

국립공원 3개 저수지에 서식하는 생태계교란 어종의 서식양상과 먹이생물, 어류상에 미치는 영향

박승철 · 이광열¹ · 최광식² · 한미숙² · 고명훈^{2,*}

국립공원연구원, ¹강원대학교 환경연구소, ²고수생태연구소

Inhabitat Status and Gastric Contents of Invasive Fish Species and the Effect on Fish Fauna at Three Reservoirs in National Parks of Korea by Seung-Chul Park, Kwang Yeol Lee¹, Kwang-Seek Choi², Mee-Sook Han² and Myeong-Hun Ko^{2,*} (Korea National Park Research Institute, Wonju 26441, Republic of Korea; ¹Environmental Research Institute Kangwon National University, Chuncheon 24341, Republic of Korea; ²Kosoo Ecology Institute, Seoul 07952, Republic of Korea)

ABSTRACT This study was conducted to elucidate the impact of invasive species, *Micropterus salmoides* and *Lepomis macrochirus* in Geumgyeji, Samgaji and Naejangji reservoirs of National Parks, Korea in 2020. In the Geumgyeji, 1,221 individuals of 11 species in 7 families were collected including *M. salmoides* (relative abundance, 96.3%) and *L. macrochirus* (0.3%), *M. salmoides* fed mainly on *Rhinogobius brunneus* (IRI, 37.2%), Odonata (25.6%), Megaloptera (11.6%), and *M. salmoides* (7.0%). In the results of Samgaji showed that 854 individuals of 10 species in 5 families were collected including *M. salmoides* (60.8%), and *M. salmoides* fed mainly on Decapoda (shrimp, 33.6%), Odonata (34.4%), *R. brunneus* (21.2%), and *Zacco platypus* (6.1%). In the Naejangji showed that 1,075 individuals of 13 species belonging to 7 families were collected including *L. macrochirus* (38.1%) and *M. salmoides* (9.5%), and *L. macrochirus* fed mainly on Branchiopoda (77.5%), Diptera (9.8%), Decapoda (4.0%) and *M. salmoides* fed mainly on *R. brunneus* (73.3%), Decapoda (21.2%). *M. salmoides* of Geumgyeji and Samgaji were apparently introduced more than a 10 years ago. The fish population declined rapidly since the introduction of *M. salmoides*. *L. macrochirus* of Naejangji was introduced more than 20 years ago, which increased its relative abundance to 40%. *M. salmoides* was introduced five to six years ago, and the fish species and population declined rapidly since the introduction of *M. salmoides*. Finally, we discussed the inhabitat status and management of *M. salmoides* and *L. macrochirus* in the National Park.

Key words: *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus*, invasive species, fish fauna, National Park

서 론

우리나라의 국립공원은 1967년 지리산국립공원을 시작으로 태백산(2016년)까지 22개가 지정되었으며, 경관이 수려할 뿐만 아니라 공원자원조사와 자원모니터링을 통하여 생물다양성이 높고 법정 보호종을 포함한 많은 종이 서식하고 있는 것이 확

인되었다. 이러한 측면에서 DMZ 및 백두대간 등과 함께 인간의 간섭이 최소화된 지역으로 자연생태계가 잘 유지되는 곳으로 주목받고 있다(NIER, 2011; NIE, 2015a; NPRI, 2019). 그러나 최근 국립공원 내에 외래종의 유입으로 인해 많은 생태계교란이 일어나고 있는데, 생태계교란야생동물은 배스 *Micropterus salmoides*와 블루길 *Lepomis macrochirus*, 황소개구리 (*Rana catesbeiana*), 붉은귀거북(*Trachemys scripta*), 꽃매미(*Lycorma delicatula*) 등이 대표적이다(NPRI, 2014; KNPS, 2020). 이 중 담수어류는 배스와 블루길로, 국립공원 내 출현기록은 공원자원

저자 직위: 박승철(연구원), 이광열(연구원), 최광식(연구원), 한미숙(대표이사), 고명훈(소장)

*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-70-7370-6612, E-mail: hun7146@gmail.com

조사를 통해 2004년 내장산의 내장지에서 블루길이가 보고되었고 (KNPS, 2004), 이후 월출산과 속리산, 변산반도, 경주, 무등산, 소백산 등에도 서식하는 것이 확인되는 등 (KNPS, 2008, 2009a, 2009b, 2011, 2013a, 2013b, 2016, 2017, 2018a, 2018b), 저수지, 댐 등의 정수역을 중심으로 급격히 확산되는 양상을 보이고 있다. 하지만 국립공원 내에 서식하는 생태계교란 어종인 배스와 블루길의 분포조사와 이들의 구제 및 관리방안에 대한 연구는 많이 연구되지 않았다 (NPRI, 2014; KNPS, 2020).

생태계교란 어종인 배스와 블루길은 농어목(Perciformes) 검정우럭과(Centrarchidae)에 속하는 어류로 원산지는 미국 남동부이다. 배스는 1973년에 처음 도입되어 토고저수지와 팔당호에 방류되었고, 블루길은 1969년 일본에서 도입되어 팔당호와 진양호 (1975년), 소양호 (1976년), 청평호 (1982년)에 방류되었다. 이후 배스는 양식 대상종으로 여러 댐과 저수지에서 배양되었으나 식량자원으로서의 가치가 하락되어 어민들이 양어를 포기하면서 그대로 댐과 저수지에 방류되었고, 1990년대 루어낚시 대상종으로 각광 받으면서 전국에 무분별하게 확산되는 결과를 가져왔으며, 블루길 또한 식량자원으로서 가치가 하락되어 어민들이 양어를 포기하고 전국의 저수지와 댐에 무작위로 방류되었다 (Kim, 1997; NFRDI, 2010). 이 종들은 1998년 생태계교란야생생물로 지정되어 관리되고 있으며, 우리나라 전역에 확산되어 생태계에 큰 영향을 미치고 있는 것으로 보고되고 있다 (Ko *et al.*, 2008, 2017; Lee *et al.*, 2009; NFRDI, 2010; NIBR,

2011, 2019; NIE, 2015b, 2016, 2017, 2018; Park *et al.*, 2019).

