 일부 지자체에서는 생태계 보전을 위해 매년 사업비를 들여 강준치 수매사업을 진행해 왔으나 그 활용 가치가 낮아 극히 일부만 사료나 액비 제조로 사용되고 나머지는 폐기 처리되고 있다. 장기적인 관점에서, 효율적 자원관리를 위해서는 강준치를 단순 수매에만 그치는 것이 아니라 먹거리, 미끼 등 다양한 활용 방안 마련이 필요한 것으로 보인다.

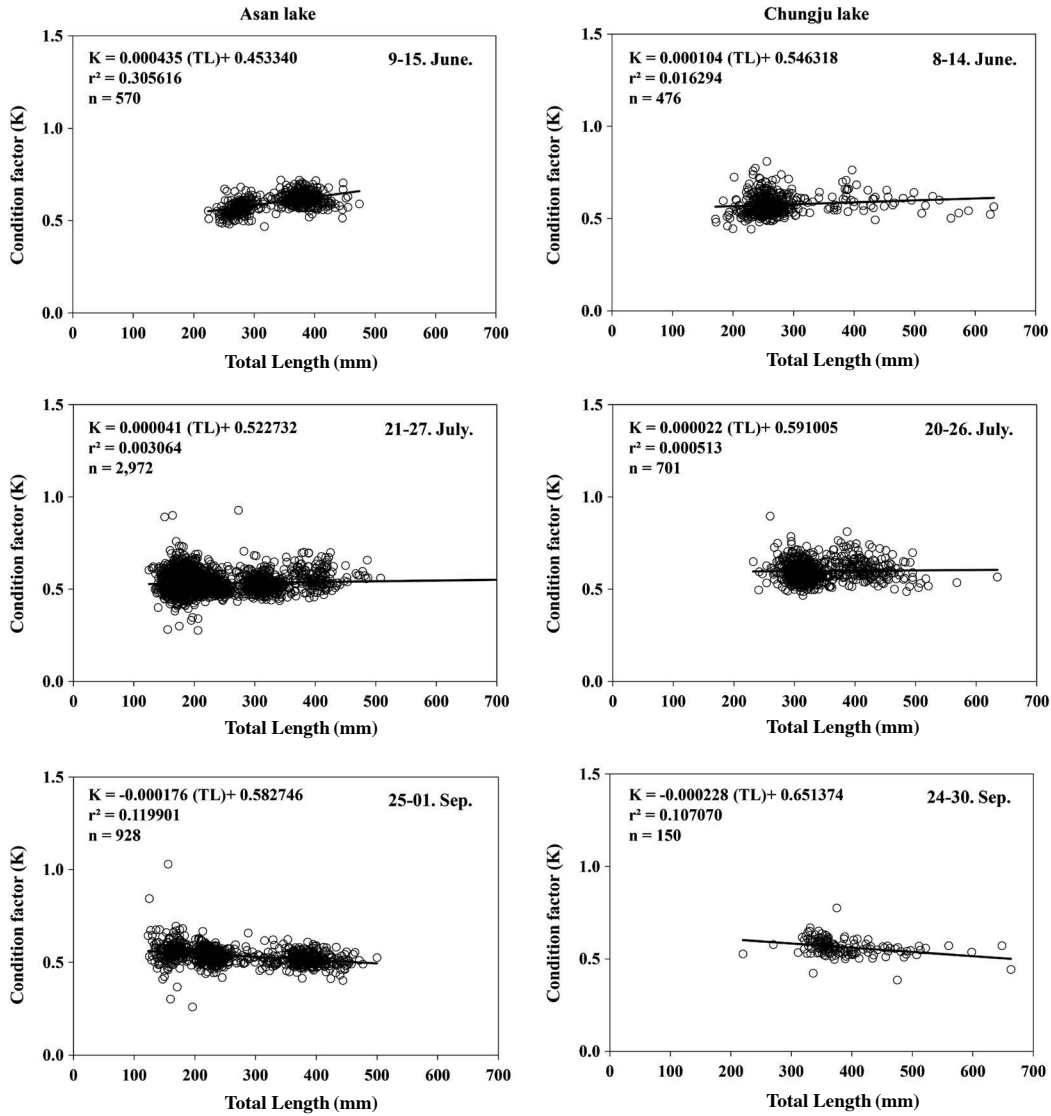


Fig. 4. Changes of condition factor (K) of the *Erythroculter erythropterus* population in the Asan lake and Chungju lake, Korea from June to September, 2021.

