

배스가 국내 호소에 서식하는 붕어 개체군에 미치는 영향

이진웅 · 김정희 · 박상현 · 최기룡² · 이혜진³ · 윤주덕¹ · 장민호*

공주대학교 생물교육과, ¹공주대학교 생물자원센터,
²울산대학교 생명과학부, ³낙동강 물환경연구소

Impact of Largemouth Bass (*Micropterus salmoides*) on the Population of Korean Native Fish, Crucian Carp (*Carassius auratus*)

Jin-Woong Lee, Jeong-Hui Kim, Sang-Hyeon Park, Kee-Ryong Choi²,
Hae-Jin Lee³, Ju-Duk Yoon¹ and Min-Ho Jang*

Department of Biology Education, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea

¹Biological Resource Center, Kongju National University, Gongju 314-701, Korea

²School of Biological Sciences, University of Ulsan, Ulsan 680-749, Korea

³Nakdong River Environmental Research Center, National Institute of Environmental Research,
Goryeong 717-873, Korea

Abstract - Exotic species in aquatic ecosystem generate various problems domestically as well as globally. Largemouth bass (*Micropterus salmoides*) which is a well-known exotic species globally, acts as a substantial disturbance factor on the native fish communities in Korea due to the high predation pressure and hence designated as a ecologically harmful species by Ministry of Environment. In this study, we investigated the impact of largemouth bass on Korean native fish population, crucian carp (*Carassius auratus*), to identify responses of the prey fish. Two fish species were collected at seven reservoirs distributed at the Nakdong River catchment area, and changes in length-frequency and length-weight relationship (LWR) were analysed depending on existence of largemouth bass. At bass absent sites, ratio of under age 1 year individuals were small, and over age two years were dominant. Conversely, normal length-frequency distribution pattern was identified at bass absent sites. The LWR of crucian carp (fish smaller than total length of 160 mm were only considered as it is frequently consumed by bass predation) was different depending upon bass existence. The value of parameter b at bass absent reservoirs was 2.909, which was smaller than that of bass present reservoirs, 3.100. Our results imply that crucian carp at bass present reservoirs presented a different strategy to survive from predation by bass, through relatively rapid growth. We propose that other native species might have similar growth strategies like crucian carp.

Key words : largemouth bass, exotic species, curcian carp, length-frequen, length-weight relationship

* Corresponding author: Min-Ho Jang, Tel. 041-850-8285,
Fax. 041-850-8842, E-mail. jangmino@kongju.ac.kr

서 론

지구상의 대부분 생물들은 지역 생태계에 적응하여 생존해 왔기 때문에 지역생물들은 이동의 폭이 넓지 않으며 급변하게 서식지 확장이 일어나지 않는다(Park *et al.* 1998). 그러나 19세기 이후 세계화와 무역활동 증가에 따른 국가간 인적·물적 교류가 확대됨에 따라 외래종들이 식량자원, 연구활동, 생물관리 등 경제적 이유로 의도적으로 도입되거나 인식의 부재나 불법행위로 인하여 비의도적으로 유입되고 있다(Ministry of Environment 2006).

이렇게 들어온 대다수 외래종들이 지역생태계에 위협한 것은 아니지만 일부 외래종들은 토착생태계에 많은 교란을 야기하고 있어 외래종의 유입으로 인한 생태적 안정성 훼손과 경제적 손실 문제가 전 세계적으로 심화되고 있다(Park *et al.* 1998; Ministry of Environment 2006). 그 사례로 미국에서는 20세기 후반에 유입되어 들어온 유럽민물농어(*Gymnocephalus cernuus*)와 바다칠성장어(*Petromyzon marinus*)로 인해 미국 오대호에 서식하는 토착어류 종수가 감소하였으며 이에 대한 방제비용으로 많은 돈이 소비되었다(McPhee and Spaulding 1989; Mcdougall and Eagleburger 1992). 일본의 경우 저수지에서 외래종인 배스(*Micropterus salmoides*), 무지개송어(*Onchorynchus mykiss*), 블루길(*Lepomis macrochirus*)의 출현비율이 높게 나타나 토착어류 및 멸종위기종에 대해 심각한 위협을 주고 있다(Han *et al.* 2008). 이처럼 외래종이 새로운 서식지에 도입되면 경쟁관계의 유사성이 없거나 천적이 없는 경우에 포식성이 높아져 피식자인 어류들을 무분별하게 포식한다(Azuma 1992). 특히 토종 담수어의 감소를 초래하여 생태계 먹이사슬에 큰 교란을 야기한다(Azuma 1992).

