

소양호의 도입어종 변동과 어류 군집 특성¹

변화근^{2*}

Fluctuation of Introduced Fish and Characteristics of the Fish Community in Lake Soyang¹

Hwa-Keun Byeon^{2*}

요약

소양호에 서식하는 어류와 도입어종의 서식 실태를 파악하기 위해 8개 지점에서 2013년 3월부터 10월까지 조사를 실시하였다. 채집된 어류는 총 12과 41종이었다. 천연기념물에 속하는 어종은 어름치와 황쏘가리 2종 이었다. 한반도 고유종은 줄납자루를 포함하여 15종으로 고유화빈도가 36.6%를 나타내었다. 2003년 이후 본 조사에서 새로 출현한 어종은 줄납자루, 참붕어, 중고기, 참중고기, 대륙종개, 대농갱이, 무지개송어, 배스 등 이었다. 우점종은 빙어(St. 1, 3, 6, 7, 8), 블루길(St. 2, 4), 피라미(St. 5) 등 이었다. 도입된 어종은 총 12종으로 국내 타수역에서 도입 방류한 어종은 뱀장어, 치리, 대농갱이, 빙어, 갈문망둑, 민물검정망둑 등 6종 이었고 국외에서 도입된 어종은 이스라엘잉어, 떡붕어, 무지개송어, 찬넬동자개, 블루길, 배스 등 6종 이었다.

주요어: 우점종, 타수계 도입종, 외래 도입종, 블루길, 배스

ABSTRACT

The fish community and introduced fish were surveyed at eight stations of Lake Soyang from March to October, 2013. A total of 41 species of twelve families were collected from the survey stations and among them, two species: *Hemibarbus mylodon* and *Siniperca scherzeri* (albino type) were identified as natural monument. There were fifteen Korean endemic species (36.6 %) including *Acheilognathus yamatsutae*. When compared with previous data (2003), *A. yamatsutae*, *Pseudorasbora parva*, *Sarcocheilichthys nigripinnis morii*, *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*, *Orthrias nudus*, *Leiocassisuss ussuriensis*, *Oncorhynchus mykiss*, and *Micropterus salmoides* appeared new in the lake. Dominant species were *Hypomesus olidus* (St. 1, 3, 6, 7, 8), *Lepomis macrochirus* (St. 2, 4) and *Zacco platypus* (St. 5). Of the 12 introduced species fishes in Lake Soyang, *Anguilla japonica*, *Hemiculter eigenmanni*, *H. nipponensis*, *Rhinogobius giurinus* and *Tridentiger brevispinis* were introduced and released from other native river water zones in Korea but *Cyprinus carpio* (Israeli type), *Carassius cuvieri*, *O. mykiss*, *Ictalurus punctatus*, *L. macrochirus*, and *M. salmoides* originated from foreign countries.

KEY WORDS: DOMINANT SPECIES, OTHER NATIVE WATER ZONE, ORIGINATED FROM FOREGIN, *Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides*

1 접수 2015년 3월 19일, 수정 (1차: 2015년 4월 6일, 2차: 2015년 5월 21일), 게재확정 2015년 5월 22일

Received 19 March 2015; Revised (1st: 6 April 2015, 2nd: 21 May 2015); Accepted 22 May 2015

2 서원대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju(361-742), Korea(cottus@seowon.ac.kr)

* 교신저자 Corresponding author: Tel: 82-43-299-8405, Fax: 82-43-299-8400, E-mail: cottus@seowon.ac.kr