따라서 본 연구는 국립공원 내 생태계교란 어종이 많이 서식하는 대표 저수지인 금계저수지(금계지)와 삼가저수지(삼가지), 내장저수지(내장지)에서 어류상과 생태계교란종의 서식실태, 먹이생물 등을 조사하여 생태계교란 어종으로 인한 생태계 영향을 밝히고 관리방안을 논의하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 조사지역 및 조사시기

조사는 생태계교란 어종이 많이 서식하는 소백산국립공원의 금계지(경북 영주시 풍기읍 옥금리), 속리산국립공원의 삼가지(충북 보은군 속리산면 삼가리), 내장산국립공원의 내장지(전북 정읍시 내장동)를 지정하였으며, 조사지점은 저수지 내 유입 하천 지역과 유출지역을 포함하여 선정하였는데, 저수지 크기에 따라 금계지와 내장지는 5개 지점, 삼가지는 6개 지점을 각각 선정하였다 (Fig. 1). 조사는 2020년 6월과 9월에 2회 실시하였다.

2. 채집방법

저수지별로 삼각정치망 1지점, 삼중자망 2지점에 설치하고

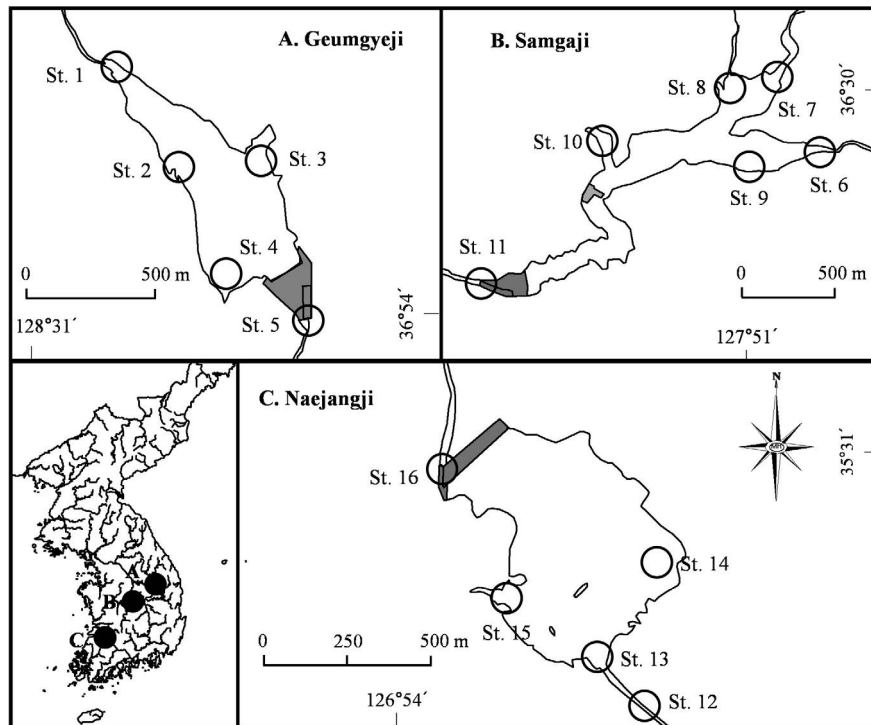


Fig. 1. Study stations in the Geumgyeji (A), Samgaji (B) and Naejangji (C) of National Park, Korea, 2020. Gill net stations: St. 3, 4, 8, 9, 14, 15, Fyke net stations: St. 2, 10, 14.

모든 지점에 투망(망목 6 mm)과 족대(망목 4 mm)를 이용하여 어류를 채집하였다. 삼각정치망(망목 4 mm, 유인어망의 높이 2.4 m, 길이 20 m, 3포켓)은 24시간 정치한 뒤 수거하였고, 자망은 4절(망목 45×45 mm, 높이 150 cm, 길이 50 m)과 12절(망목 12×12 mm, 높이 85 cm, 길이 50 m)을 연결하여 설치하고 이후 12시간 이상 지난 뒤 수거하여 채집된 어류를 확인하였다. 채집된 어류는 동정 및 사진촬영 후 즉시 방류하였으나, 배스와 블루길은 10% 포르말린 수용액에 고정하였다. 어류의 동정은 Kim (1997)과 Kim and Park (2007), Kim *et al.* (2005) 등에 따랐으며, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

3. 먹이생물 분석

먹이생물의 분석은 정확한 분석을 위해 자망과 삼각정치망보다 투망에 채집된 개체를 사용하였으며, 실험실로 옮겨 복부를 절개한 뒤 위 내용물을 추출하였다. 먹이생물은 실체현미경(Olympus SZX9, Japan) 하에서 어류는 Kim (1997), Kim and Park (2007), Kim *et al.* (2005)에 따라 분류·동정하였으며, 수서곤충은 Yun (1995)과 Won *et al.* (2005), 동물성플랑크톤은 Jo (1993)에 따라 분류·동정하여 계수하고 습중량과 출현빈도를 계산하였다. 먹이생물은 개체수(%N)와 부피(%W), 출현빈도(%F)를 이용하여 상대중요성지수(index of relative importance, IRI)를 Pinkas *et al.* (1971)의 방법으로 계산($IRI = (\%N + \%W) \times \%F$)한 후 백분율로 환산하여(%IRI) 비교하였다.

결 과

1. 어류상

6월과 9월에 실시한 어류상 조사결과(Table 1), 금계지에서는 6월에 6과 6종 1,107개체, 9월 6과 9종 114개체가 채집되어 모두 7과 11종 1,221개체가 채집되었으며, 우점종은 배스 *M. salmoides* (96.3%), 아우점종은 밀어 *Rhinogobius brunneus* (1.2%), 그 다음으로 피라미 *Zacco platypus* (1.0%), 블루길 *Lepomis macrochirus* (0.2%), 버들치 *Rhynchocypris oxycephalus* (0.2%), 참갈겨니 *Z. koreanus* (0.2%), 동사리 *Odontobutis platycephala* (0.2%) 등의 순으로 우세하였다. 한국고유종은 참갈겨니, 동사리 2종이었고, 외래종이며 생태계교란야생생물은 배스와 블루길 2종이, 그 외 육봉형어류는 빙어 *Hypomesus nipponensis*와 밀어 2종이 채집되었다.

삼가지는 1차 조사(6월)에서 5과 9종 611개체, 2차 조사(9월)에서 4과 7종 243개체로 모두 5과 10종 854개체가 채집되었다. 우점종은 배스(60.8%), 아우점종은 피라미(17.8%)였고, 그 다음으로 참갈겨니(9.0%), 밀어(9.0%), 참종개 *Iksookimia koreensis* (1.1%), 참물개 *Squalidus chankaensis tsuchigae* (0.8%),

붕어 *Carassius auratus* (0.85%) 등의 순으로 우세하였다. 한국고유종은 참물개, 참갈겨니, 참종개 3종이었고, 외래종이며 생태계교란야생생물은 배스 1종이, 그 밖에 육봉형어류는 밀어 1종이 출현하였다.