국내에 도입된 외래종 중수는 어류의 경우 223종을 넘을 것이라 추정하고 있으며 이 중 15종의 외래어종이 자연수면에 방류되었다(National Institute of Environmental Research 1996). 이후 국내자연환경에 정착한 종은 이스

라엘잉어(*Cyprinus carpio*), 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 배스, 블루길 등이 있다(National Institute of Environmental Research 1996). 하지만 식용목적으로 도입된 블루길과 배스의 경우, 원 목적과는 달리 강한 포식압으로 담수생태계를 교란시키고 있으며 따라서 환경부에서는 야생동식물보호법에 의거하여 생태계교란 야생 동·식물로 지정하여 관리하고 있다(Ministry of Environment 2006).

이러한 생태계교란 야생 동·식물에 관한 연구는 블루길의 경우 블루길의 식성(Byeon and Jeon 1997; Byeon *et al.* 1997), 개체군의 생태(Song *et al.* 2012)에 대한 연구가 이루어졌으며, 배스의 경우 배스의 식성(Son and Byeon 2001; Lee *et al.* 2005; Ko *et al.* 2008; Lee *et al.* 2009), 개체군 생태(Kim *et al.* 1996; Lee *et al.* 2002; Jang *et al.* 2006)에 대한 연구가 다수 이루어졌다. 이처럼 블루길 및 배스에 대한 연구는 지속적으로 이루어지고 있다.

Jang *et al.* (2006)의 연구에 의하면 우리나라에 서식하는 배스의 먹이생물은 주로 잉어과 어류이며, 그 중 토착어류인 붕어를 다수 섭식하는 것으로 나타났다. 붕어는 우리나라 담수 전역에 분포하여 오래 전부터 어족자원으로 높은 가치를 지니고 있다. 하지만 배스와 비슷한 서식환경을 선호하여 배스와 접촉할 기회가 많아 포식될 확률이 높다. 따라서 본 연구는 배스가 담수생태계의 중요한 어족자원인 붕어 개체군에 미치는 영향을 붕어의 Length-frequency 및 길이-무게 상관관계(length-weight relationship)를 이용하여 평가하였으며 본 연구를 토대로 붕어의 자원관리 및 담수생태계 생물관리 그리고 호소관리를 위한 기초자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 조사방법

본 연구는 2010년에서 2012년까지 영남지역인 경상북도, 경상남도, 대구광역시, 울산광역시에 위치하는 총 7개의 호소(안계호, 가창호, 용연지, 연초호, 회야호, 오대지,

Table 1. List of the study sites and GPS (global positioning system) coordination

Reservoir name	Location	GPS	
		Latitude	Longitude
Angyeho	Gyeongjusi, Gyeongsangbukdo	36° 01' 26.00"	129° 15' 52.00"
Gachangho	Dalseonggun, Daegu	35° 47' 25.95"	128° 36' 08.52"
Yongyeonji	Pohangsi, Gyeongsangbukdo	36° 07' 47.38"	129° 17' 28.18"
Yeonchoho	Geojesi, Gyeongsangnamdo	34° 55' 57.80"	128° 40' 18.32"
Hoeyaho	Uljugun, Ulsansi	35° 28' 15.36"	129° 14' 48.76"
Otaeji	Sanjusi, Gyeongsangbukdo	36° 29' 39.35"	128° 07' 23.89"
Jeongyangneup	Hapcheongun, Gyeongsangnamdo	35° 33' 13.58"	128° 09' 44.89"

정양늪)를 대상으로 실시되었다(Table 1, Fig. 1). 조사는 전반기(6월), 후반기(9~10월) 총 2회 조사가 실시되었으며 2010년에는 안계호, 용연지, 회야호에서 2011년에는 오테지, 정양늪에서 2012년에는 연초호에서 이루어졌다. 가창호의 경우 2010년과 2012년에 걸쳐 조사가 이루어졌다.

