

옥정호에 도입된 배스 *Micropterus salmoides*의 식성 및 어류상에 미치는 영향

고명훈 · 박종영* · 이용주¹

전북대학교 자연과학대학 생물과학부, ¹전주교육대학교 과학교육학과

Feeding Habits of an Introduced Large Mouth Bass, *Micropterus salmoides* (Perciformes; Centrarchidae), and Its Influence on Ichthyofauna in the Lake Okjeong, Korea by Myeong-Hun Ko, Jong-Young Park* and Yong-Joo Lee¹ (Faculty of Biological Science, College of Natural Science, Chonbuk National University, Jeonju 561-756, Korea; ¹Department of Science Education, Jeonju National University of Education, Jeonju 560-757, Korea)

ABSTRACT Feeding habits of *Micropterus salmoides* were investigated from the stomach contents of specimens ranging from 13 to 511 mm in standard length (n=419), which are collected in the Lake Okjeong, Korea, 2006 to 2007. *M. salmoides* is a very strong carnivorous fish eating living organisms such as lots of fishes, small amount of aquatic insects and shrimps. As they grow, the feeding habits changed : they fed mainly on Branchioda in 10 to 20 mm in SL., aquatic insects and small fishes in 30 to 50 mm in SL., fishes including *Zacco platypus*, *Hemiculter eigenmanni* and *Rhinogobius brunneus* over 50 mm. However, among the prey organisms, *M. salmoides* most preferred living fishes. Analyzing ichthyofauna of the Lake Okjeong from 1981 to the present investigation, after and before introduction of *M. salmoides*, it was showed that there was a certain reduction in fish diversity. Consequently, it is likely to let the strongly fish-eating habit to reduce a diversity of native fishes in the lake.

Key words : *Micropterus salmoides*, feeding habit, Lake Okjeong, species diversity

서 론

우리나라의 외래어종은 부족한 식량자원을 확보하기 위하여 1960~1970년대에 대부분 도입되었으며 모두 28종에 이르고 있다(이 등, 2002). 하지만 이러한 외래어종이 토착 생태계에 미치는 영향을 고려하지 않고 도입되어 방류되었으며 그로 인해 강과 호수의 생태계에 많은 영향을 미치고 있다. 특히 배스 *Micropterus salmoides*, 블루길 *Lepomis macrochirus*, 떡붕어 *Carassius cuvieri*는 자원조성용으로 들여온 종들로 대부분의 강과 호수에 적응, 확산되어 기존의 우리나라 담수어류를 포식하거나 먹이경쟁을 계속하고 있어 생태계를 교란시키고 있다(김 등, 1996; 이 등, 2002; 김 등, 2005).

배스는 1973년 수산청에서 국내 자원조성용으로 미국에서 도입하여 방류되었으며, 이후 국내 하천 및 댐에 적응,

확산되면서 수생태계에서 최상위 포식자로 군림하여 생태계에 큰 변화를 일으키고 있는 것으로 알려졌다(김 등, 1996; 김 등, 2005). 1973년 배스가 처음 시험 방류된 토교지(철원)와 팔당호는 지금까지 담수 어류의 분포에 많은 영향을 주고 있으며(손, 1994; 변 등, 1997; 손과 변, 2001), 대형호인 의암호, 대청호, 안동호, 옥정호 등에 우세하게 출현하고 있다(김 등, 1996; 최, 2005). 우리나라의 배스에 관한 연구는 배스를 포함하는 군집의 종간 상관성(홍과 손, 2003), 분포와 영향(김 등, 1996; 이 등, 2002), 식성(손과 변, 2001; 이 등, 2005) 등의 조사가 있으나 배스의 도입으로 인한 수생태계 변화나 퇴치방안에 대한 연구는 많이 이루어지지 않았다.

옥정호는 1965년 우리나라 최초의 다목적댐인 섬진강댐의 축조로 생성되었으며 전라북도 임실군과 정읍시의 5개 면에 위치하고 있다. 섬진강댐은 높이 64 m, 길이 344.2 m, 담수면적은 26 km², 최대저수용량 4.7억 톤으로 국내 인공호 중 비교적 대형호에 속한다(건설교통부와 한국수자원공사,

*교신저자: 박종영 Tel: 82-63-270-3344, Fax: 82-63-270-3362, E-mail: park7877@chonbuk.ac.kr

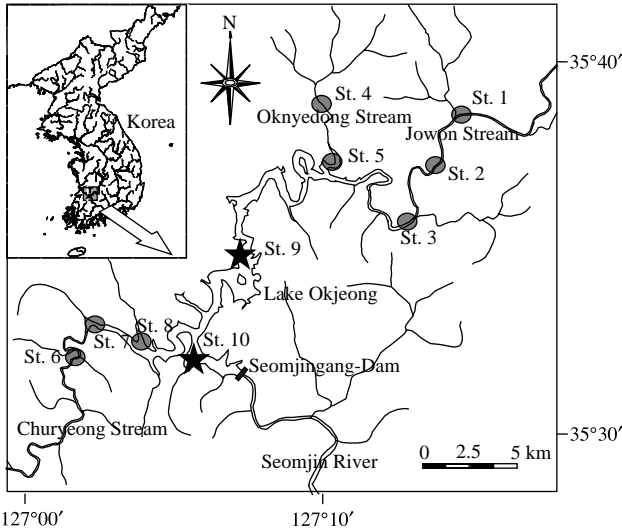


Fig. 1. Collection stations of *Micropterus salmoides* in the Lake Okjeong, Jeollabuk-do, Korea. Dark circles: direct collection stations, Dark stars: fishing contest stations (St. 1: Hoam-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun; St. 2: Yongam-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun; St. 3: Samhak-ri, Sinpyeong-myeon, Imsil-gun; St. 4: Ssangam-ri, Unam-myeon, Imsil-gun; St. 5: Sayang-ri, Unam-myeon, Imsil-gun; St. 6: Maejuk-ri, Sannae-myeon, Jeongeup-si; St. 7: Neunggyo-ri, Sannae-myeon, Jeongeup-si; St. 8: Wonduck-ri, Sannae-myeon, Jeongeup-si; St. 9: Maam-ri, Unam-myeon, Imsil-gun; St. 10: Jongseong-ri, Sannae-myeon, Jeongeup-si).

2002). 옥정호에서의 배스의 유입은 1990년 초로 추정되나 도입경로는 밝혀지지 않았으며, 이후 옥정호 전역에 확산되어 분포하게 되었다(김 등, 1996).