서론

소양호는 1973년에 건설된 댐으로 유역 면적은 2,675.3 km²이며 최대 저수량은 290,000,000ton, 평균 저수량은 150,000,000ton, 최대 수심 118m, 체류 시간은 약 300일, 본류 수역은 연중 4℃ 이상으로 겨울에도 결빙되지 않는 특징을 지니고 있다. 춘천시에서 동북쪽으로 13km 떨어져 있으며 길이가 약 60km, 폭이 약 0.5km이며 주변 유역은 낙엽활엽수림과 농경지로 이루어져 있다(Ministry of Environment, 1983). 소양호는 용수공급, 홍수조절, 발전 등의 목적으로 건설된 다목적 댐으로서 북한강 상류에 위치하며, 춘천시의 동면, 북산면, 양구군 남면과 양구읍, 인제군 인제읍 남면과 인제읍에 위치한 대규모 댐이다. 소양호 유역의 학술적인 어류 조사는 Choi(1973)에 의해서 일부지역에서 이루어졌고, 방태천의 어류상(Cho *et al.*, 1991), 방태산 북산면 일대의 어류상(Jeon and Hoang, 1995), 방태산 남산면 일대 계류의 어류상(Jeon and Byeon, 1996), 계방산 계류의 어류상(Jeon, 1994), 오대산 국립공원 서북산면 일대의 어류상(Jeon and Byeon, 1998), 내린천 어류상과 군집(Nam *et al.*, 1998) 등의 조사 보고가 있다. 이들 조사는 소양호 유입 하천인 내린천과 방태천 수계를 중심으로 이루어졌고, 소양댐 축조 후 댐호 내에서는 어류상과 군집(Byeon *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2003), 빙어(*Hypomesus nipponensis*) 개체군(Byeon, 2010), 블루길(*Lepomis macrochirus*) 개체군(Byeon *et al.*, 1997; Song *et al.*, 2012), 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 생활사(Lee *et al.*, 1997; Lee *et al.*, 1998; Myoung *et al.*, 2001), 인공식물섬의 어류 서식 및 어란부착 효과(Byeon, 2014a) 등에 관하여 조사가 이루어져 왔다. 소양호에는 생태계교란 야생동·식물에 속하는 블루길이 도입되어 개체군이 증가하며 토착어종에 악영향을 미치고 있는 것으로 알려져 있다(Byeon *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2003). 또한 최근에는 배스(*Micropterus salmoides*)가 도입되어 개체군이 증가하고 있다. 그 결과 어업 대상 어종의 개체수가 감소하여 어민들은 경제적 피해가 크다고 주장하고 있어 이에 대한 보완 대책과 어족자원 증대 사업으로 치어가 지속적으로 방류되고 있으며 또한 다양한 어종이 도입된 상태이다(Byeon *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2003). 소양호는 치어 방류 과정에서 국내의 다양한 어종이 유입되어 정착한 것으로 알려져 있으나 그 서식실태와 개체군 변동에 대한 조사가 이루어지지 않은 상태이다. 국내 어종도 타수계나 다른 지역에서 새로운 서식지로 유입될 경우 기존에 서식하던 어류에 미치는 악영향이 국외도입 외래종과 유사한 것으로 추정하고 있다(Byeon, 2014b). 소양호에서는 외래종인 블루길과 배스가 도입된 이후 개체군 변동에

대한 연구가 매우 미흡한 상태이며 또한 국내 도입어종에 대한 개체군 분석이 전무한 상태이다. 소양호에서 국내 및 국외에서 도입된 어류의 서식 실태와 개체군 변화 추이를 파악하여 토착 어종의 보호와 관리를 위한 기초 자료를 얻고자 한다.

연구방법

1. 조사 지점 및 시기

소양호는 수위 변동이 매우 심하고 가장자리는 협곡 형태로 수심이 급격히 깊어지므로 수초대나 수변식물이 거의 생육하고 있지 않으며 암반이나 모래가 노출되어 있다. 댐호 내 8개 지점에서 조사를 실시하였다(Figure 1). 조사 시기는 2013년 3월, 6월, 8월, 10월 등 4회에 걸쳐 실시하였다.

- St. 1 : 춘천시 북산면 청평리(E127° 51' 03.1", N37° 51' 69.7")
- St. 2 : 춘천시 북산면 내평리(E127° 51' 78.2", N37° 52' 03.2")
- St. 3 : 춘천시 동면 상결리(E127° 50' 75.9", N37° 53' 05.1")
- St. 4 : 춘천시 북산면 추곡리(E127° 53' 81.2", N38° 00' 86.1")
- St. 5 : 양구군 양구읍 웅진리(E127° 57' 73.7", N38° 02' 30.2")
- St. 6 : 양구군 남면 원리(E128° 02' 87.5", N38° 02' 61.1")
- St. 7 : 인제군 남면 상수내리(E128° 03' 17.1", N37° 58' 48.1")
- St. 8 : 인제군 남면 관대리(E127° 50' 75.9", N37° 53' 05.1")