조사는 투망(망목 7×7 mm), 족대(망목 5×5 mm), 자망을 이용하여 실시하였다. 투망은 각 지점에서 10회 이상 투척하였으며, 족대는 조사가 가능한 지점에서 30분에 걸쳐 어류를 채집하였다. 다양한 크기의 어류를 채집하기 위해 망목의 크기가 다른 두 종류의(5절: 삼중망,

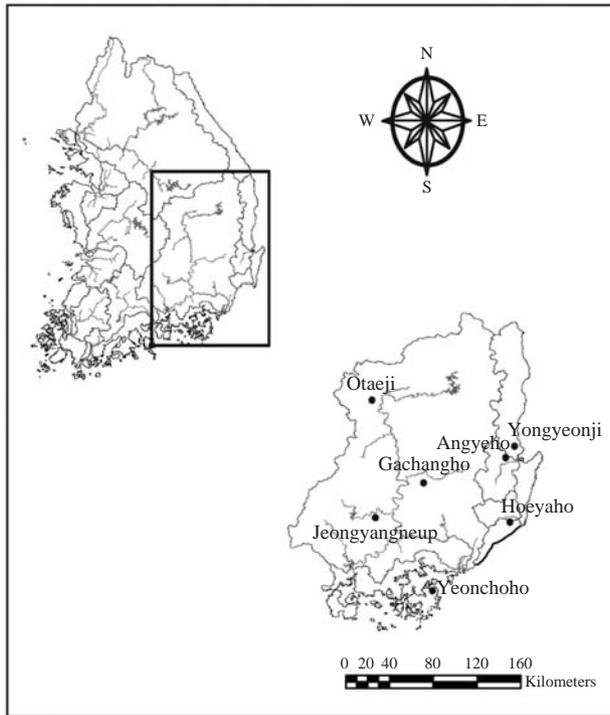


Fig. 1. The map showing the study sites in the Nakdong River catchment area.

망목 40×40 mm, 높이 150 cm, 길이 50 m; 12절: 삼중망, 망목 12×12 mm, 높이 85 cm, 길이 30 m) 자망을 혼용하여 지점마다 총 80 m 구간에 설치가 이루어졌다. 호소마다 최대한 동일한 시간에 설치하였고 설치시간은 해지는 시간과 해뜨는 시간을 포함하여 12시간 이상 정치하였다. 채집된 어류들은 Kim and Park (2002)을 이용하여 동정한 후 전장 (total length, mm), 무게 (total weight, g)를 측정하였다.

2. 분석방법

전체 7개의 호소조사 결과, 4개의 호소(안계호, 가창호, 용연지, 연초호)에서 배스가 출현하였고 3개의 호소(회야호, 오테지, 정양늪)에서는 출현하지 않았다(Table 2).

이를 토대로 배스의 서식 유무에 따라 붕어 개체군의 Length-frequency를 구하였고, 붕어의 전장과 무게를 이용한 붕어 개체군을 평가하기 위해 평가방법인 Lecren (1951)의 식을 이용하였다.

$$W = aL^b$$

W=total weight (g), L=total length (mm),

a와 b=parameters

배스의 서식 유무에 따른 붕어 개체들의 전장 차이에 관한 통계적 유의성 검정을 위하여 Mann-Whitney U test를 실시하였다. 분석에는 통계 패키지인 SPSS (ver. 18.0)를 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

Kim *et al.* (2002)에 의하면 붕어는 일반적으로 생후 1년에 전장 140~160 mm, 2년에 160~180 mm, 3년이면 200~230 mm까지 성장하고, 전장 300 mm가 되기까지 10년이 소요된다. 본 연구에서 배스가 서식하는 호소의

Table 2. Length-weight relationship of crucian carp

Reservoir name	Crucian carp				Remark
	N	Length-weight relationship			
		a	b	r ²	
Angyeho	36	0.000036226	2.814	0.9818	
Gachangho	30	0.000060031	2.757	0.9730	Bass absent
Yongyeonji	20	0.000027786	2.899	0.9724	
Yeonchoho	73	0.000040658	2.831	0.9917	
Hoeyaho	16	0.000008109	3.125	0.9514	
Otaeji	26	0.000006210	3.166	0.9978	Bass present
Jeongyangneup	25	0.000003709	3.267	0.9977	