본 연구에서는 생태계에 영향을 미치는 외래어종 배스를 옥정호에서 채집하여 식성을 조사함으로써 토착어종 및 생태계에 미치는 영향에 대해 논의하고자 한다.

재료 및 방법

채집은 전라북도 임실군과 정읍시에 위치한 옥정호와 옥정호에 유입되는 조원천, 추령천, 옥너동천에서 2006년부터 2007년까지 이루어졌다(Fig. 1). 동서출현종은 2006년 봄(5월), 여름(8월), 가을(10월)로 나누어 채집하였으며 배스는 봄(4~5월), 여름(7~8월), 가을(9~10월)로 나누어 집중적으로 채집하였다. 채집은 투망, 족대 등을 이용하였으며 일부 인조미끼를 이용한 루어낚시를 병행하였다. 채집된 개체는 현장에서 바로 복강에 100% 포르말린용액을 주사한 다음 10% 포르말린용액에 고정하였고, 고정된 표본은 실험실로 가져와 전장과 체장, 체중을 측정하였다. 또한 2004년 5월 30일 정읍시와 KSA(한국 스포츠피싱 협회)가 주관한 옥정호 배스낚시대회와 2007년 5월 6일 임실군과 KSA가

Table 1. The environmental conditions of studied stations in the Lake Okjeong

St.	Water width (m)	Water depth (cm)	*Bottom structure (%)					
			M	S	G	P	C	B
1	70~80	50~100	10	5	5	40	30	10
2	30~40	30~70	20	5	10	30	30	5
3	70~100	100~300	40			20	40	
4	10~15	20~50				30	60	10
5	80~150	100~200	40		10	20	30	
6	50~60	50~120				10	20	70
7	150~180	100~700	90					10
8	150~200	100~500	60				20	20

*M: Mud (~0.1 mm), S: Sand (0.1~2 mm), G: Gravel (2~16 mm), P: Pebble (16~64 mm), C: Cobble (64~256 mm), B: Boulder (256 mm<-) by Cummins (1962)

주관한 옥정호 배스낚시대회에서 잡힌 배스를 현장에서 바로 전장과 체장, 체중, 먹이생물을 조사하였다.

동서출현종은 김 등(2005)에 따라 동정하였으며 이전에 보고된 이와 김(1981), 김 등(1996)의 어류상과 비교하였다. 소화관 내용물은 위를 절개하여 먹이생물을 꺼낸 후 동물성플랑크톤은 조(1993), 수서곤충은 윤(1995), 어류는 김 등(2005)에 따라 분류 동정하여 계수 및 크기와 중량 등을 측정하였다. 먹이생물 분석에 있어 체장 10~20mm로 작은 치어는 광학현미경상에서 별도로 관찰하여 계수 및 부피를 계산하였으며, 30mm 이상 되는 치어와 성어는 상대중요성지수(index of relative impotence, IRI)를 Pinkas *et al.* (1971)의 방법으로 계산하여 백분율(%)로 환산하여 비교하였다.

$$IRI=(N+W) \times F_i$$

(N: 먹이생물 총 개체수에 대한 백분율, W: 먹이생물 전체 중량에 대한 백분율, F_i: 각 먹이생물의 출현빈도)

결 과

1. 서식지 환경

조사지점의 물리적 환경은 Table 1과 같으며, 옥정호 호내 지점인 St. 3, 5, 7, 8은 유폭이 70~200m, 수심은 100~200cm, 하상은 진흙이 가장 많은 비율을 차지하고 있었고 그 다음으로 돌과 자갈의 순으로 이루어져 있었다. 수변부에는 달뿌리풀, 부들, 마름과 같은 수중식물들이 비교적 잘 발달되어 있었고, 이곳에서 많은 배스가 연중 서식하고 있었다. 옥정호 유입하천 중 조원천의 St. 1, 2는 유폭이 30~80m이고 수심은 30~100cm였으며 하상은 주로 돌과 자갈로 이루어져 있었다. 또한 보가 설치되어 정수역이 비교적 넓었으며 수변부에는 수중식물들이 서식하고 있었고, 이곳에서도 배스가 연중 서식하였으며 5~6월에는 배스의 어

린치어가 자주 관찰되었다. 옥너동천의 St. 4는 유폍 10~15 m, 수심 20~50 cm로 소규모 하천으로 하상은 주로 돌과 자갈로 이루어져 있었다. 이곳에서는 크기가 100 mm 미만의 배스 치어만이 7월부터 10월까지만 한정적으로 출현하였다. 추령천의 St. 6은 유폍 50~60 m, 수심 50~120 cm이고 하상은 큰돌이나 암반이 주를 이루고 있었다. 이곳은 5월부터 10월까지만 호내의 배스가 소상하여 출현하였

고 대부분 200 mm 이하의 크기가 작은 개체였다. 특히 8월부터 10월까지는 50~100 mm의 배스 치어가 무리를 이루며 서식하고 있었다.

2. 소화관 내용물 조성

체장 30 mm 이상 되는 배스는 모두 345개체가 채집되었고, 최대어는 체장 511 mm (체중 2,600 g)이었다 (Fig. 2). 이 중 209개체에서 먹이생물이 관찰되어 공복률은 39.4%로 나타났으며 먹이생물의 수는 526개체 (1개체 당 평균 2.5개체)였다. 상대중요성지수는 어류가 96.8%로 대부분을 차지하였으며 수서곤충이 2.9%, 새우류 (Decapoda)가 0.3%로 나타났었다 (Table 2).

섭식된 어류에서 중요한 먹이생물은 피라미 *Zacco platypus*, 치리 *Hemiculter eigenmanni*, 밀어 *Rhinogobius brunneus*, 블루길 *Lepomis macrochirus* 순으로 나타났다. 피라미는 출현빈도가 29.2%, 개체수비 26.0%, 중량비 30.7%로 나타나 상대중요성지수가 50.4%로 가장 중요한 먹이로 나타났으며, 치리는 출현빈도가 22.0%, 개체수비 26.8%, 중량비 21.2%로 나타나 상대중요성지수가 32.2%로 두 번째로 높

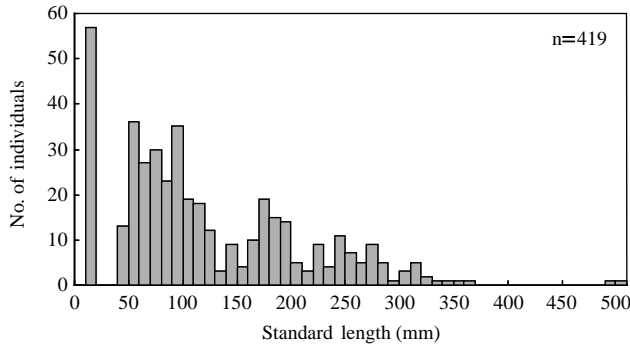


Fig. 2. Standard length frequency of *Micropterus salmoides* in the Lake Okjeong from 2006 to 2007.