요 약

아산호와 충주호에서 2021년 6~9월 사이에 삼각망에서 채집된 어류의 종 구성과 강준치(*Erythroculter erythropterus*) 개체군의 전장-체중 상관관계를 조사하였다. 조사기간 동안 아산호에서는 6과 13종 4,977개체, 충주호에서는 8과 18종 2,436개체가 채집되었다. 아산호의 우점종은 생체량 및 개체수에서 모두 강준치로 각각 498,424 g (84.5%), 4,470 (89.8%)이었으며, 충주호의 우점종 또한 강준치로, 생체량 301,818 g (77.5%), 개체수 1,327 (54.5%)이었다. 우점종인 강준치의 전장분포도 분석을 통해 연령구조를 추정하였으며, 아산호에서는 만 1~2년생의 출현 비율이 높아 개체군의 성장 가능성이 크고, 충주호에서는 만 2년

생 이상의 고 연령군의 출현이 대부분을 차지하여 비교적 개체군의 성장이 억제될 것으로 사료된다. 강준치 개체군의 전장-체중 상관관계를 분석한 결과, 아산호와 충주호에서의 b 값은 각각 3.06, 3.04, 비만도(K) 기울기 값은 각각 0.000128, 0.000051로 모두 양의 생육상태를 보였다. 조사시기별 비만도 기울기 값은, 6월이 가장 높았고 산란으로 인해 7월에는 낮아졌으며 9월까지도 영양 상태를 회복되지 못하고 음의 기울기가 나타났다.

사 사

본 연구는 해양수산부의 재원으로 해양수산과학기술진흥원의

어업현장의 현안해결 지원사업의 지원을 받아 연구되었습니다 (1525011389).

REFERENCES

- Abookire, A.A., J.F. Piatt and M.D. Robards. 2000. Nearshore fish distributions in an Alaskan estuary in relation to stratification, temperature and salinity. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 51: 45-59. <https://doi.org/10.1006/ecss.1999.0615>.
- Anderson, R.O. and S.J. Gutreuter. 1983. Length, weight, and associated structural indices. In: Nielson, L.A. and D.L. Johnson (eds.), *Fisheries Techniques*. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, U.S.A., pp. 283-300.
- Bagenal, T. 1978. *Methods for assessment of fish production in fresh waters*, 3rd ed. Blackwell Scientific Publication, London, U.K., pp. 48-116.
- Choi, J.S., S.C. Park, Y.S. Jang, K.Y. Lee and J.K. Choi. 2006. Population dynamics of Korean Chub (*Zacco koreanus*, Cyprinidae) in the upstream and downstream of lake Hoengseong. *Kor. J. Env. Eco.*, 20: 391-399.
- Choi, M.J., H.K. Park, S.H. Yun and J.H. Lee. 2012. Fish community and stream health assessment in lake Chungju and its tributaries. *J. Korean Soc. Water Environ.*, 28: 185-196.
- Choi, W.S., J.S. Han, J.K. Choi and H.G. Lee. 2020. Fish fauna and characteristics of *Carassius auratus* population in the Boryeong Reservoir. *Korean J. Environ. Biol.*, 38: 667-677. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2020.38.4.667>.
- Cunfer, G. 1967. Some relationships of estuaries to the fisheries of Gulf of Mexico. American association for the advancement of science, Washington D.C., U.S.A., pp. 621-638.
- Ecoutin, J.M., J.J. Albert and S. Trape. 2005. Length-weight relationships for fish populations of a relatively undisturbed tropical estuary: The Gambia. *Fish. Res.*, 72: 347-351. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2004.10.007>.
- Gulland, J.A. and A.A. Rosenberg. 1992. A review of length-based approaches to assessing fish stocks. *FAO Fisheries Technical Paper*. No. 323. FAO, Rome, Italy, 100pp.
- Han, S.C., H.Y. Lee, E.W. Seo, J.H. Shim and J.E. Lee. 2007. Fish fauna and weight-length relationships for 9 fish species in Andong reservoir. *J. Life Sci.*, 17: 937-943. <https://doi.org/10.5352/JLS.2007.17.7.937>.
- Jang, C.R. and Y.S. Bae. 2020. Changes in ichthyofauna of Hapcheon lake and characteristics of the Bluegill, *Lepomis macrochirus* population. *Korean J. Environ. Ecol.*, 34: 543-550. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2020.34.6.543>.
- Jang, Y.K. and S.R. Jeon. 1996. A study on annual changes in the aquatic environment of Asan lake. *J. of Natural Sciences, Sookmyung Women's Univ.*, 7: 63-69.
- Ki, B.M., B.M. Lim, E.H. Na and J.H. Choi. 2010. A study on the nutrient release characteristics from sediments in the Asan reservoir. *J. Korean Soc. Environ. Eng.*, 32: 1-8.
- Kim, B.S., K.H. Park, Y.K. Park, M.H. Joeng, A.S. You, Y.J. Yang, J.H. Choi, O.K. Kwon and Y.J. Ahn. 2008. Assessment of the health of fish species collected in agricultural reservoirs, AsanHo and NamyangHo. *Korean J. Pestic. Sci.*, 12: 57-66.
- Kim, C.H., W.O. Lee, K.E. Hong and H.J. Jeon. 2005. Ichthyofauna and fish community structure in lake Chungju, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 17: 264-270.
- Kim, D.H. and K.G. An. 2021. Ecological characteristics and risk assessment of *Erythroculter erythropterus*, an aquatic top predator. In: *Proc. of the Korean Society of Environment and Ecology Conference*, Korea, Oct. 15 2021, p. 53.
- Kim, D.K., H. Jo, W.O. Lee, K.Y. Park and I.S. Kwak. 2020. Evaluation of length-weight relations for 15 fish species (Actinopterygii) from the Seomjin River basin in South Korea. *Acta Ichthyol. Piscat.*, 50: 209-213. <https://doi.org/10.3750/AIEP/02787>.
- Kim, D.S. 2002. A study of fishing gear for Skygager (*Erythroculter erythropterus*). *Korean J. Aquaculture*, 14: 75-87.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. *Freshwater fishes of Korea*. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 467pp.
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim. 2005. *Illustrated Book of Korean Fishes*. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 615pp.
- Ko, D.G., J.H. Han and K.G. An. 2012. Length-weight relations and condition factor (K) of *Zacco platypus* along trophic gradients in reservoir ecosystems. *Korean J. Limnol.*, 45: 174-189.
- Lee, J.H., J.H. Han, B.J. Lim, J.H. Park, J.K. Shin and K.G. An. 2013. Comparative analysis of fish fauna and community structures before and after the artificial weir construction in the mainstreams and tributaries of Yeongsan river watershed. *Korean J. Ecol. Environ.*, 46: 103-115. <https://doi.org/10.11614/KSL.2013.46.1.103>.
- Lee, K.Y., H. Jang, Y. Yun, S. Park, J.C. Kim, J. Lee and J. Choi. 2014. Ecological diagnosis of the Gongjicheon water system using length-weight relationships and condition factor (K) of population of the *Zacco platypus*. *J. Environ. Impact Assess.*, 23: 137-149.
- Lee, S.H., H.G. Kim, H.B. Jo and I.S. Kwak. 2021. Characteristics of fish communities and length-weight relationships of dominant species (*Zacco platypus*) in Seomjin river. *Korean J. Limnol.*, 54: 12-23. <https://doi.org/10.11614/KSL.2021.54.1.012>.
- Lee, S.J., S.H. Go and Y.I. Kim. 2014. A study on the current status and ecological restoration plan of estuaries in Chungcheongnam-do. *Strategic Research 2014-23*, Chungnam Development Institute, Gongju, Korea, 53pp.
- Lee, W.O., K.H. Kim, J.H. Kim and K.E. Hong. 2008. Study of freshwater fish fauna and distribution of introduced species of Mankyeong river, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 20: 198-209.
- Margalef, R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3: 36-71.