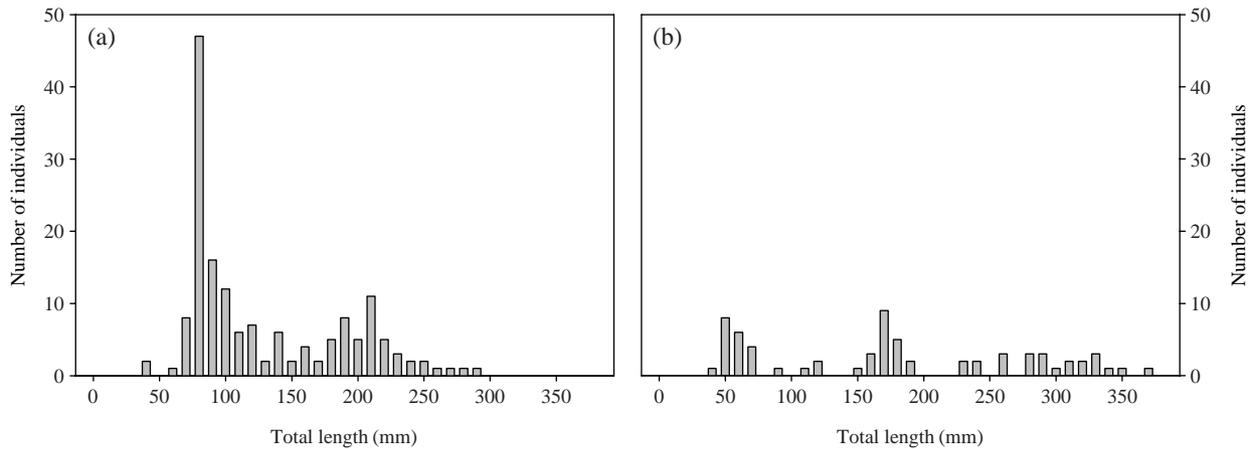


Fig. 2. Length frequency of crucian carp by Bass existence. (a) Bass absent and (b) Bass present.

붕어 개체군은 전반적으로 1년생 이하 치어의 비율이 높지 않았고 오히려 2년생 이상의 큰 개체의 비율이 높게 나타났다. 반면 배스가 서식하지 않는 호소의 붕어 개체군은 1년생 이하의 비율이 높게 나타나 일반적인 성장 패턴을 보였다(Fig. 2). 또한 배스가 서식하는 호소와 그렇지 않는 호소의 붕어 개체군의 전장 크기는 통계적으로 유의미한 차이를 보였다(Mann-Whitney U test, $p < 0.05$). 배스가 서식하는 호소의 붕어 전장은 평균 174.4 ± 99.69 mm (mean \pm S.E.)로 배스가 서식하지 않은 호소 (125.0 ± 59.17 mm)와 비교하여 큰 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 포식자인 배스가 호소에 서식하는 붕어 개체군의 Length-frequency 변화에 영향을 주어 지역개체군 안정성에 교란을 줄 수 있는 가능성을 확인할 수 있었다. 일반적으로 포식자는 길이가 증가 할수록 피식할 수 있는 먹이원의 길이 및 체고도 함께 증가하며, 포식자의 입 크기에 따라 먹이원의 사이즈도 다르다(Warren and Lawton 1987; Specziár 2011). 배스 역시 포식자로서 입이 크고 길이가 500 mm 이상까지 증가하는 특징을 가지고 있다(Kim and Park 2002). Hoyle and Keast (1987)의 연구에 의하면 포식자인 배스는 섭식하기 쉬운 비슷하거나 더 작은 사이즈의 먹이를 선택한다. 그러기에 1년생 이하의 붕어개체군은 상대적으로 크기가 큰 2~3년생 개체군 보다 배스에게 섭식될 가능성이 높다. 따라서 배스가 존재하는 환경에서 1년생 이하의 붕어개체군의 비율이 낮게 나타났으며, 이에 포식자인 배스가 영향을 미쳤을 것이라 사료된다.