Table 2. Composition of stomach contents in *Micropterus salmoides* (n=345) by frequency of number, weight, occurrence and index of relative importance in the Lake Okjeong from 2006 to 2007

Prey organisms	Number	Number (%)	Weight (%)	Occurrence (%)	IRI	IRI (%)
Phylum Arthropoda						
Class Crustacea						
Decapoda	8	1.5	0.9	3.8	9.1	0.3
Class Insecta						
Ephemeroptera	13	2.5	0.6	5.3	15.9	0.5
Odonata	11	2.1	1.6	4.8	17.4	0.5
Dpitera	34	6.4	0.6	5.7	33.9	1.0
Trichoptera	37	7.0	0.8	3.8	30.0	0.9
Unidentified insect	2	0.4	+	1.0	0.4	+
Phylum Chordata						
Class Osteichthyes						
<i>Cyprinus carpio</i>	1	0.2	0.3	0.5	0.2	+
<i>Carassius auratus</i>	8	1.5	10.1	2.4	27.7	0.8
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	4	0.8	1.8	1.9	5.0	0.2
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	1	0.2	1.4	0.5	0.7	+
<i>Acheilognathus</i> spp.	15	2.9	4.5	4.3	31.8	1.0
<i>Pseudorasbora parva</i>	2	0.4	1.1	1.0	1.4	+
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	2	0.4	2.9	1.0	3.2	0.1
<i>Zacco platypus</i>	137	26.0	30.7	29.2	1654.9	50.4
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	141	26.8	21.2	22.0	1056.9	32.2
<i>Hemibarbus longirostris</i>	1	0.2	0.3	0.5	0.2	+
<i>Cobitis tetralineata</i>	1	0.2	+	0.5	0.1	+
<i>Plecoglossus altivelis</i>	15	2.9	2.0	4.3	20.8	0.6
<i>Siniperca scherzeri</i>	1	0.2	3.0	0.5	1.5	+
<i>Rhinogobius brunneus</i>	30	5.7	2.9	10.5	90.4	2.8
<i>Tridentiger brevispinis</i>	3	0.6	1.3	1.4	2.7	0.1
<i>Micropterus salmoides</i>	2	0.4	1.6	1.0	2	0.1
<i>Lepomis macrochirus</i>	14	2.7	6.3	4.3	38.5	1.2
Unidentified fish	44	8.4	4.7	18.2	237.4	7.2
Total	527	100	100	100	3,282.1	100

+: less than 0.1%

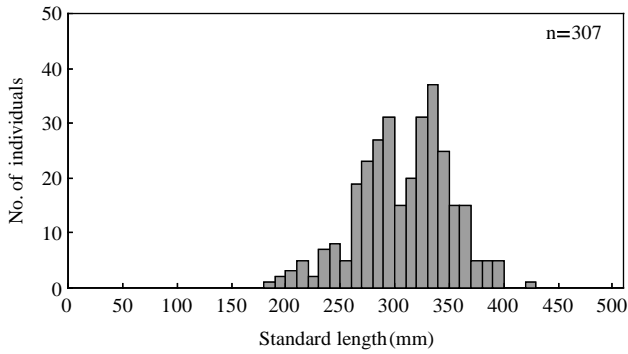


Fig. 3. Standard length frequency of *Micropterus salmoides* by fishing contests in the Lake Okjeong between 2004 and 2007.

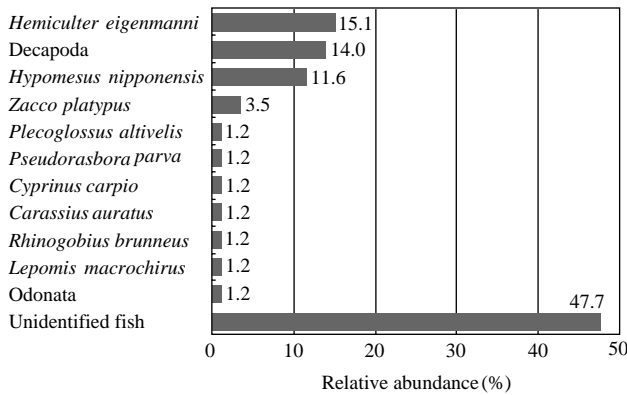


Fig. 4. Relative abundance (individuals number) of stomach contents of *Micropterus salmoides* (n=307) by fishing contests in the Lake Okjeong between 2004 and 2007.

게 나타났다. 밀어는 출현빈도가 10.5%, 개체수비 5.7%, 중량비 2.9%로 나타나 상대중요성지수가 2.8%였으며, 블루길은 출현빈도가 4.3%, 개체수비 2.3%, 중량비 6.3%로 나타나 상대중요성지수가 1.2%로 나타났다. 그 밖에 납지리속 *Acheilognathus* spp., 붕어 *Carassius auratus*, 은어 *Plecoglossus altivelis* 순으로 나타났으며 민물검정망둑 *Tridentiger brevispinis*, 참물개 *Squalidus chankaensis tsuchigae*, 돌고기 *Pungtungia herzi*, 배스, 잉어 *Cyprinus carpio*, 참마자 *Hemibarbus longirostris*, 줄종개 *Cobitis tetralineata*, 쏘가리 *Siniperca scherzeri*가 소수 관찰되었다. 수서곤충에 있어서는 파리목(Diptera)의 깔다구류, 날도래류(Trichoptera), 잠자리류(Odonata), 하루살이류(Ephemeroptera) 순으로 높게 나타났으며, 그 밖에 새우류와 육상곤충이 소수 출현하였다. 섭식된 어류에 있어서는 표층성 어류인 피라미, 치리뿐만 아니라 중층형 어류인 블루길, 붕어, 납지리 등과 저서성 어류인 밀어, 민물검정망둑, 줄종개 등 모든 수층에 서식하는 어류가 섭식 대상이 되었다.