내장지는 1차 조사(6월)에서 5과 11종 591개체, 2차 조사(9월)에서 6과 12종 484개체로 모두 7과 13종 1,075개체가 채집되었다. 이 중 우점종은 블루길(38.0%), 아우점종은 밀어(19.3%)였고, 그 다음으로 피라미(12.7%), 참갈겨니(11.3%), 배스(9.5%), 붕어(4.7%), 떡붕어 *C. cuvieri* (2.3%) 등의 순으로 우세하였다. 한국고유종은 참갈겨니, 참종개, 섬진자가사리 *Lio-bagrus somjinensis*, 눈동자개 *Pseudobagrus koreanus*, 동사리 5종이었고, 그 외 육봉형어류는 밀어 1종이 채집되었다. 외래어종은 블루길, 배스, 떡붕어 3종이 출현하였는데, 이 중 생태계교란야생생물은 블루길, 배스 2종이었다.

포획도구별 배스와 블루길의 채집 개체수는 Table 2와 같다. 배스는 삼각정치망에서 858개체, 투망 845개체, 자망 86개체, 족대 8개체 순이었다. 이 중 정치망에서는 당년생 치어만이 채집되었는데, 1차 조사에서 15~25 mm 750개체, 2차 조사에서 40~70 mm 31개체 등 작은 개체가 주로 채집되었다. 블루길은 정치망 150개체, 자망 147개체, 투망 104개체, 족대 12개체가 채집되어 정치망에서 가장 많은 개체가 채집되었다.

2. 먹이생물 분석

1) 배스

금계지의 배스 위 내용물을 조사한 개체는 6월 40개체, 9월 78개체로 모두 118개체였고, 이 중 섭식을 한 개체는 6월 22개체, 9월 10개체로 32개체(섭식률 27.1%)였다. 먹이생물 중 어류는 23개체(53.5%)로, 밀어(개체수비 37.2%), 배스(7.0%), 블루길(2.3%), 미동정 어류(7.0%) 순이었고, 대형 저서무척추동물은 20개체(개체수비 44.5%)로, 잠자리목(Megaloptera, 25.6%), 뱀잠자리목(Megaloptera, 11.6%), 하루살이목(Ephemeroptera, 7.0%), 다슬기(*Semisulcospira libertina*, 2.3%) 순이었다. 상대중요성지수(IRI%)를 계산한 결과, 밀어(64.2%), 잠자리목(25.1%), 뱀잠자리목(4.1%), 배스(1.8%), 하루살이목(1.8%) 등의 순으로 밀어와 뱀잠자리목이 가장 중요한 먹이생물이었다(Table 3).

삼가지의 배스 위 내용물을 조사한 개체는 6월 54개체, 9월 52개체로 모두 106개체였고, 이 중 섭식을 한 개체는 6월 21개체, 9월 13개체로 모두 34개체(섭식률 32.1%)였다. 먹이생물 중 어류는 13개체(31.7%)로, 밀어(19.5%), 피라미(4.9%), 참물개(2.4%), 참종개(2.4%), 미동정 어류(2.4%) 순이었고, 대형 저서무척추동물은 28개체(68.3%)로 잠자리목(29.3%), 십각목(Decapoda (새우류), 29.3%), 하루살이목(7.3%) 등의 순이었다. 상대중요성지수를 계산한 결과, 십각목(33.6%), 잠자리목

Table 1. List of fish species and number of fish collected in the Geumyeoji, Samgaji and Naejangji of National Park, Korea, 2020

Scientific name	Geumyeoji					Samgaji					Naejangji					Total	RA(%)	Eics**							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15				16	Total	RA(%)				
Cyprinidae																									
<i>Cyprinus carpio</i>	1		1			2	0.2		1	2	1	4	0.5					6	0.19						
<i>Carassius auratus</i>						5	1	1	1	1	7	0.8		36	15		51	4.8	1.84						
<i>Carassius cuvieri</i>														15	10		25	2.3	0.79	Ex					
<i>Pungtungia herzi</i>									1	1	1	4	0.1				4	0.4	0.16	E					
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>									2	5	7	0.8						7	0.22	E					
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	3					3	0.2				7						7	0.7	10	0.32					
<i>Zacco koreanus</i>	3					3	0.2			77	77	9.0	108	12		2	122	11.4	202	6.41	E				
<i>Zacco platypus</i>					12	12	1.0	80	21	2	25	24	152	17.8	12	67	7	11	40	137	12.8	301	9.56		
Cobitidae																									
<i>Iksookimia koreensis</i>										2	3	2	2	9	1.1	2				2	0.2	11	0.35	E	
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>					1	1	0.1													1	0.03				
Amblycipitidae																									
<i>Liobagrus seomjinesis</i>											2									2	0.2	2	0.06	E	
Bagridae																									
<i>Pseudobagrus koreanus</i>														1						1	0.2	2	0.06	E	
Siluridae																									
<i>Silurus asotus</i>					1	1	0.1				1	0.1													
Osmeridae																									
<i>Hypomesus nipponensis</i>	1		1			2	0.2																		
Odontobutidae																									
<i>Odontobutis platycephala</i>	3					3	0.2						1	3											
Centrarchidae																									
<i>Micropterus salmoides</i>	326	750	67	12	21	1176	96.3	320	118	42	18	6	15	519	60.8	1	37	12	29	23	102	9.5	1,797	57.05	Ex,Ed
<i>Lepomis macrochirus</i>					4	4	0.3						72	226	67	44	409	37.9					413	13.11	Ex,Ed
Gobiidae																									
<i>Rhinogobius brunneus</i>	13		1			14	1.1	67	4		6	77	9.0	51	153	4					208	19.4	299	9.49	L
Number of species	6	2	6	2	2	11		5	5	4	5	5	10	9	6	7	5	5	5	13			19		
Number of individuals	347	753	75	13	33	1221		474	145	48	24	39	124	854	188	344	301	132	110	1075			3,150		

**Relative abundance. **E: Korean endemic species; Ed: Ecosystem disturbances species; Ex: Exotic species, L: Land-locked species

Table 2. Number of individuals of *Micropterus salmoides* and *Lepomis macrochirus* by collection method in the Geumgyeji, Samgaji and Naejangji of National Park, Korea, 2020

Reservoir	<i>Micropterus salmoides</i>					<i>Lepomis macrochirus</i>				
	Skimming net	Casting net	Gill net	Fyke net	Total	Skimming net	Casting net	Gill net	Fyke net	Total
Geumgyeji	–	347	25	804	1,176	–	–	–	4	4
Samgaji	–	445	29	45	519	–	–	–	–	–
Naejangji	8	53	32	9	102	12	104	147	146	409
Total (%)	8 (0.4)	845 (47.0)	86 (4.8)	858 (47.7)	1,797 (100.0)	12 (2.9)	104 (25.2)	147 (35.6)	150 (36.3)	413 (100.0)

(34.4%), 밀어(21.2%), 피라미(6.1%), 참물개(2.4%) 등의 순으로 나타나 십각목과 잠자리목, 밀어가 가장 중요한 먹이생물이었다.