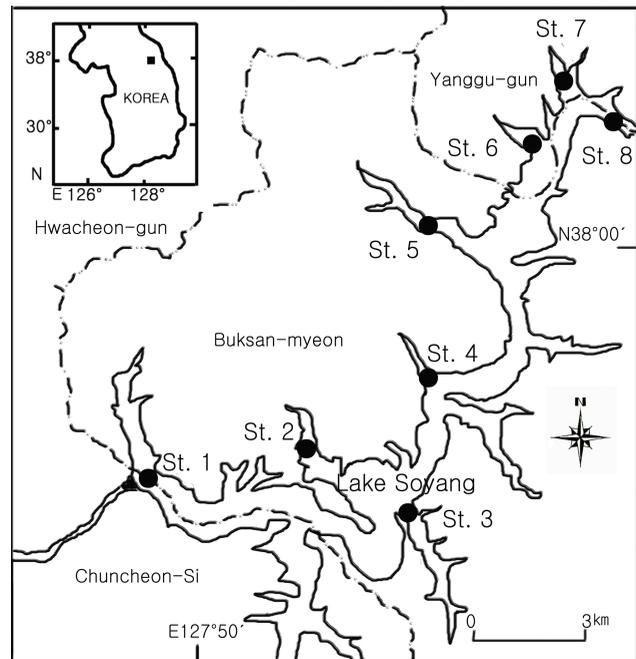


Figure 1. Map showing the studied stations at Lake Soyang

2. 채집 및 동정

소양호 내의 각 조사 지점에서는 정치망(망목 10×10mm, 유도망 길이 50m)을 설치한 후 5일 후 수거하였다. 수심이 1.5m 이내의 수변부에서는 투망(망목 7×7mm)과 족대(망목 5×5mm)를 사용하였다. 채집된 대부분의 표본은 계수 및 측정 후 즉시 방류하였고, 일부 표본은 현장에서 10% formalin으로 고정된 후 실험실에서 동정하였다. 채집한 어류의 동정과 분류체계는 Kim (1997), Choi *et al.*(2002), Kim *et al.*(2005) 등의 검색표를 참고하였고 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다. 습중량은 0.01g까지 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 어류상

본 조사에서 서식이 확인된 어종은 총 12과 41종이었다(Table 1). 천연기념물에 속하는 어름치(*Hemibarbus mylodon*)는 인제군 남면 관대리(St. 8)에서 2개체가 출현하였고 황쏘가리(*Siniperca scherzeri*)는 인제군 남면 상수내리에서 1개체가 출현하였다. 출현량이 매우 희소하였으며 이들 어종은 소양호 전역에 걸쳐 매우 적은 개체수가 서식하는 것으로 알려져 있다(Byeon *et al.*, 1997). 출현한 어종 중에서 한반도 고유종은 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*), 중고기(*Sarcocheilichthys nigripinnis morii*), 참중고기(*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*), 물개(*Squalidus japonicus coreanus*), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*), 어름치, 참갈겨니(*Zacco koreanus*), 치리(*Hemiculter eigenmanni*), 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*), 참종개(*Iksookimia koreensis*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 꺾지(*Coreoperca herzi*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*) 등 15종으로 고유화 빈도가 36.6%를 나타내었다. 일반적으로 고유종의 존재는 해당 지역의 생물상을 특징짓는 기준이 되는 경우가 많은데(Jeon, 1980) 본 조사에서 고유화 빈도가 다소 낮았다. 북한강 수계에 있어 고유종은 대부분 하천 종류와 중상류역으로 수심이 1.5m 이내의 여울에 주로 서식하고 있으므로 정수역인 소양호 내에서는 다양한 종의 고유종이 서식하기에 부적합한 수환경을 유지하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

41종 중에서는 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어류가 20종(48.8%), 미꾸리과(Balitoridae), 동자개과(Bagridae), 꺾지과(Centropomidae), 망둑어과(Gobiidae) 등에 각각 3종(8.8%), 메기과(Siluridae)와 검정우럭과(Centrachidae)에