2004년과 2007년 옥정호 배스낚시대회에서 조사한 개체

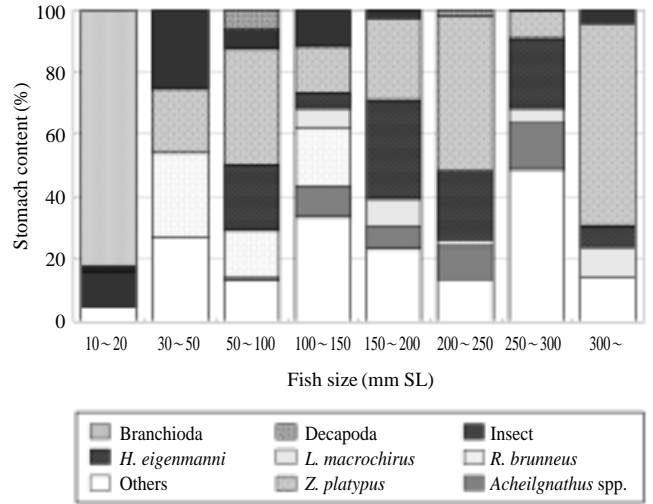


Fig. 5. Ontogenetic changes in diet by % body weight (10~20 mm volume) of *Micropterus salmoides*.

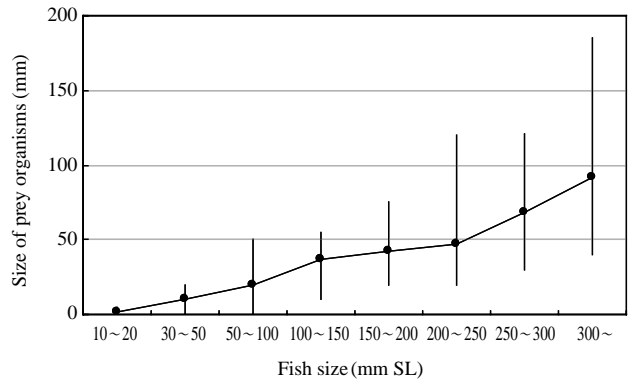


Fig. 6. Ontogenetic change in sizes of prey organisms of *Micropterus salmoides* (Circles and bars represent the mean and range).

는 모두 307개체였으며 체장범위는 180~440 mm로 비교적 큰 개체들이었다(Fig. 3). 이중 먹이생물이 관찰된 개체는 55개체로 공복률이 82.1%로 매우 높게 나타났으며 먹이생물은 86개체(1개체 당 평균 1.6개체)가 관찰되었다. 먹이생물(개체수비)은 치리가 15.1%로 가장 높게 나타났으며, 새우류 12.0%, 붕어 *Hypomesus nipponensis* 11.6%, 그 밖에 피라미, 은어, 참붕어 *Pseudorasbora parva*, 잉어, 붕어, 밀어, 블루길, 잠자리류가 소수 출현하였다. 또한 소화가 진행되어 미동정된 개체는 47.87%로 매우 높게 나타났다.

3. 성장에 따른 먹이 조성의 변화

본 조사에서 채집된 어류 중 먹이를 섭식한 개체를 체장 50 mm 간격(50 mm 이하는 10~20, 30~50 mm로 구분)으로 먹이생물의 조성변화와 크기변화를 관찰하였다(Figs. 5,

6).

체장 10~20 mm (섭식 개체수 n=19)의 어린 크기군에서는 먹이크기가 1.3 ± 1.34 (0.5~5.0) mm이었으며, 공복률은 5%, 평균 먹이생물 수는 54.0개체였다. 부피에서는 지각류가 83.5%를 차지하여 가장 중요한 먹이원이었으며 그 밖에 깔다구류 11.8%, 요각류 2.5%, 실지렁이 1.7%로 나타났다. 체장 30~50 mm (n=10)의 크기군에서는 먹이크기가 10 ± 5.6 (1~20) mm이었으며, 평균 먹이생물 수는 1.9개체로 나타나 10~20 mm 크기군에 비해 먹이크기가 급격히 증가하였지만 먹이생물 수는 급격히 감소하였다. 중량비는 밀어 27.1%, 수서곤충 25.4%, 피라미 20.3%로 나타나 소형어류와 수서곤충이 중요한 먹이원으로 나타났다. 체장 50~100 mm (n=77)의 크기군에서는 먹이크기가 20 ± 13.0 (1~50) mm이었으며 평균 먹이생물 수는 1.8개체였다. 중량비는 피라미 37.2%로 가장 중요한 먹이원이었으며 치리 21.1%, 밀어 15%, 수서곤충 6.2%, 새우류 6.2% 순으로 나타나 30~50 mm 크기군에서 높았던 수서곤충과 밀어의 비율은 감소하고 피라미와 치리가 증가하는 경향을 보였다. 체장 100~150 mm (n=31)의 크기군에서는 먹이크기가 37 ± 11.7 (10~55) mm이었으며 평균 먹이생물 수는 2.3개체였다. 중량비는 밀어 18.9%, 피라미 15.1%, 수서곤충 11.6%, 납지리속 9.5%, 블루길 6.0%, 치리 5.0%로 나타나 다른 크기군에 비해 다양한 먹이를 골고루 섭식하였다. 체장 150~200 mm (n=44)의 크기군에서는 먹이크기가 42 ± 11.8 (25~75) mm이었으며 평균 먹이생물 수는 3.6개체였다. 중량비는 치리 31.8%, 피라미 26.2%로 나타나 이 두 종이 중요한 먹이원으로 나타났으며 그 밖에 블루길 9.0%, 납지리속 6.9%로 나타나 100~150 mm 크기군에 비해 밀어와 수서곤충비가 감소하였으며 치리가 급격히 증가하였다. 체장 200~250 mm (n=24)의 크기군에서는 먹이크기가 47 ± 20.3 (20~120) mm이었으며 평균 먹이생물 수는 3.4개체였다. 중량비

는 피라미 49.3%로 나타나 가장 중요한 먹이원이었으며 그 다음으로 치리 22.3%, 납지리속 10.4%로 나타났다. 체장 250~300 mm (n=15)의 크기군에서는 먹이크기가 68 ± 28.4 (30~125) mm이었으며 평균 먹이생물 수는 2.4개체였다. 중량비는 치리 22.6%, 납지리속 14.7%, 피라미 8.7%, 블루길 4.7%로 나타났다. 납지리속은 100~150 mm 크기군 이후부터 10% 내외로 꾸준히 나타나고 있는데 이는 납지리속 어류가 체고가 높아 일정한 크기 이상에서만 섭식되는 것으로 판단된다. 체장 300 mm 이상 (n=7)의 크기군에서는 먹이크기가 92 ± 47.8 mm이었으며 최대 185 mm (최소 40 mm)까지 섭식하였고 평균 먹이생물 수는 1.6개체였다. 중량비는 피라미가 64.8%로 가장 중요한 먹이생물로 나타났고 그 다음으로 블루길 9.5%, 치리 6.7% 순으로 나타났다.