내장지에서 배스 위 내용물을 조사한 개체는 9월 47개체였고, 섭식을 한 개체는 23개체(섭식률 48.9%)였다. 먹이생물 중 어류는 38개체(70.4%)로, 밀어(61.1%), 미동정 어류(5.6%), 피라미(1.9%), 블루길(1.9%) 순이었고, 대형 저서무척추동물은 16개체(29.6%)로, 십각목(새우류, 25.9%), 잠자리목(3.7%) 순이었다. 상대중요성지수를 계산한 결과, 밀어(73.7%), 십각목(21.2%), 피라미(2.4%), 잠자리목(1.6%) 등의 순으로 나타나 밀어과 십각목이 가장 중요한 먹이생물이었다.

2) 블루길

내장지에서 블루길의 위 내용물은 9월에 채집된 개체 중 37개체를 조사한 결과 12개체(섭식률 32.4%)가 먹이를 섭식하였다. 주요 먹이생물은 절지동물문 갑각강의 새각목(Branchiopoda (물벼룩류), 90.2%)과 십각목(새우류, 0.3%), 곤충강 파리목(Diptera, 6.7%), 노린재목(Hemiptera, 0.4%), 하루살이목(0.3%), 잠자리목(0.3%) 등의 순이었다. 상대중요성지수(IRI)를 계산한 결과, 새각목(76.6%), 파리목(9.8%), 십각목(4.0%), 매미목(Homoptera, 2.7%), 잠자리목(2.4%) 등의 순으로 나타나 새각목이 가장 중요한 먹이생물이었다.

고찰

금계지에 서식하는 배스의 섭식률은 27.1%로 낮았고, 먹이생물은 주로 어류(상대풍부도, 53.5%)의 밀어(37.2%), 대형 무척추동물(46.5%)의 잠자리목(25.6%)과 뱀잠자리목(11.6%)이 높게 나타나 먹이생물은 단조로웠다. 배스가 도입되기 전인 2006년과 2007년에는 5~8종의 어류가 출현하고 표층 및 중층성 어류인 빙어와 붕어, 참갈겨니, 돌고기 등이 높은 비율로 서식하였으나(GFRDI, 2006; You, 2007), 배스가 도입된 이후인 2014년

에는 6과 9종이 출현하고 배스는 우점종(상대풍부도 67.8%)이었으며 빙어와 붕어, 돌고기 등은 급격히 감소한 것으로 나타나(NPRI, 2014) 어류 군집에 큰 변화가 있었다. 또한 본 조사에서 출현한 어류는 7과 11종이었지만 배스가 96.3%로 대부분을 차지하고 있었고 2014년에 비교적 우세하게 출현하였던 밀어와 피라미, 참갈겨니도 급격한 감소한 것으로 나타났다(Table 4). 배스의 도입시기는 정확한 기록은 없으나 어류상 기록을 볼 때 2000년대 후반으로 추정되며, 배스가 도입되기 전에는 표층 및 중층성 어류가 많이 서식하였으나 도입 이후 배스의 포식성으로 인해 우선적으로 빙어와 붕어, 돌고기의 급격한 감소가 있었고 이후 밀어, 피라미, 참갈겨니 등도 급격히 감소된 것으로 판단된다. 이러한 어류상 변화로 인해 본 조사에서 채집된 배스는 주 먹이원이 되는 어류의 부족으로 인해 대형 무척추동물인 잠자리목과 뱀잠자리목까지 섭식 범위가 확대되고 비율이 증가하였음에도 불구하고 먹이생물의 부족으로 자신들의 치어까지 섭식한 것으로 생각된다.

삼가지에 서식하는 배스의 섭식률은 32.1%로 낮았고, 먹이생물은 대형 무척추동물(68.3%)의 십각목(새우류, 29.3%), 잠자리목(29.3%), 하루살이목(7.3%), 어류의 밀어(19.5%), 피라미(4.9%)가 높게 나타나 대형 무척추동물의 비율이 높았다. 삼가지의 어류상은 2003년의 자연자원조사에서 2과 4종이 채집되었고 배스는 서식하지 않았으나(KNPS, 2003), 2011년 배스가 처음으로 서식이 확인되고 4과 4종이 출현하였다(KNPS, 2011). 2014년 조사에서는 6과 10종이 서식하는 것으로 보고되었는데, 배스는 상대풍부도는 1.5%로 낮은 편이었으며, 표층성 어류인 피라미가 우점하고 빙어, 참물개, 밀어 등이 비교적 많이 서식하고 있었다(NPRI, 2014). 본 조사에서는 배스가 우점종(60.8%)으로 바뀌었고, 2014년 우점종이었던 피라미는 호내유입부와 유출부에서만 서식이 확인되고 빙어와 참물개, 밀어도 서식 개체수가 급격히 감소한 것으로 나타났다. 배스의 도입시기는 어류상 기록으로 볼 때 2010년 전후로 추정되며, 배스가 도입된 이후 강력한 포식성으로 인해 표층성 어류를 비롯한 대부분의 어류는 개체수가 급격히 감소한 것으로 나타났다. 따라

Table 3. Composition of the stomach contents of *Micropterus salmoides* and *Lepomis macrochirus* in the Geumgye, Samga and Naejang Reservoir of National Park, Korea, 2020