각각 2종(4.9%) 이었고 그 외 뱀장어과(Anguillidae), 종개과(Balitoridae), 바다빙어과(Osmeridae), 연어과(Salmonidae), 동사리과(Odontobutidae) 등에 각각 1종(2.4%) 이었다. 잉어과에 속하는 어류가 매우 풍부하였는데 이는 한반도의 서남해로 유입되는 하천에서 볼 수 있는 담수어류상의 특징과 잘 일치하고 있다(Jeon, 1980). 개체수의 상대풍부도에 있어 빙어 38.7%, 피라미(*Zacco platypus*) 18.%, 블루길 15.8%, 누치(*Hemibarbus labeo*) 5.4%, 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*) 4.7% 등이 풍부하였다. 이들 어류는 유영성 어종에 속하며 1997년과 2003년 조사결과와 유사한 상태를 나타내었다(Byeon *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2003). 0.1% 이하를 차지하는 희소종에 속하는 종은 줄납자루, 참붕어(*Carassius auratus*), 돌마자, 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 중고기, 참중고기, 어름치, 대륙종개(*Orthrias nudus*), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 새코미꾸리, 참종개, 눈동자개, 미유기, 무지개송어(*Oncorhynchus mykiss*), 꺾지, 황쏘가리, 대륙종개, 갈문망둑(*Rhinogobius giurinus*) 등 이었다(Figure 2). 하천 종류와 중·상류역의 여울과 소에 주로 서식하는 돌마자, 버들치, 참중고기, 어름치, 대륙종개, 새코미꾸리, 참종개, 눈동자개, 미유기, 꺾지 등은 일부 개체가 폭우 시 하천에서 소양호로 유입되었거나 겨울철에 소수 개체가 월동을 위해 유입된 결과로 생각된다. 소양호에 있어 출현 어종의 생활습성에 따른 구분에 있어 저서성 어류종은 18종(43.9%) 이었고 유영성 어종은 24종(56.1%)으로 유영성 어종이 다소 많았다. 저서성 어종이 1997년에는 55.9%(Byeon *et al.* 1997), 2003년에는 54.1%(Choi *et al.*, 2003)로 구성비가 높았으나 최근에 들어 감소하였다. 2003년에는 출현하지 않았으나 본 조사에서 새로 출현한 어종은 줄납자루, 참붕어, 중고기, 참중고기, 대륙종개, 대농갱이(*Leiocassis ussuriensis*), 무지개송어, 배스 등 이었다. 2003년에 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 종은 배가시리(*Microphysogobio longidorsalis*)와 은어(*Plecoglossus altivelis*) 2종 이었다. 이들 어종은 소양호 정수역에서 소멸되었거나 개체수가 매우 희소하여 본 조사에서 출현하지 않은 것으로 생각된다. 유수역인 유입하천을 제외한 정수역에서 출현한 어종은 1997년에 13과 34종(Byeon *et al.*, 1997), 2003년에는 11과 34종(Choi *et al.*, 2003) 이었다(Table 2). 본 조사에서 출현 어종이 다소 증가하였다. 이는 월동시기인 3월에 망목 크기가 작은 빙어 채집용 정치망을 이용하여 조사한 결과 소형 어류이며 여울에 서식하는 일부 어종이 유입수 인근 정체된 수역인 인제군 상수내리(St. 7)에서 출현하였고 또한 치어 방류과정에서 일부 어종이 도입된 것으로 추정된다. 북한강에 위치한 댐호인 청평호 9과 31종(Kim *et al.*, 2005), 의암호 10과 31종(Choi, 2005a), 춘천호 11과 26종(Choi,

Table 1. The list and individual number of fishes collected at each station in Lake Soyang from March to October 2013