배스는 성장함에 따라 꾸준히 먹이 생물의 크기가 증가하는 경향을 보였으며 이에 따라 먹이생물도 바뀌었는데, 10~20 mm에서는 지각류가 가장 높게 나타났고, 30~50 mm에서는 수서곤충과 소형어류가 높게 나타났다. 50 mm 이상의 개체에서는 대부분 어류가 차지하였는데, 공통적으로 피라미와 치리가 가장 높게 나타났으며 그 다음으로 50~100 mm에서는 밀어와 수서곤충이, 100~150 mm에서는 납지리속과 수서곤충이, 150 mm 이상은 납지리속과 블루길이 높게 나타났다.

4. 서식지 유형별 먹이 조성

조사지점 중 유입하천 (St. 1, 2, 4, 6)에 속하는 지역과 옥정호 호내 (St. 3, 5, 7, 8)에 속하는 지역을 나누어 먹이조성 차이를 중량비로 조사하였다 (Fig. 7). 유입하천에서 채집된 개체 (n=133)에서는 피라미 16.1%, 붕어 13.9%, 납지리속 9.5%로 높게 나타났으며 그 다음으로 쏘가리 6.7%, 밀어 6.0%로 나타났으며 그 밖에 블루길 4.4%, 납지리속 4.4%, 수서곤충 2.6%, 새우류 1.3%, 실지렁이 0.9%, 미꾸라지 0.8%, 잉어 0.2%, 곤충 0.4%, 갑각류 0.2%로 나타났다. 호내에서는 피라미 37.2%, 붕어 29.9%, 납지리속 8.3%, 블루길 9.1%, 수서곤충 1.5%, 새우류 1.4%, 실지렁이 2.0%, 미꾸라지 0.4%, 잉어 3.3%, 곤충 2.2%, 갑각류 1.1%로 나타났다.

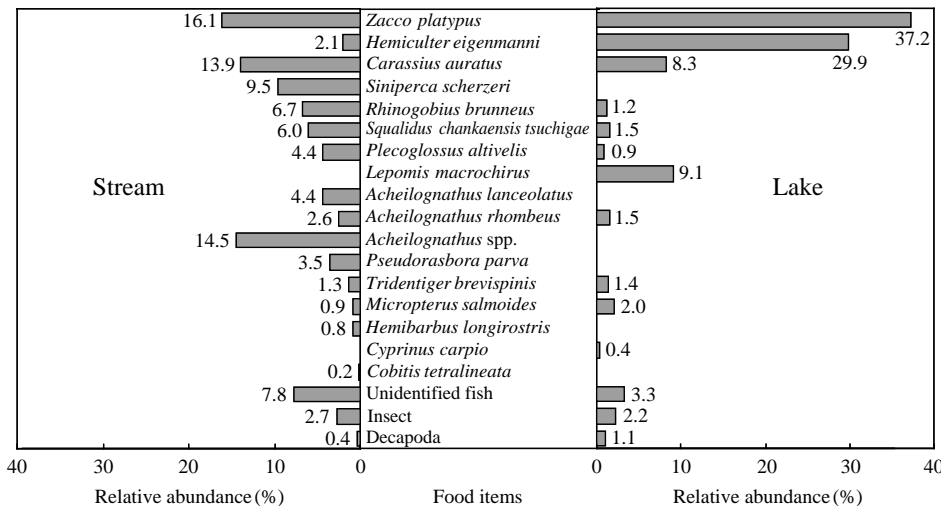


Fig. 7. Relative abundance (body weight) of stomach contents in *Microp-terus salmoides* between the inflow Streams (n=133) and Lake Okjeong (n=212) from 2006 to 2007.

Table 3. Fish species composition investigated in the Lake Okjeong from Spring, Summer and Autumn 2006

Species/Korean name	Station								Total	R.A. (%)	Remarks
	1	2	3	4	5	6	7	8			
Cyprinidae 잉어과											
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어		1					3	1	4	0.12	
<i>Carassius auratus</i> 붕어	2	1					7		10	0.31	
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	7			1	7	18			33	1.02	
<i>Rhodeus uyekii</i> 각시붕어		2					8		10	0.31	En
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 납자루	48								48	1.48	
<i>Acheilognathus koreensis</i> 칼납자루	7	4	5		4	30			50	1.54	En
<i>Acheilognathus majusculus</i> 큰줄납자루	4	7							11	0.34	En
<i>Acheilognathus rhombeus</i> 납지리	2	15					10		27	0.83	
<i>Acanthorhodeus gracilis</i> 가시납지리		5							5	0.15	En
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리					2				2	0.06	En
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치	7	5				5	20		37	1.14	
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	38	8		3	7	2			58	1.78	
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기	12								12	0.37	En
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개	10				15				25	0.77	En
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> 참물개	100	15	75				20	90	45	9.23	En
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자	7				4	5			16	0.49	En
<i>Microphysogobio koreensis</i> 모래주사		1	1						2	0.06	En, Th
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	5		2		1	8			16	0.49	
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어	1				5				6	0.18	
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니	30				35				65	2.00	En
<i>Zacco platypus</i> 피라미	187	71	55	55	82	122	40		612	18.82	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치				2	5				7	0.22	
<i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리		7	90		45		265	160	407	12.52	En
Cobitidae 미꾸리과											
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리					1				1	0.03	
<i>Iksookimia longicorpa</i> 왕종개	2			10	2	2			16	0.49	En
<i>Cobitis tetralineata</i> 줄종개	5		6			8	6	8	25	0.77	En
Centropomidae 꺾지과											
<i>Siniperca scherzeri</i> 쏘가리							7		7	0.22	
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지						2			2	0.06	En
Siluridae 메기과											
<i>Silurus asotus</i> 메기	1								1	0.03	
Bagridae 동자개과											
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> 동자개							1		1	0.03	
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개						1			1	0.03	En
Amblycipitidae 통가리과											
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> 자가사리						2			2	0.06	En
Osmeridae 바다빙어과											
<i>Hypomesus nipponensis</i> 빙어						5			5	0.15	La
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어	19	15		3	8	58			103	3.17	La
Centrarchidae 검정우럭과											
<i>Lepomis macrochirus</i> 블루길	2	1				1	30	12	34	1.05	Ex
<i>Micropterus salmoides</i> 배스	11	5	15	15	5	45	52	7	148	4.55	Ex
Odontobutidae 동사리과											
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리	2				1				3	0.09	En
<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리		1							1	0.03	En
Gobiidae 망둑어과											
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	45		216	4	105	259	10	45	639	19.66	La
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검점망둑			15	60	350	65	5		495	15.23	
Channidae 가물치과											
<i>Channa argus</i> 가물치							5		5	0.15	
Family	7	4	4	5	6	8	7	4	11		
Species	24	17	10	9	19	19	16	7	41		
Number of individuals	554	164	480	153	684	658	559	278	3,252		