붕어 개체 크기 및 무게에 따른 분포현황은 Table 2와 같이 나타났다. 배스가 서식하지 않은 호소에서 붕어 개체군의 길이-무게 상관관계는 매개변수 b 값이 안계호

2.814, 가창호 2.757, 용연지 2.899, 연초호 2.831로 나타났으며 반면 배스가 서식하는 호소에서는 매개변수 b 값이 회야호 3.125, 오태지 3.166, 정양늪 3.267로 나타났다. 정확한 분석을 위해 배스 유무에 따라 배스의 직접적인 먹이가 되는 1년생 이하의 (160 mm 이하) 붕어개체를 대상으로 길이-무게 상관관계를 통한 매개변수 b 값을 산정하였다. 그 결과 배스가 서식하지 않는 호소에서 매개변수 b 값이 2.909로 나타났으며 반면 배스가 서식하는 호소에서는 매개변수 b 값이 3.100로 나타나 배스가 존재하는 환경에서 붕어의 무게 증가가 더 빠르게 증가하는 것을 확인 할 수 있었다(Fig. 3). 일반적으로 길이-무게 상관관계 수식에서 매개변수 b 의 값이 3.0보다 크면 길이의 증가만큼 개체가 비대하다는 것을 의미하고 매개변수 b 의 값이 3.0보다 작으면 길이에 비해 비대하지 않다는 것을 의미한다(Lecren 1951). 위의 결과에서 배스가 존재한 지역에 서식하는 붕어 개체들의 매개변수 b 값이 3.0보다 높아 붕어들이 길이에 비해 비대하다는 것을 확인하였으며 반면 배스가 존재하지 않은 호소에 서식하는 붕어 개체들은 매개변수 b 값이 3.0보다 낮아 붕어들이 길이의 증가만큼 비해 비대하지 않다는 것을 확인하였다. 피식자는 일반적으로 포식자가 존재하는 환경에서 생존전략을 전환하여 개체군 크기를 증가시키거나 무리 지어 행동을 하고 채색 및 형태적인 변화를 통해 포식될 확률을 낮춘다(Lima and Dill 1990; Smith 1997; Tollrian and Harvell 1999). 그 예로써 유럽붕어(*Carassius carassius*)의 경우 포식자가 없는 환경에 비해 포식자가 있는 환경에서 그들의 체고(body depth)를 높여 포식될 가능성을 감소시킨다(Poléo 1995; Stabell and Sanlwin 1997; Pettersson *et al.* 2000; Pettersson *et al.* 2001). 본 연

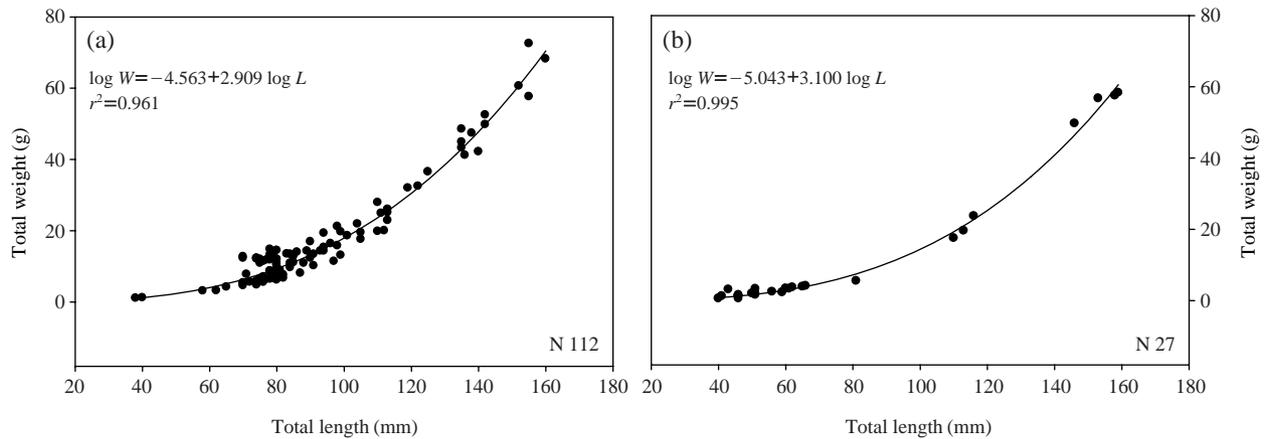


Fig. 3. Length-weight relationships of crucian carp smaller than 160 mm total length. (a) Bass absent and (b) Bass present.