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	RA	Remark
Anguillidae										
<i>Anguilla japonica</i>	10	17	8	10	17	17	5	11	0.32	I, B
Cyprinidae										
<i>Cyprinus carpio</i>	7	3	11	6	17	12	204	199	1.56	N
<i>Carassius auratus</i>	76	31	54	16	18	42	137	364	2.50	N
<i>Carassius curvieri</i>	3	1		13	1	16	207	388	2.13	E, I, N
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>		2		12	12	2			0.09	E, N
<i>Pseudorasbora parva</i>								3	0.01	N
<i>Hemibarbus labeo</i>	76	80	74	111	101	150	585	421	5.42	N
<i>Microphysogobio yaluensis</i>			1	5					0.02	E, N
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>			1	2		1			0.02	N
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>		8	6	19	66	9	4		0.38	E, N
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>		2		1	1				0.01	E, N
<i>Pungtungia herzi</i>	6	5		7	1	4	10	1	0.12	N
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>			10	8	28		65		0.38	E, N
<i>Squalidus gracilis majimae</i>			1		3	1			0.02	E, N
<i>Pseudogobio esocinus</i>	10	13	5	13	3	2	13	13	0.24	B
<i>Hemibarbus longirostris</i>		8	1	7	1	3	7	4	0.11	N
<i>Hemibarbus mylodon</i>								2	0.07	E, N, MN
<i>Zacco platypus</i>	296	266	354	432	1394	1308	388	985	18.38	N
<i>Zacco koreanus</i>	3		10	18	2	3	1	2	0.13	E, N
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	132	75	133	68	607	159	139	61	4.66	N
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	41	71	150	80	63	17	2	15	1.48	E, I, N
Balitoridae										
<i>Orthrias nudus</i>							1		0.08	B
Cobitidae										
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>							3		0.01	B
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>							2		0.01	E, B
<i>Iksookimia koreensis</i>				4		3	1		0.03	E, B
Bagridae										
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	72	113	44	24	78	115	172	214	2.82	B
<i>Pseudobagrus koreanus</i>				1	1			1	0.01	E, B
<i>Leiocassisus ussuriensis</i>	6	7	12	2	3	5	1		0.12	B
Siluridae										
<i>Silurus asotus</i>	22	6	11	13	7	6	28	15	0.37	B
<i>Silurus microdorsalis</i>			1	2					0.01	E, B
Osmeridae										
<i>Hypomesus nipponensis</i>	911	610	1,574	1,324	1,382	1,394	2,973	1,248	38.69	I, N
Salmonidae										
<i>Oncorhynchus mykiss</i>				1					0.03	I, N
Centropomidae										
<i>Coreoperca herzi</i>							1	2	0.01	E, B
<i>Siniperca scherzeri</i>	82	33	73	20	20	22	40	134	1.44	B, MN
<i>Siniperca scherzeri</i>							1		0.01	B
Odontobutidae										
<i>Odontobutis interrupta</i>				1			1	2	0.01	E, B
Gobiidae										
<i>Rhinogobius giurinus</i>				1			4		0.02	I, B
<i>Rhinogobius brunneus</i>	14		48	37	31	59	8	6	0.69	B
<i>Tridentiger brevispinis</i>			127	41	11	91	34	16	1.08	I, B
Centrarchidae										
<i>Lepomis macrochirus</i>	553	770	2,512	308	222	86	12	16	15.18	I, N
<i>Micropterus salmoides</i>	18	6	5	5	71	23	81	242	1.53	I, N
Number of species	19	21	25	33	27	26	31	25		
Number of individual	2,338	2,127	5,226	2,612	4,161	3,550	5,130	4,365		

E: En demil species, I: Introduced species, B: Benthil species, N: Nekton species, RA: Relative abundance(%), MN: Natural monument

2005b), 파로호 9과 31종(Choi *et al.*, 2004), 평화의댐(Choi *et al.*, 2005) 4과 16종 등으로 소양호에서의 출현종이 다소