RA: Relative abundance, En: Endemic species of Korea, Ex: Exotic species, La: Land-locked fish, Th: Threaten species

6.7%, 참물개 6.0%, 은어 4.4%, 납자루 4.4% 등의 순으로 나타났다. 옥정호 호내에서 채집된 개체 (n=212)에서는 피라미 37.2%, 치리 29.9%로 이 두 종이 대부분을 차지하고 있었으며 그 다음으로 블루길 9.1%, 붕어 8.3% 등의 순으로 나타났다. 따라서 하천과 옥정호 호내에 서식하는 배스의 먹이생물은 공통적으로 피라미가 가장 높게 나타났지만 옥정호 내에서는 배스는 피라미와 치리가 매우 높게 나타나고, 하천의 배스는 붕어, 납지리속, 밀어 등이 나타나 보다 다양하고 균등하게 어종들을 섭식하여 차이를 보였다.

5. 동소출현증

옥정호에 대한 어류조사를 실시한 결과 Table 3과 같이 총 11과 41종이 출현하였다. 출현한 어종 중 한국 고유종은 18종 (43.9%)으로 높은 비율을 차지하였으며, 환경부 멸종위기 야생 동·식물 II급 어류인 모래주사는 조원천의 용암리 (St. 2)와 삼학리 (St. 3)에서 1개체씩 채집되었다. 채집된 어류의 우점종은 밀어 (19.7%)와 피라미 (18.8%), 아우점종은 민물검정망둑 (15.2%), 치리 (12.5%), 참물개 (9.2%), 그 다음으로 배스 (4.6%), 은어 (3.7%), 참갈겨니 (2.0%), 참마자 (1.8%), 칼납자루 (1.5%), 납자루 (1.5%) 순으로 우세하게 나타났다. 조사지점 중 유입하천에 해당하는 St. 1, 2, 6은 24종, 17종, 19종으로 비교적 많은 수의 어류가 출현하였고 하천에 주로 서식하는 피라미, 참물개, 납자루, 참마자 등의 어류가 우세하게 출현하였다. 호내 또는 하천접경지역의 St. 3, 5, 7, 8은 10종, 19종, 16종, 7종이 출현하였고 비교적 호소에 많이 서식하고 있는 치리, 피라미, 밀어, 배스, 블루길 등의 어류가 우세하게 나타났다.

고 찰

우리나라의 담수 외래어종은 양식용, 자원조성용, 실험용으로 도입되었고, 1929년 자원증강을 목적으로 일본의 대화잉어 (일본명: Yamato)를 시작으로 특히 1960~1970년대 부족한 식량자원을 확보하기 위하여 많은 종이 도입되었다 (이 등, 2002). 양식용으로 들여온 종은 초어 *Ctenopharyngodon idellus*, 백련어 *Hypophthalmichthys molitrix*, 대두어 *Aristichthys nobilis*, 향어 *Cyprinus carpio* (Israeli type), 무지개송어 *Onchorhynchus mykiss*, 찬넬동자개 *Ictalurus punctatus* 등이고, 자원조성용으로 들여온 종은 배스, 블루길, 떡붕어 등이며, 실험용으로는 금빛황어 *Leuciscus idus*, 점박이송사리 *Rivulus marmoratus* 등으로 모두 28종에 달한다. 이들은 일부 종을 제외하고는 많은 종들이 토착화 되었으며 배스, 블루길, 떡붕어는 대부분의 강과 호수에 적응하고 확산됨으로써 수생태계에 지속적으로 문제점을 일으키고 있는 것으로 알려져 있다 (김 등, 1996; 손과 변, 2001; 김과

박, 2002; 이 등, 2002)

현재까지 옥정호에 도입된 외래어종은 초어, 향어, 떡붕어, 블루길, 배스 5종이다 (이와 김, 1981; 김 등, 1996). 그러나 현재 초어, 향어, 떡붕어는 거의 출현하지 않고 있으나 배스와 블루길은 다수 출현하고 있다. 블루길은 1969년 수산청에서 시험양식을 위해 일본으로부터 들여온 종으로 우리나라 대형 인공호에 방류되었는데 옥정호에도 이때 유입된 것으로 보이며 현재 치어부터 성체까지 많은 개체가 서식하고 있으며 출현비율이 1.1%로 나타났다. 블루길은 우리나라에 도입되면서 원산지의 식성에 비해 보다 강력한 육식성을 나타내면서 급속도로 번식하기 때문에 생태계를 교란하는 것으로 보고된 바 있다 (김 등, 1996; 변 등 1997). 옥정호에서 배스의 유입은 1990년대 초에 유입된 것으로 추정되나 정확한 도입경로가 밝혀지지 않았다 (김 등, 1996). 1996년 조사시 배스는 옥정호와 옥정호 하류에서 출현하였으며 옥정호에서는 9.5%로 높은 비율을 보였으나 유입하천인 조원천에서는 배스가 출현하지 않았었다. 본 조사 결과 옥정호뿐만 아니라 조원천에서 배스가 연중 다수 채집되고 있어 유입하천으로 확장 및 정착된 것으로 판단되며 상대비율도 전체 4.6%로 비교적 높게 나타났다.