Prey organisms	Number	Number (%)	Weight (%)	Occurrence (%)	IRI	IRI (%)
<i>Micropterus salmoides</i> : Geumgyeji (n = 118, 32 individuals eaten (27.1%))						
Fishes						
<i>Micropterus salmoides</i>	3	7	4.6	9.4	108.8	1.8
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	2.3	1.9	3.1	13.3	0.2
<i>Rhinogobius brunneus</i>	16	37.2	49.1	43.8	3776.6	64.2
Unidentified fish	3	7	8.7	9.4	147.1	2.5
Large invertebrates						
Odonata	11	25.6	21.7	31.3	1476.5	25.1
Megaloptera	5	11.6	7.8	12.5	242.7	4.1
Ephemeroptera	3	7	4.6	9.4	108.8	1.8
<i>Semisulcospira libertina</i>	1	2.3	1.5	3.1	12.1	0.2
Total	43				5885.9	
<i>Micropterus salmoides</i> : Samgaji (n = 106, 34 individuals eaten (32.1%))						
Fishes						
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	1	2.4	26	2.9	83.5	2.4
<i>Zacco platypus</i>	2	4.9	30.8	5.9	209.9	6.1
<i>Iksookimia koreensis</i>	1	2.4	2.8	2.9	15.4	0.5
<i>Rhinogobius brunneus</i>	8	19.5	11.3	23.5	723.8	21.2
Unidentified fish	1	2.4	2.6	2.9	14.8	0.4
Large invertebrates						
Odonata	12	29.3	10.7	29.4	1175.2	34.4
Ephemeroptera	3	7.3	1.7	2.9	26.6	0.8
Decapoda	12	29.3	9.8	29.4	1149.7	33.6
Bryozoa	1	2.4	4.3	2.9	19.9	0.6
Total	41				3419.0	
<i>Micropterus salmoides</i> : Naejangji (n = 47, 23 individuals eaten (48.9%))						
Fishes						
<i>Zacco platypus</i>	1	1.9	39.5	4.3	180.0	2.4
<i>Lepomis macrochirus</i>	1	1.9	0.9	4.3	12.0	0.2
<i>Rhinogobius brunneus</i>	33	61.1	28.5	60.9	5456.3	73.7
Unidentified fish	3	5.6	1.8	8.7	64.2	0.9
Large invertebrates						
Odonata	2	3.7	10	8.7	119.5	1.6
Decapoda	14	25.9	19.2	34.8	1568.2	21.2
Total	54				7400.1	
<i>Lepomis macrochirus</i> : Naejangji (n = 37, 12 individuals eaten (32.4%))						
Insecta						
Diptera	67	6.7	1.1	83.3	649.7	9.8
Ephemeroptera	3	0.3	0.2	8.3	3.9	0.1
Odonata	3	0.3	6.1	25	159.4	2.4
Megaloptera	1	0.1	1.2	8.3	11.2	0.2
Hemiptera	4	0.4	0.2	16.7	9.9	0.1
Coleoptera	1	0.1	0	8.3	1.0	0.0
Homoptera	2	0.2	10.6	16.7	180.6	2.7
Hymenoptera (Ant)	1	0.1	2.1	8.3	18.1	0.3
Unidentified spp.	10	1	3.7	50	235.3	3.5
Crustacea						
Branchiopoda	906	90.2	62.6	33.3	5095.6	76.6
Copepoda	2	0.2	0	16.7	3.5	0.1
Decapoda (Shrimp)	3	0.3	10.4	25	266.4	4.0
Gastropoda						
<i>Radix auricularia</i>	1	0.1	1.7	8.3	14.6	0.2
Total	1,004				6649.2	

Table 4. Historical record of ichthyofauna in the Geumgyeji, Samgaji and Naejangji of National Park, Korea, 2020

Scientific name	Geumgyeji				Samgaji				Naejangji				Etc.*
	GFRD (2006)	You (2007)	NPRI (2014)	Present study (2020)	KNPS (2003)	KNPS (2011)	NPRI (2014)	Present study (2020)	KNPS (2004)	KNPS (2013)	NPRI (2014)	Present study (2020)	
Cyprinidae													
<i>Cyprinus carpio</i>	1	9	4	2			25	4			24		
<i>Carassius auratus</i>	5	135	1					7	9	1	77	51	
<i>Carassius cuvieri</i>											85	25	Ex
<i>Acheilognathus lanceolata intermedia</i>											47		
<i>Rhodeus ocellatus</i>									8		10		
<i>Abbottina rivularis</i>									5	5			
<i>Abbottina springeri</i>									14	28	367		E
<i>Pseudorasbora parva</i>									17	96	1543		
<i>Pungtungia herzi</i>	10	48					1	1				4	
<i>Squalidus gracilis majimae</i>					1						18		E
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>							74	7					E
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>				3					32	15		7	
<i>Zacco koreanus</i>	8	128	271	3	16	132	3790	77	50	61	71	122	E
<i>Zacco platypus</i>			440	12	1		43	152	81	203	1153	137	
Cobitidae													
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		3		1					2				
<i>Iksookimia koreensis</i>								9	10	6		2	E
<i>Cobitis nalbanti</i>									7		15		E
Siluridae													
<i>Silurus asotus</i>		2	26	1			1	1			3		
Amblycipitidae													
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>			1										E
<i>Liobagrus somjinensis</i>												2	
Bagridae													
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>											1		
<i>Pseudobagrus koreanus</i>												2	E
Osmeridae													
<i>Hypomesus nipponensis</i>	15	215		2			41		31	11	14		L
Adrianichthyidae													
<i>Oryzias sinensis</i>											10		
Coreoperca													
<i>Coreoperca herzi</i>						1							E
Odontobutidae													
<i>Odontobutis platycephala</i>				3					12	5	5	4	E
<i>Odontobutis interrupta</i>			1								1		E
Centrarchidae													
<i>Micropterus salmoides</i>			3894	1176		28	67	519				102	Ex, Ed
<i>Lepomis macrochirus</i>				4					18	56	2656	409	Ex, Ed
Gobiidae													
<i>Rhinogobius brunneus</i>			1112	14	2	23	361	77	10	53	21	208	L
<i>Rhinogobius giurinus</i>		12								1	59		
Channidae													
<i>Channa argus</i>							1				4		
Number of species	5	8	9	11	4	4	10	10	15	14	20	13	
Number of individuals	39	552	5750	1221	20	184	4404	854	306	559	6162	1075	

*E: Korean endemic species; L: Land-locked species, Ex: Exotic species, Ed: Ecosystem disturbances species

서 주 먹이생물이 되는 어류의 급격한 감소로 인해 본 조사에서 채집된 배스는 어류보다 대형 무척추동물(22.8%)의 섭취량이 더 많이 섭취한 것으로 판단된다.

내장지에 서식하는 배스의 섭식률은 48.9%로 비교적 높았고, 먹이생물은 어류(77.2%)의 밀어와 피라미, 대형 무척추동물(22.8%)의 십각목(새우류, 21.2%), 잠자리목(1.6%)이 높게 나타나 어류의 비율이 대형 무척추동물보다 3배 이상 높았다. 내장지의 연도별 어류상을 보면 배스가 도입되기 전인 2014년에는 10과 20종이 출현하였고(NPRI, 2014), 배스 도입 후인 본 조사에서 배스는 상대풍부도 9.5%로 서식하고 7과 13종의 어류가 채집되었다. 배스의 도입시기는 정확히 밝혀지지 않았으나 어류상 기록으로 볼 때 2015년 이후에 도입된 것으로 추정되고, 포식성이 강한 배스의 도입으로 인해 참붕어와 피라미, 왜매치 *Abbottina springeri*, 납자루 *Acheilognathus lanceolata intermedia*, 흰줄납줄개 *Rhodeus ocellatus*, 대륙송사리 *Oryzias sinensis*, 갈문망둑 *R. giurinus* 등의 개체수가 급격히 감소하거나 서식이 확인되지 않은 것으로 판단된다. 금계지, 삼가지와 다르게 내장지 배스의 섭식률이 높고 먹이생물에 있어 대형 무척추동물에 비해 어류의 비중이 매우 높은 것은 배스가 도입된 지 몇 년 지나지 않았기 때문으로 추정된다.