많았다. 소양호는 북강한 상류역에 위치하며 다양한 규모의 유입 하천이 분포하여 이로 인해 많은 어종이 폭우 시와

Table 2 The ichthyofauna changes in Lake Soyang from 1997 to 2013

Species	Byeon <i>et al</i> (1997)	Choi <i>et al</i> (2003)	Present study (2013)
Anguillidae			
<i>Anguilla japonica</i>	31	16	95
Cyprinidae			
<i>Cyprinus carpio</i>		112	459
<i>Cyprinus carpio nudus</i>	68	4	
<i>Carassius auratus</i>	25	43	738
<i>Carassius cuvieri</i>	73	194	629
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>			28
<i>Pseudorasbora parva</i>			3
<i>Hemibarbus labeo</i>	256	172	1,598
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	26	22	6
<i>Microphysogobio longidorsalis</i>	8	1	
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>			4
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>			112
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>			4
<i>Pungtungia herzi</i>	114	9	34
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	11		
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	2,123	356	111
<i>Squalidus gracilis majimae</i>		2,005	5
<i>Pseudogobio esocinus</i>	100	14	72
<i>Hemibarbus longirostris</i>	54	68	31
<i>Hemibarbus mylodon</i>	2	7	2
<i>Zacco platypus</i>	2,126	6,081	5,423
<i>Zacco koreanus</i>	103	71	39
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	393	87	1,374
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	80	100	439
Balitoridae			
<i>Orthrias nudus</i>			1
Cobitidae			
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1	16	3
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	3	16	2
<i>Iksookimia koreensis</i>	16	5	8
Bagridae			
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	34	249	832
<i>Pseudobagrus koreanus</i>	3	2	3
<i>Leiocassisuss ussuriensis</i>			36
Ictaluridae			
<i>Ictalurus punctatus</i>	1		
Siluridae			
<i>Silurus asotus</i>	33	9	108
<i>Silurus microdorsalis</i>	2	4	3
Osmeridae			
<i>Hypomesus nipponensis</i>	5,119	5,351	11,416
<i>Plecoglossus altivelis</i>		2	
Salmonidae			
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	1		1
Centropomidae			
<i>Coreoperca herzi</i>	4	2	3
<i>Siniperca scherzeri</i>	319	105	42
<i>Siniperca scherzeri (Albino type)</i>	2	2	1
Odontobutidae			
<i>Odontobutis interrupta</i>	2	1	4
Gobiidae			
<i>Rhinogobius giurinus</i>		173	5
<i>Rhinogobius brunneus</i>	156	93	203
<i>Tridentiger brevispinis</i>		11	320
Centrarchidae			
<i>Lepomis macrochirus</i>	1,912	237	4,479
<i>Micropterus salmoides</i>			451

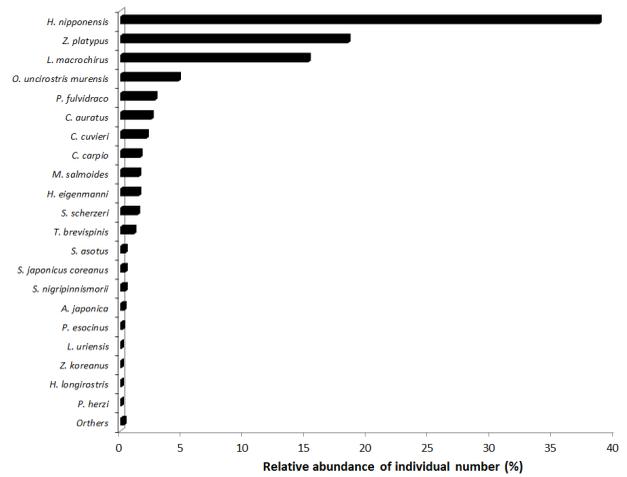


Figure 2. The relative abundance individual number of fishes collected at each station in Lake Soyang, 2013

월동시기에 지속적으로 유입되고 있는 것으로 생각되며 또한 어족 자원 증대를 위해 지속적으로 치어를 방류하는 과정에서 일부 어종이 도입된 결과로 생각된다.

2. 생체량

생체량은 총 613,472.5g 이었고 블루길이 138,546g (22.6%), 빙어 113,854g(18.6%), 피라미 56,193g(9.2%), 누치 51,394g (8.4%), 끄리 43,151g(7.0%) 이었다(Figure 3). 개체수에 있어 빙어와 피라미가 블루길 보다 풍부하였는데 이는 블루길이 빙어와 피라미에 비해 각 개체 당 생체량이 높았기 때문이다. 2003년에는 피라미, 빙어, 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 블루길, 누치 등의 순으로 생체량이 풍부하였으며 본 조사 시 블루