수생태계에 새로운 어종이 도입되면 서식지, 포식, 경쟁, 섭식 등의 다양한 생물학적 환경요인에 영향을 받게 되는데, 이때 먹이생물은 생존에 무엇보다 중요하며 토착화 기간이나 서식지의 종류, 먹이경쟁에 따라 변화되기도 한다 (Mittelbach, 1984; Peter and Joseph, 2000). 본 조사지역은 서식지에 따라 크게 호내와 유입하천으로 나누어 볼 수 있으며 모두 배스가 다수 서식하고 있었다. 유입하천에 속하는 조사지점에서는 피라미, 참물개, 납자루, 참마자 등의 어류가 우세하게 출현하였고 비교적 다양한 어류가 서식하였는데, 이곳의 배스 먹이생물도 이와 비슷하게 피라미, 붕어, 밀어, 납자루아과 어류 등이 비교적 높게 출현하였다. 호내의 조사지점에서는 치리, 피라미, 밀어, 블루길 등의 일부 어류가 매우 높게 출현하였는데, 이곳의 먹이생물에서도 피라미, 치리, 블루길 등이 높은 비율을 차지하고 있어 서식지에 따라 먹이생물이 다르게 나타나는 것을 알 수 있었다.

2004년과 2007년에 개체된 옥정호 배스낚시대회에서 채집된 개체는 180~450mm로 개체크기가 본 조사보다 크게 나타났다. 또한 공복률이 82.1%로 매우 높게 나타났으며, 소화가 되어 미동정된 어류도 47.7%로 높게 나타났다. 이러한 원인은 낚시대회에서 인조미끼를 사용하기 때문에 일정크기 이상의 개체만 포획되었으며, 포획된 개체는 낚시대회가 끝날 때까지 스트레스를 받아 토해내거나 소화가 진행되었기 때문에 공복률과 미동정 개체가 증가한 것으로 판단된다. 또한 낚시대회에서 관찰된 먹이생물은 치리와 빙어, 피라미 등의 어류와 새우류가 높게 나타나 본 조사결과에 약간의 차이점을 보였는데 이는 본 낚시대회가 5월에

만 개최되었고 개최 장소가 수심이 깊은 옥정호 중앙부였기 때문에 판단된다.

손과 변(2001)은 팔당호에서 서식하는 배스의 식성은 출현비율에 있어서 수서곤충, 어류, 새우류, 육상곤충 순이고 생체량은 어류, 새우류, 수서곤충, 육상곤충 등의 순으로 나타나 어류뿐만 아니라 수서곤충, 새우류, 육상곤충도 중요한 먹이원으로 보고하였다. 이 등(2005)은 출현비율에 있어 팔당호의 배스 식성은 어류 36.9%, 수서곤충 14.8%, 육상곤충 13.3% 연체동물 12.2%, 새우류 10.3%이며, 토교저수지의 배스 식성은 수서곤충 40.0%, 연체동물 23.8%, 어류 17.5% 새우류 6.3%로 나타나고 있어 여러 가지 분류군이 중요한 먹이원으로 이용되고 있음을 보고하였다. 그러나 옥정호의 경우 출현비율과 상대중요성지수에서 어류가 대부분을 차지하였으며 새우류, 수서곤충, 육상곤충의 비율은 상대적으로 낮게 나타났으며 연체동물은 섭식하지 않았다. 또한 섭식된 어류에 있어서도 팔당호(손과 변, 2001)에서는 대부분 치어라고 하였지만 옥정호에서는 치어뿐만 아니라 성어도 많이 섭식되어 차이를 보였다.

성장에 따른 먹이변화에 있어 일본의 비와(Biwa)호는 50 mm (SL) 이하에서 주로 동물성플랑크톤을, 50 mm 이상일 때 완전 어식성으로 변한다고 보고하였으며(川那部·水野, 1989), 또한 우리나라의 팔당호(손과 변, 2001)의 경우 100 mm (SL) 이하에서는 생체량이 어류, 수서곤충, 새우류 순으로, 100 mm 이상에서는 어류, 새우류, 수서곤충의 유충, 육상곤충 등의 순으로 나타나며, 체장이 커질수록 먹이크기가 증가하며 어류와 새우류의 비율이 증가한다고 보고하였다. 이러한 결과는 옥정호에서 배스가 성장함에 따라 10~20 mm는 지각류, 30~50 mm는 수서곤충과 소형어류, 50 mm 이상은 어류로의 먹이 전환이 일어나며 체장이 커질수록 먹이크기가 커지는 것과 대체로 비슷하게 나타났다.

강한 어식성 어류인 배스의 이입은 기존에 살고 있는 토착종 어종의 감소로 이어지는 결과를 가져온다. 배스가 처음 이입된 토교저수지의 경우 블루길(출현비율 70.7%)과 배스(15.8%)가 대부분을 차지하였고 토착어종은 대부분 소멸하였거나 희소종으로 전락하였으며, 팔당호에서도 블루길과 배스 두 종의 출현비율의 합이 23.4%로 매우 높은 비율을 차지하고 있는 반면에 대부분의 토착종을 1% 이하의 희소종으로 전락시킨 것으로 보고한 바 있다(이 등, 2002).

옥정호의 과거 어류상을 비교해 보면 1981년(이와 김, 1981)에는 10과 38종, 1996년(김 등, 1996)은 11과 43종, 2006년은 11과 41종으로 나타나 종수에는 큰 차이를 보이지 않았다. 하지만 어류군집 구조에는 큰 변화가 일어났는데, 흰줄납줄개 *Rhodeus ocellatus*, 물개 *Squalidus japonicus coreanus*, 송사리 *Oryzias latipes* 등은 과거에 우세하게 출현하였으나 2006년도에 출현하지 않았고, 잉어, 붕어, 떡붕어, 각시붕어 *R. uyekii*, 큰줄납자루 *A. majusculus*, 가시납