배스는 강한 포식성을 가지고 있어 배스가 도입되면 어류 군집뿐만 아니라 생태계도 크게 교란되는 것으로 보고되고 있다(Godinho and Ferreira, 1994; Yodo and Kimura, 1998; Jang *et al.*, 2006; Ko *et al.*, 2008). 우리나라에 도입된 배스는 어류와 수서곤충, 새우류 등 다양한 생물을 섭식하는 것으로 보고되었는데, 서식장소 및 도입 이후 경과된 시간에 따라 큰 차이를 보인다(Son and Byeon, 2001; Ko *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2019). 배스의 먹이생물은 하천과 저수지·댐호에 따라 먹이생물에 차이가 있는 것으로 보고된 바 있으며(Park *et al.*, 2019), 저수지·댐호의 경우 도입 이후 경과된 시간에 따라서도 큰 차이를 보이는데, 도입 초기에는 주로 새우류나 크기가 작고 유영능력이 낮은 어류를 주로 섭식하지만(Son and Byeon, 2001; Lee *et al.*, 2009), 시간이 경과되면서 초기 먹이가 되었던 새우류나 어류의 비율이 감소하면서 다른 어류나 대형 무척추동물로의 먹이전환이 일어나는 것으로 보고되었다(Ko *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2009). 본 조사결과에서도 금계지와 삼가지에서는 배스가 도입된 지 10년 이상으로 추정되고, 도입 이후 배스는 점차 서식비율이 증가하여 우점종이 되었으며, 도입 전에 우세하던 피라미나 벵어, 밀어 등의 어류와 새우류는 급격히 개체수가 감소하거나 사라지게 되면서 먹이생물도 어류에서 대형 무척추동물로 변화된 것으로 추정된다. 내장지의 배스는 어류의 비중이 높게 나타나 도입 초기(5~6년)로 판단되지만 도입 초기임에도 불구하고 참붕어와 피라미, 왜매치, 납자루 등은 급격히 감소한 것으로 나타나 큰 변화가 일어난 것으로 확인되었다.

본 조사에서 블루길 서식이 확인된 저수지는 금계지와 내장

지였다. 금계지에서 블루길은 본 조사에서 처음 서식이 확인되었으나 상대풍부도는 0.3%로 매우 낮았다. 내장지에서 블루길은 2004년에 공원자원조사로 처음 서식이 확인되었고(상대풍부도 5.9%, KNPS, 2004), 2013년의 10.0% (KNPS, 2013a), 2014년 43.1% (NPRI, 2014)로 급격히 상승하는 경향을 보였다. 그러나 본 조사에서는 38.1%로 2014년에 비해 약간 감소한 것으로 나타났는데, 내장지의 배스는 블루길도 섭식하는 것으로 나타나 블루길의 상대풍부도 감소는 포식성이 강한 배스의 유입으로 기인된 결과로 판단된다. 팔당호와 소양호, 토교저수지에 도입된 블루길은 주로 식물성플랑크톤, 동물성플랑크톤, 식물, 선충류, 연체동물, 새우류, 육상곤충, 어류, 어란 등을 섭식하는 것으로 보고된 바 있다(Byon and Jeon, 1997; Byon *et al.*, 1997). 내장지 블루길의 먹이생물은 2014년에는 갈다구류, 물달팽이, 어류(치어), 새우류, 육상곤충 등을 주로 섭식한다고 보고하였고(NPRI, 2014), 본 조사에서는 새각목(물벼룩류)과 십각목(새우류), 파리목(갈다구류) 등이 주 먹이원으로 나타났다. 따라서 블루길의 주 먹이원은 서식지에 따라 약간의 차이는 있지만 대형 무척추동물, 식물성플랑크톤, 어류(어란) 등을 주로 섭식하기 때문에 블루길의 급격한 개체수 증가는 유사한 먹이를 섭식하는 어류와의 먹이경쟁으로 인한 영향과 일부 어종의 직접적인 어란 및 치어를 섭식하기 때문에 이들 종들의 개체군 크기 감소에 영향을 주었을 것으로 추정된다.

본 조사에서 어류를 채집하기 위해 족대, 투망, 자망, 정치망을 사용하였는데, 배스는 삼가지와 내장지에서 투망, 금계지에서는 삼가지정치망에서 가장 많은 개체가 채집되었다. 이 중 금계지에서 정치망에 채집된 개체는 크기가 작은 당년생 치어(871 개체)만 채집되었고 1년생 이상의 개체는 투망에서 가장 많은 개체가 채집되었다. 2014년 조사(자망 미 실시)에서 금계지는 투망·족대, 정치망, 루어낚시 순으로, 삼가지는 루어낚시, 투망·족대, 정치망 순으로, 내장지는 투망·족대 루어낚시, 정치망 순으로 많은 개체가 채집된 것으로 보고되었다(NPRI, 2014). 한편 배스의 구제방법으로 인공산란장을 설치하여 제거하는 방법과 지인망을 이용하여 배스 치어를 제거하는 방안이 연구되었고, 성어는 산란기에 루어낚시를 이용하는 것이 포획 효율이 높은 것으로 보고되었다(NFRDI, 2010). 2015년부터 2016년까지 배스 퇴치 효율을 연구한 바 있는데, 작살포획과 루어낚시, 투망·족대, 자망, 정치망 순으로 효율이 좋은 것으로 보고한 바 있다(GWSMC, 2015, 2016). 따라서 배스의 포획은 산란기 인공산란장 설치, 치어기는 정치망과 지인망, 성어는 루어낚시, 작살, 투망 등이 효율적인 포획방법으로 판단되었다. 블루길은 금계지에서 정치망으로만 4개체가 채집되었고, 내장지에서는 정치망, 자망, 투망, 족대 순으로 많이 채집되었는데, 특히 자망과 정치망의 효율이 좋았다. 2014년 내장지 조사(자망 미 실시)에서는 정치망, 투망·족대, 루어낚시 순으로 채집되어(NPRI, 2014) 본 조사결과와 같이 정치망의 효율이 가장 좋았다. 한편 블루길