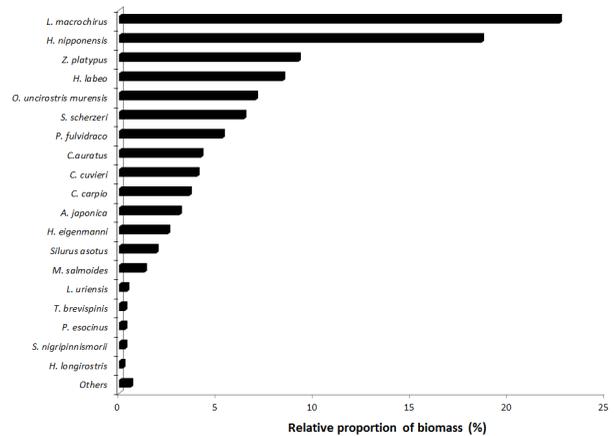


Figure 3. Comparison of biomass of collected fishes in Lake Soyang, 2013

Table 3. Dominant and subdominant species at each station from March to October 2013

Station	Dominant species	Sub-dominant species
1	<i>Hypomesus nipponensis</i> (39.0%)	<i>Lepomis macrochirus</i> (23.9%)
2	<i>Lepomis macrochirus</i> (36.2%)	<i>Hypomesus nipponensis</i> (28.7%)
3	<i>Lepomis macrochirus</i> (48.1%)	<i>Hypomesus nipponensis</i> (29.2%)
4	<i>Hypomesus nipponensis</i> (50.7%)	<i>Zacco platypus</i> (16.5%)
5	<i>Zacco platypus</i> (33.5%)	<i>Hypomesus nipponensis</i> (33.2%)
6	<i>Hypomesus nipponensis</i> (39.3%)	<i>Zacco platypus</i> (36.8%)
7	<i>Hypomesus nipponensis</i> (58.0%)	<i>Hemibarbus labeo</i> (11.4%)
8	<i>Hypomesus nipponensis</i> (28.6%)	<i>Zacco platypus</i> (22.6%)

길이 증가하였고 떡붕어는 감소하였다(Choi *et al.*, 2003). 블루길은 증가한 것은 어업 대상종이 아니어서 포획되어 제거되지 않아 증가하였으며 떡붕어는 어업 대상종으로 어획되어 제거된 반면 붕어 치어는 지속적으로 방류하였으나 떡붕어 치어는 방류하지 않아 감소한 것으로 생각된다.

3. 우점종

개체수를 기준으로 한 지점별 우점종은 빙어(St. 1, 4, 6, 7, 8), 블루길(St. 2, 3), 피라미(St. 5) 등 이었다. 빙어가 가장 많은 지점에서 우점종으로 출현하였다(Table 3). 빙어가 여러 지점에서 우점종으로 출현하였던 것은 3월 조사 시 각 조사 지점에서 빙어가 다량 채집되었고 그 외의 어종은 소수 개체만 채집되었기 때문이다. 11월에서 3월 사이에 조사된 1997년과 2003년 조사 결과와 동일하였다(Byeon *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2003).

4. 소양호에 도입된 외래 어종

소양호에 있어서 댐으로 인해 소상이 불가능한 어종이 외부로부터의 인위적으로 도입되어 어류 현존량 증가와 지역주민의 소득증대를 위해서 실시되었다. 어종의 도입은 자연분포가 아닌 국내의 타수역에서 도입된 것과 국외로부터의 도입이 있는데 국내 타수역에서 도입 방류된 어종은 뱀장어(*Anguilla japonica*), 치리, 대농갱이, 빙어, 갈문망둑, 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*) 등 6종 이었다(Table 4). 이들 어종은 소양호 유입하천에서 출현하지 않는 것으로 알려져 있다(Cho *et al.*, 1991; Jeon and Hoang, 1995; Jeon and Byeon, 1996; Jeon, 1994; Jeon and Byeon, 1998; Nam *et al.*, 1998). 뱀장어는 1997년부터 2013년까지 개체수 구성비가 0.23~0.32%로 큰 차이가 없었고 치리는 0.59~1.49%로 점차 증가하고 있었다. 대농갱이는 북한강 상류역에서의 출현한 기록이 없었으며(Cho, 1973; Name *et al.*, 1998) 소양호에서는 1997년과 2003년에 출현하지 않았고 본 조사에서 처음 출현하였다. 북한강 수계에 위치