구결과 배스가 서식하는 호소에서 붕어개체군이 길이에 비해 비대해지는 것으로 확인되었는데 이것은 붕어의 생존전략으로 해석될 수 있다. 상대적으로 매개변수 b 값의 증가는 붕어의 체적을 증가시키게 되며 이는 배스로부터 섭식될 위험을 감소시킬 수 있을 것으로 판단된다.

붕어는 우리나라 담수역 전역에 서식하는 어종으로 어족자원으로서 높은 가치를 지니고 있고, 양식도 가능한 경제성어종이다. 하지만 호소에 심각한 피해를 가하고 있는 배스로 인해 붕어 개체군이 적지 않은 교란을 받고 있다. 또한 이러한 교란은 붕어뿐만 아니라 담수 생태계에 전반적으로 나타나 많은 문제가 되고 있다. 따라서 지속적인 모니터링을 통해 효과적으로 교란종인 배스를 억제할 수 있는 관리방안이 연구되어야 할 것이며, 이를 통해 호소에 서식하는 배스에 대한 퇴치방안이 강구되어야 할 것이다.

적 요

수생태계에서 외래종의 문제는 국내뿐만 아니라 국제적으로도 많은 문제를 야기하고 있다. 배스의 경우 높은 포식압으로 수생태계 내에서 상당한 교란 요인으로 작용하고 있으며, 환경부에서 위해종으로 선정되어 관리 받고 있다. 본 연구에서는 위해종인 배스가 국내토착종인 붕어의 개체군에 미치는 영향을 파악하였다. 조사는 총 7지역의 저수지에서 시행하였으며, 배스의 유무에 따라 붕어의 길이분포와 길이무게 상관관계를 분석하였다. 연구결과 배스가 서식하는 지역의 붕어 개체군은 1년생 이하 치어의 비율이 전반적으로 높지 않았고 오히려 2년생 이상의 큰 개체의 비율이 높게 나타났다. 반면 배스

가 서식하지 않는 호소의 붕어 개체군은 1년생 이하의 비율이 높게 나타나 일반적인 성장 패턴을 보였다. 또한 배스의 직접적인 먹이가 되는 1년생 이하의 (160 mm 이하) 붕어개체를 대상으로 길이-무게 상관관계 분석 결과 배스가 서식하지 않는 호소에서 매개변수 b 값이 2.909, 배스가 서식하는 호소에서는 매개변수 b 값이 3.100로 나타나 배스가 존재하는 환경에서 붕어의 무게가 상대적으로 더 빠르게 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 배스의 포식에 직접적으로 영향을 받는 호소내 개체군이 생존을 위해 상대적으로 빠른 성장 전략을 사용한 것으로 사료되었으며, 이와 같은 현상은 붕어뿐만 아니라 국내 토착하는 다른종에서도 유사하게 확인될 것으로 판단된다.

사 사

본 연구는 낙동강 수계관리 위원회, 국립환경과학원, 낙동강물환경연구소에서 수행한 환경기초 조사사업에 일환으로 수행되었습니다.

REFERENCES

- Azuma M. 1992. Ecological release in feeding behavior, the case of Bluegills in Japan. *Hydrobiologia* 243:269-276.
- Byeon HK and SR Jeon. 1997. Feeding habit of Bluegill, *Lepomis macrochirus* introduced in Korea. *Korean J. Environ. Biol.* 15:165-174.
- Byeon HK, HB Song, SR Jeon and YM Son. 1997. Feeding habit of Bluegill, *Lepomis macrochirus*, introduced at lake