Table 5. Appearance record of *Micropterus salmoides* and *Lepomis macrochirus* in National Park, Korea

National Park	<i>Micropterus salmoides</i>			<i>Lepomis macrochirus</i>		
	2th NRS* (2000~2009)	3rd NRS** (2010~2018)	NIE*** (2015~2018)	2th NRS (2000~2009)	3rd NRS (2010~2018)	NIE (2015~2018)
Sobaeksan		●				
Woraksan			●			
Songnisan		●	●			●
Deogyusan			●			
Jirisan			●			
Gayasan			●			
Naejangsan	●	●	●	●	●	●
Mudeungsan			●		●	●
Wolchulsan	●	●	●	●	●	●
Byeonsanbando	●	●	●	●	●	●
Gyeongju	●	●	●		●	●

*2th NRS: 2th Natural resource survey of National Park (KNPS, 2004, 2008, 2009a, 2009b), **3rd NRS: 3rd Natural resource survey of National Park (KNPS, 2011, 2013a, 2013b, 2016, 2017, 2018a, 2018b), ***NIE: Nationwide survey of non-native species in Korea (NIE, 2015, 2016, 2017, 2018)

구제방법으로 정치망을 이용하여 포획하는 방법과 천적인 쏘가리를 방류하여 구제하는 방법 등이 연구된 바 있다(NFRDI, 2010). 따라서 블루길의 포획은 정치망과 자망 등이 효율적인 포획방법으로 판단되었다.

우리나라에 도입된 생태계교란야생생물 배스와 블루길의 서식지는 점점 증가하는 것으로 보고되고 있는데(NIER, 1996; NFRDI, 2010; NIE, 2015b, 2016, 2017, 2018), 국립공원 내 배스와 블루길의 출현기록을 정리하면 국립공원에서도 출현지역이 점점 증가하는 것으로 나타났다(Table 5). 배스는 2기 공원 자원조사에서 내장산과 월출산, 변산반도, 경주 4개 국립공원(KNPS, 2004, 2008, 2009a, 2009b), 3기 공원자원조사에서는 소백산과 속리산, 내장산, 월출산, 변산반도, 경주 6개 국립공원(KNPS, 2011, 2013a, 2013b, 2016, 2017, 2018a, 2018b), 국립생태원 외래종 서식실태 조사에서는 월악산과 속리산, 덕유산, 지리산, 가야산, 내장산, 무등산, 월출산, 변산반도, 경주 10개 국립공원에서 서식이 확인되었고(NIE, 2015b, 2016, 2017, 2018), 본 조사에서도 소백산과 속리산, 내장산에서 확인되어 배스가 출현한 국립공원은 11개였다. 블루길은 2기 공원자원조사에서 내장산과 월출산, 변산반도 3개 국립공원(KNPS, 2004, 2009a, 2009b), 3기 공원자원조사에서는 내장산과 무등산, 월출산, 변산반도, 경주 5개 국립공원(KNPS, 2013b, 2016, 2017, 2018a, 2018b), 국립생태원 외래종 서식실태 조사에서는 속리산과 내장산, 무등산, 월출산, 변산반도, 경주 6개 국립공원(NIE, 2015b, 2016, 2017, 2018), 본 조사로 소백산과 내장지에서 서식이 확인되어 블루길이 출현한 국립공원은 7개였다. 배스와 블루길은 대부분 저수지나 댐 등으로 확산되고 있었으며 일부 하천에서도 서식이 확인되었다.

국립공원 내에 생태계교란 어류인 배스와 블루길은 점점 확산되고 있으며, 본 조사로 배스와 블루길 도입 이후 수생태계에 심각한 교란이 일어나는 것이 확인되었다. 현재 국립공원에는 소규모의 저수지들이 많이 있지만(Kwater, 2007), 공원자원조사(어류)는 대부분 하천에서 족대와 투망으로 조사가 이루어지고 있기 때문에 배스와 블루길의 서식을 확인하는 데에는 한계가 있다. 따라서 국립공원 내 어류의 안정적인 서식과 외래어종의 관리를 위해서는 저수지를 포함하여 적절한 어구를 통한 외래어종 서식실태 조사가 우선적으로 실시되어야 하고, 도입 시기에 따른 단계별로 체계적인 관리방안을 마련되어야 할 것이다. 또한 구제방법에 있어서도 산란기, 치어기, 성어기에 따라 적절한 구제방법을 선택하여 진행되어야 할 것이다.

요 약

본 연구는 국립공원 내 생태계교란 어종 배스와 블루길의 도입에 따른 영향을 파악하기 위해 2020년 금계지, 삼가지, 내장지에서 조사를 실시하였다. 금계지에서는 7과 11종 1,221개체가 채집되었고, 배스는 우점종(96.3%), 블루길은 소수(0.3%) 서식하고 있었고, 배스는 주로 밀어(IRI, 37.2%)와 잠자리목(25.6%), 뱀잠자리목(11.6%), 배스(7.0%) 등을 섭식하였다. 삼가지에서는 5과 10종 854개체가 채집되었고, 배스는 우점종(60.8%)으로 주로 새우류(33.6%)와 잠자리목(34.4%), 밀어(21.2%), 피라미(6.1%) 등을 섭식하였다. 내장지에서는 7과 13종 1,075개체가 채집되었고, 블루길은 우점종(38.1%), 배스는 우세종(9.5%)으로 나타났으며, 블루길은 주로 물벼룩류(IRI,

77.5%)와 파리목(9.8%), 새우류(4.0%) 등을 섭식하였고 배스는 주로 밀어(73.3%)와 새우류(21.2%) 등을 섭식하였다. 금계지와 삼가지의 배스는 10여 년 전에 도입된 것으로 추정되고, 도입 이후 대부분의 어류는 개체수가 급격히 감소하였다. 내장지의 블루길은 20여 년 전에 도입된 것으로 추정되며, 도입 이후 상대풍부도가 점점 증가하여 40%대에 도달하였고, 배스는 5~6년 전에 도입되었고 도입 이후 자생 어류의 종수와 개체수가 급격히 감소하였다. 마지막으로 국립공원 내 배스와 블루길의 서식현황 및 관리방안에 대해서 논의하였다.

사 사

본 연구는 국립공원연구원의 ‘생태계교란 어종 관리방안 연구’의 일환으로 연구되었다.