지리 *A. gracilis*, 납지리 *A. rhombeus*, 긴물개 *S. gracilis majimae* 등은 과거에 비해 개체수가 현저히 감소되었다. 특히 흰줄납줄개는 1996년도에 유입하천뿐만 아니라 호내에서도 높은 비율로 출현하였으나 2006년에 단 1개체도 출현하지 않아 주목되며, 물개는 1981년에 우점종으로 출현하였으나 이후 더 이상 출현하지 않은 점으로 보아 참물개를 오동정한 것으로 판단된다. 납자루아과 Acheilognathinae 어류와 붕어, 긴물개, 송사리 등의 어류들이 급속히 감소한 원인은 이들이 다른 어류에 비해 유영능력이 떨어지고 하천의 정수지역에 많이 서식하는 생태적 특징을 가지고 있기 때문에 배스에게 보다 더 쉽게 포식되었기 때문으로 판단된다. 실제로 조사지역 중 조원천은 1996년까지 배스가 서식하지 않았으나 이후 배스가 소상하여 서식하면서 이들의 비율이 급격히 감소하였으며, 이곳에서 채집된 배스의 소화관 내용물에서도 피라미 다음으로 납자루아과 어류와 붕어의 비율이 상대적으로 높게 나타나고 있어 다른 어류들 보다 더 쉽게 포식되는 것으로 판단된다. 과거에 비해 현저히 증가한 어류는 은어, 밀어, 민물검정망둑, 블루길 등이다. 이중 은어는 2001년 은어 수정란이 방류된 후 육봉화 되어 많은 개체가 출현하고 있으며(고 등, 2007), 밀어와 민물검정망둑은 1981년도에 출현하지 않았으나 1996년도에 다수 출현하였고 2006년도에는 우세하게 출현하고 있는데 특히 유입하천 하류에 급증하고 있어 주목된다. 블루길은 1981년도에 소수 출현하였으나 1996년도에는 출현하지 않았고 이후 최근에 다시 개체수가 증가하는 것으로 추정된다.

일본에서도 외래어종인 배스의 유입으로 인해 많은 종들, 특히 고유종이 급격히 감소하거나 지역적으로 사라지게 되어 생태적 파괴를 가져온 것으로 알려져 있다(Yodo and Kimura 1998; 細谷·高橋, 2006). 이로 인해 배스를 퇴치하기 위하여 낚시, 자망, 정치망, 전기충격기 등을 이용하여 포획하거나 저수지나 호수의 물을 빼고 제거하고 있으며, 산란기에 산란장을 파괴하거나 인공산란장을 설치하여 배스의 산란을 막는 방법 등이 시도되고 있다(細谷·高橋, 2006). 따라서 우리나라에서도 배스를 퇴치하기 위해서는 보다 심도 있는 생태조사가 지속적으로 이루어져야 할 것이며 이와 함께 여러 가지 퇴치방안이 강구되어야 할 것이다.

요 약

2006년부터 2007년까지 옥정호에 도입된 외래어종 배스 *Micropterus salmoides*를 채집하여 식성을 조사하였다. 채집된 배스의 체장범위는 13~511 mm (n=419)였다. 배스는 강한 육식성 어종으로 주로 어류를 섭식하였으며 그밖에 수서곤충과 새우류 등을 섭식하였다. 배스는 성장하면서 식성이 변하였는데, 10~20 mm는 주로 지각류를 섭식하였고,

30~50 mm은 수서곤충과 소형어류를, 50 mm 이상의 개체는 피라미, 치리, 밀어와 같은 어류를 주로 섭식하였다. 1981년부터 옥정호의 어류상을 분석한 결과, 강한 육식성 어종인 배스의 도입은 옥정호 토착종의 다양도와 출현비율의 감소를 초래하는 것으로 판단된다.

인 용 문 헌

- 건설교통부 · 한국수자원공사. 2002. 우리가람 길라잡이. 중앙지도문화사, 316pp.
- 고명훈 · 김익수 · 박종영 · 이용주. 2007. 옥정호 육봉형 은어 *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae)의 서식분포와 생태. 한국어류학회지, 19: 24-34.
- 김도한 · 황수옥 · 양홍준 · 전상린 · 최신석 · 김익수 · 최충길. 1996. 댐저수지의 외래어종 분포 및 영향에 관한 연구. 한국수자원공사, 258pp.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사, 615pp.
- 변화근 · 송호복 · 전상린 · 손영목. 1997. 팔당호에 도입된 과랑볼우럭 (*Lepomis macrochirus*)의 식성. 환경생물, 15: 165-174.
- 손영목. 1994. 외래어종에 의한 담수생태계 교란. 자연보존, 88: 30-33.
- 손영목 · 변화근. 2001. 팔당호에 서식하는 주요 육식성 어종 (*Erythroculter erythropterus*, *Opsariichthys uncirostris* and *Micropterus salmoides*)의 식성. 서원대학교 기초과학연구소, 15: 61-78.
- 손영목 · 송호복 · 변화근 · 최재석. 1997. 팔당호의 어류군집 동태. 한국어류학회지, 9: 141-152.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사, 218pp.
- 이완옥 · 강충배 · 박현우 · 한명철 · 변화근 · 명정구 · 노충환 · 홍경호 · 송호복 · 채병수 · 한경호 · 고정락 · 홍영표. 2002. 국내에 도입된 외래어 현황. 2002 한국어류학회 심포지엄, 128pp.
- 이완옥 · 김경환 · 홍관의 · 변명섭. 2005. 팔당호와 토고지에서 외래도입종 배스의 식성. 2005년 한국어류학회 추계학술발표대회 논문요약집, pp. 123-125.
- 이충렬 · 김익수. 1981. 옥정호에 서식하는 어류에 대하여(I). 한국육수학회지, 14: 31-38.
- 조규승. 1993. 한국담수동물플랑크톤도감. 아카데미서적, 389pp.
- 최재석. 2005. 의암호의 어류군집. 한국어류학회지, 17: 73-83.
- 홍영표 · 손영목. 2003. 외래어종 배스, *Micropterus salmoides*를 포함하는 군집의 중간 Association에 관한 연구. 한국어류학회지, 15: 61-68.
- Cummins, K.W. 1962. An evolution of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat., 67: 477-504.
- Mittelbach, G.G. 1984. Predation and resource partitioning in two sunfish (Centrarchidae). Ecol., 65: 499-513.
- Peter, B.M. and J.C.J. Joseph. 2000. Fishes. An introduction to ichthyology. fourth edition. Prentice Hall, pp. 377-388.
- Pinkas, L., M.S. Oliphant and I.K.K. Iverson. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California water. Calif. Dep. Fish Game Fish/Bull., 152: 1-105.
- Yodo, T. and S. Kimura. 1998. Feeding habits of largemouth bass *Micropterus salmoides* in lakes Shorenji and Nishinoko, central Japan. Nippon Suisan Gakkaishi, 64: 26-28.
- 細谷 · 高橋. 2006. ブラックバスを退治する(シナイモツゴ郷の會からのメッセージ). 恒星社厚生閣, 152pp.
- 川邦部 · 水野. 1989. 日本の淡水魚. 山と溪谷社, 東京, pp. 250-502.