- McLusky, D.S. 1989. The Estuarine ecosystem, 2nd ed. Chapman & Hall, New York, U.S.A., 215pp.
- McNaughton, S.J. 1967. Relationship among functional properties of Californian grassland. *Nature*, 216: 168-169. <https://doi.org/10.1038/216168b0>.
- MOF (Ministry of Oceans and Fisheries). 2017. The 4th Inland Fishery Promotion Basic Plan. Ministry of Oceans and Fisheries, Sejong, Korea, pp. 30-42.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world, 4th ed. John Wiley & Sons Inc., New York, U.S.A., pp. 15-467.
- Nowak, M., W. Popek, W. Jagusiak, S. Deptula, J. Popek, K. Tator, K. Kleczar and P. Epler. 2009. Weight-length relationships for three fishes (*Leuciscus leuciscus*, *Phoxinus phoxinus*, *Salmo trutta*) from the Strwiaz river (Dniester river drainage). *Arch. Pol. Fish.*, 17: 313-316. <https://doi.org/10.2478/v10086-009-0023-y>.
- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13: 131-144. [https://doi.org/10.1016/0022-5193\(66\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0022-5193(66)90013-0).
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. *IBP hand book*, 3: 112-113.
- Seo, J. 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, C.E. and W. Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. Univ. Illinois Press, Urbana, U.S.A., 177pp.
- Yoon, J.D., J.H. Jeong, S.H. Park and M.H. Jang. 2018. The distribution and diversity of freshwater fishes in Korean peninsula. *Korean J. Environ. Ecol.*, 51: 71-85. <https://doi.org/10.11614/KSL.2018.51.1.071>.