REFERENCES

- Byon, H.K., J.B. Song, S.R. Jeon and Y.M. Son. 1997. Feeding habit of bluegill, *Lepomis macrochirus*, introduced at Lake Paldang. Korean J. Limnol., 30: 75-84.
- Byon, H.K. and S.R. Jeon. 1997. Feeding habit of bluegill, *Lepomis macrochirus*, introduced in Korea. Korean J. Environ. Biol., 15: 165-174.
- GFRDI (Gyeongsangbuk-do Fisheries Resources Development Institute). 2006. Fish fauna survey report of lake and reservoir in Gyeongsangbuk-do. Gyeongsangbuk-do Fisheries Resources Development Institute, Uljin, Korea, 311pp.
- Godinho, F.N. and M.T. Ferreira. 1994. Diet composition of largemouth black bass, *Micropterus salmoides* (Lacepède), in southern Portuguese reservoirs: its relation to habitat characteristics. Fish. Manage. Ecol., 1: 129-137. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2400.1970.tb00012.x>.
- GWSMC (Geumgang Water System Management Committee). 2015. Monitoring on aquatic ecosystem to capture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) (1th report). Geumgang Water System Management Committee, Daejeon, Korea, 100pp.
- GWSMC (Geumgang Water System Management Committee). 2016. Monitoring on aquatic ecosystem to capture of largemouth bass (*Micropterus salmoides*) (2nd report). Geumgang Water System Management Committee, Daejeon, Korea, 112pp.
- Jang, M.H., G.J. Joo and M.C. Lucas. 2006. Diet of introduced largemouth bass in Korean rivers and potential interactions with native fishes. Ecol. Freshw. Fish, 15: 315-320. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0633.2006.00161.x>.
- Jo, K.S. 1993. Illustration of the freshwater zooplankton of Korea. Academy Publishing Co., Seoul, Korea, 387pp.
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna & flora of Korea. Vol. 37. Freshwater fishes. Ministry of Education, Yeongi, Korea, 518pp.
- 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.
- KNPS (Korea National Park Service). 2003. Natural resource survey of Songnisan National Park. Korea National Park Research Institute, Seoul, Korea, 595pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2004. Natural resource survey of Naejangsan National Park. Korea National Park Research Institute, Seoul, Korea, 516pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2008. Natural resource survey of Gyeongju National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 649pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2009a. Natural resource survey of Wolchulsan National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 589pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2009b. Natural resource survey of Byeonsanbando National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 697pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2011. Natural resource survey of Songnisan National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 609pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2013a. Natural resource survey of Naejangsan National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 818pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2013b. Natural resource survey of Mudeungsan National Park. Korea National Park Research Institute, Namwon, Korea, 818pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2016. Natural resource survey of Sobaeksan National Park. Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea, 788pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2017. Natural resource survey of Gyeongju National Park. Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea, 727pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2018a. Natural resource survey of Byeonsanbando National Park. Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea, 990pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2018b. Natural resource survey of Wolchulsan National Park. Korea National Park Research Institute, Wonju, Korea, 566pp.
- KNPS (Korea National Park Service). 2020. 2020 National Park basic statistics. Korea National Park Service, Wonju. Korea, 225pp.
- Ko, M.H., J.Y. Park and Y.J. Lee. 2008. Feeding habitats of an introduced large mouth bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrarchidae), and its influence on ichthyofauna in the Lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 20: 36-44.
- Ko, M.H., Y.S. Kwan, W.K. Lee and Y.J. Won. 2017. Impact of human activities on changes of ichthyofauna in Dongjin River of Korea in the past 30 years. Anim. Cells Syst., 21: 207-216. <https://doi.org/10.1080/19768354.2017.1330223>.

- Kwater. 2007. A guidebook of rivers in South Korea. Kwater, Daejeon, Korea, 582pp.
- Lee, W.O., H. Yang, S.W. Yoon and J.Y. Park. 2009. Study on the feeding of *Micropterus salmoides* in Lake Okjeong and Lake Yongdam, Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 200-207.
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world, 4th ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, U.S.A., 601pp.
- NFRDI (National Fisheries Research & Development Institute). 2010. A study on the distribution, utilization and management of foreign fish species. National Fisheries Research & Development Institute, Gapyeong, Korea, 130pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2011. Red data book of endangered fishes in Korea. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea, 202pp.
- NIBR (National Institute of Biological Resources). 2019. Red data book of Republic of Korea, Volume 3. Freshwater fishes. Ministry of Environment, National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea, 250pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2015a. Biodiversity comprehensive report of DMZ protected areas. Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 375pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2015b. Nationwide survey of non-native species in Korea (I). National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 342pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2016. Nationwide survey of non-native species in Korea (II). National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 516pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2017. Nationwide survey of non-native species in Korea (III). National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 671pp.
- NIE (National Institute of Ecology). 2018. Nationwide survey of non-native species in Korea (IV). National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 705pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2011. Biodiversity comprehensive report of Baekdudaegan protected areas. Ministry of Environment, National Institute of Ecology, Seochon, Korea, 196pp.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 1996. Survey for ecological impact by naturalized organisms (II). National Institute of Biological Resources, Incheon, Korea, 230pp.
- NPRI (National Park Research Institute). 2014. A study on the management of specific foreign species. National Park Research Institute, Wonju, Korea, 140pp.
- NPRI (National Park Research Institute). 2019. 2019 National Park resource survey. Freshwater fishes. National Park Research Institute, Wonju, Korea, 97pp.
- Park, J.S., S.H. Kim, H.T. Kim, J.G. Kim, J.Y. Park and H.S. Kim. 2019. Study on feeding habits of *Micropterus salmoides* in habitat types from Korea. Korean J. Ichthyol., 31: 39-53.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. Fish. Bull., 152: 1-105.
- Son, Y.M. and H.G. Byeon. 2001. The diet of the major carnivorous fish species (*Erythroculter erythropterus*, *Opsariichthys uncirostris amurensis*, and *Micropterus salmoides*) in Paldang Lake. Inst. Bas. Sci. Seowon Univ., 15: 61-78.
- Won, D.H., S.J. Kwon and Y.C. Jeon. 2005. Aquatic Insects of Korea. Korean Ecosystem Service, Seoul, Korea, 415pp.
- Yodo, T. and S. Kimura. 1998. Feeding habits of largemouth bass *Micropterus salmoides* in lakes Shorenji and Nishinoko, central Japan. Nippon Suisan Gakk., 64: 26-28.
- You, D.J. 2007. Fish fauna of dam lake and reservoir in Gyeong-sangbuk-do. Doctoral Thesis, Chonnam National University, Gwangju, Korea, 360pp.
- Yun, I.B. 1995. Aquatic Insects of Korea. Junghaeng Publ. Co., Seoul, Korea, 262pp.