- Paldang. Korean J. Limnol. 30:75-81.
- Han M, M Fukushima and T Fukushima. 2008. Species richness of exotic and endangered fishes in Japan's reservoirs. Environ. Biol. Fish. 83:409-416.
- Hoyle JA and A Keast. 1987. The effect of prey morphology and size on handling time in a piscivore, the Largemouth bass (*Micropterus salmoides*). Can. J. Zool. 65:1972-1977.
- Jang MH, GJ Joo and MC Lucas. 2006. Diet of introduced Largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. Ecol. Freshwat. Fish. 15:315-320.
- Kim DH, SO Hwang, HJ Yang, SR Jeon, SS Choi, IS Kim and CG Choi. 1996. Studies on the distribution and effect of the exotic fishes in dam reservoir. Korea Water Resources Corporation. 258 pp.
- Kim IS and JY Park. 2002. Freshwater Fish of Korea. Kyohak Publishing, Seoul.
- Ko MH, JY Park and YJ Lee. 2008. Feeding habits of an introduced Largemouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrarchidae) and its influence on ichthyofauna in the lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol. 20:36-44.
- Lecren ED. 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). J. Anim. Ecol. 20:201-219.
- Lee WO, CB Gang, HU Park, MC Han, HK Byeon, JG Myeong, CH Noh, GP Hong, HB Song, BS Chae, GH Han, JR Ko and YP Hong. 2002. The Present condition of exotic fishes introduced to the interior of a country. Symposium of Korean J. Ichthyol. 128 pp.
- Lee WO, GH Kim, GU Hong and MS Byeon. 2005. Feeding habits of Bass (*Micropterus salmoides*) in Paldang and Togyoji. Autumn academic Presentation of Korean J. Ichthyol. pp.123-125.
- Lee WO, H Yang, SW Yoon and JY Park. 2009. Study on the feeding habits of *Micropterus salmoides* in lake Okjeong and lake Yongdam, Korea. Korean J. Ichthyol. 21:200-207.
- Lima SL and LM Dill. 1990. Behavioral decisions made under the risk of predation, a review and prospectus. Can. J. Zool. 68:619-640.
- Mcdougall DM and M Eagleburger. 1992. Ruffe in the great lakes, a threat to north American fisheries. Great Lakes Fishery Commission, Ottawa.
- Mcphee RJ and WM Spaulding. 1989. The report of the evaluation of the great lakes fishery commission by bi-national evaluation team, An Analysis of the Economic Contribution of the Great Lakes Sea Lamprey Program. Great Lakes Fishery Commission, Ottawa.
- Ministry of Environment. 2006. Construction of monitoring system and management plan for ecologically harmful species. Ministry of Environment, Seoul.
- National Institute of Environmental Research. 1996. The ecosystem influence investigation by the exotic species. National Institute of Environmental Research, Seoul.
- Park YH, SD Lee and JW Kim. 1998. The environmental policy propelled direction about the exotic species. Korea Environment Institute, Seoul.
- Pettersson LB, K Andersson and K Nilsson. 2001. The diel activity of crucian carp, *Carassius carassius* in relation to chemical cues from predators. Environ. Biol. Fish. 61:341-345.
- Pettersson LB, PA Nilsson and C Brönmark. 2000. Predator recognition and defence strategies in crucian carp, *Carassius carassius*. Oikos 88:200-212.
- Poléo A, SA Osxnevad, K Össtbye, E Heibo, RA Andersen and LA Vøllestad. 1995. Body morphology of crucian carp, *Carassius carassius* in lakes with or without piscivorous fish. Ecology 18:225-229.
- Smith RJF. 1997. Avoiding and deterring predators. pp.163-190. In Behavioural Ecology of Teleost Fishes. Oxford Univ. Press. Oxford.
- Son YM and HK Byeon. 2001. Feeding habits of main carnivorous fish (*Erythroculter erythropterus*, *Opsariichthys uncirostris* and *Micropterus salmoides*) at lake Paldang. Seowon Univ. Basic Science Laboratory. 15:61-78.
- Song HB, MS Byeon, DW Kang, CY Jang, JS Moon and HK Park. 2012. Population structure of Bluegill, *Lepomis macrochirus* in lakes of the Han river system, Korea. Korean J. Ichthyol. 24:278-286.
- Specziár A. 2011. Size-dependent prey selection in piscivorous pikeperch *Sander lucioperca* and Volga pikeperch *Sander volgensis* shaped by bimodal prey size distribution. J. Fish Biol. 79:1895-1917.
- Stabell OB and M Sanlwin. 1997. Predator-induced phenotypic changes in crucian carp are caused by chemical signals from conspecifics. Environ. Biol. Fish. 49:139-144.
- Tollrian R and CD Harvell. 1999. The evolution of inducible defenses, current ideas. pp.306-322. In The Ecology and Evolution of Inducible Defenses. Princeton Univ. Press, Newjersey.
- Warren PH and JH Lawton. 1987. Invertebrate predator-prey body size relationships, an explanation for upper triangular food webs and patterns in food web structure. Oecologia 74:231-235.

Received: 30 October 2013

Revised: 19 November 2013

Revision accepted: 20 November 2013