한 댐호 중 의암호, 청평호 등에도 출현하였으며(Choi *et al.*, 2005; Choi, 2005a, 2005b; Kim *et al.*, 2005) 대농갱이는 치어 도입과정에서 유입된 후 정착하여 개체수가 증가한 것으로 생각되며 어민들의 어획 대상 어종으로 소득원이 되고 있다. 빙어는 34.20~30.67%로 큰 변화가 없었고 갈문망둑은 2003년부터 출현하였으며 1.11~0.02%로 감소하였다. 민물검정망둑은 2003년부터 출현하였으며 0.07~1.08%로 증가하였다(Figure 4). 갈문망둑은 소양호에서 수심이 얇고 수초대가 잘 발달된 수변부가 거의 없어 서식환경이 적합하지 않은 것으로 판단된다. 반면 민물검정망둑은 적응하여 개체수가 증가하고 있는 것으로 생각된다. 뱀장어

Table 4. List of introduced species into Lake Soyang

Species	Byeon <i>et al.</i> (1997)	Choi <i>et al.</i> (2003)	2013	Remark
Anguillidae				
<i>Anguilla japonica</i>	○	○	○	◇
Cyprinidae				
<i>Cyprinus carpio nudus</i>	○	○		◆
<i>Carassius cuvieri</i>	○	○	○	◆
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	○	○	○	◇
Osmeridae				
<i>Hypomesus nipponensis</i>	○	○	○	◇
Bagridae				
<i>Leiocassisuss ussuriensis</i>			○	◇
Ichaluridae				
<i>Ictalurus punctatus</i>	○			◆
Salmonidae				
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	○		○	◆
Centrarchidae				
<i>Lepomis macrochirus</i>	○	○	○	◆
<i>Micropterus salmoides</i>			○	◆
Gobiidae				
<i>Rhinogobius giurinus</i>		○	○	◇
<i>Tridentiger brevispinis</i>		○	○	◇

◆ : Introduced species from foreign country

◇ : Introduced species from other native river system

는 치어를, 빙어는 수정란을 매년 지역 주민의 소득증대를 위해 현재도 방류를 실시하고 있다. 그 효과가 어느 정도 나타나고 있는 것으로 생각되며 뱀장어는 북한강에 위치한 모든 댐호에 출현하고 있었고 평화의댐에서 구성비가 0.85%로 가장 높았다(Choi *et al.*, 2005). 치리, 갈문망둑, 민물검정망둑 등은 각 종 어류의 치어를 방류하는 과정에서 도입된 것으로 생각된다(Byeon *et al.*, 1997; Choi *et al.*, 2003). 치리는 춘천호, 의암호, 평화의댐 등에는 도입되지 않아 출현하지 않고 있었으며 청평호(1.0%)와 파로호(0.01%)에서는 출현하였으나(Kim *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2004) 개체수가 희소하였다. 빙어는 평화의댐에서는 출현하지 않았고 청평호, 파로호 등에서는 1% 이하로 출현량이 적었고 의암호(4.4%)와 춘천호(30.7%)에서는 출현량이 많았다. 북한강 수계의 대부분의 댐호에 유입되어 정착하여 서식하고 있었으며 소양호와 춘천호의 경우 서식량이 매우

풍부하여 어족자원으로 이용되고 있었다. 갈문망둑은 의암호(0.1%)와 파로호(0.02%)에서 출현 개체수가 희소하여 소양호와 동일 서식 상태를 유지하였으며 이 외의 북한강 댐호에서는 서식이 확인되지 않아 도입되지 않은 것으로 생각된다(Choi, 2005a). 민물검정망둑은 청평호(0.1%)와 소양호를 제외한 북한강 댐호에서는 출현하지 않아 대부분의 댐호에는 현재까지 도입되지 않은 것으로 판단된다(Kim *et al.*, 2005). 다른 수계에서 새로운 종이 이입되어 개체군이 증가할 경우 기존에 서식하던 중 중 생태적 유사종은 먹이, 서식지, 산란장, 월동 장소 등에서 경쟁이 심하게 발생하게 된다. 그 결과 기존에 서식하던 어종 중 경쟁에서 실패한 어종은 개체군이 급격히 감소하고 분포역이 축소되거나 사라질 가능성이 있어 국외 도입어종과 동일한 악영향을 미칠 수 있다(Byeon, 2014b). 소양호에 도입된 치리의 증가는 피라미, 누치, 붕어(*Carassius auratus*) 등의 감소를 초래할

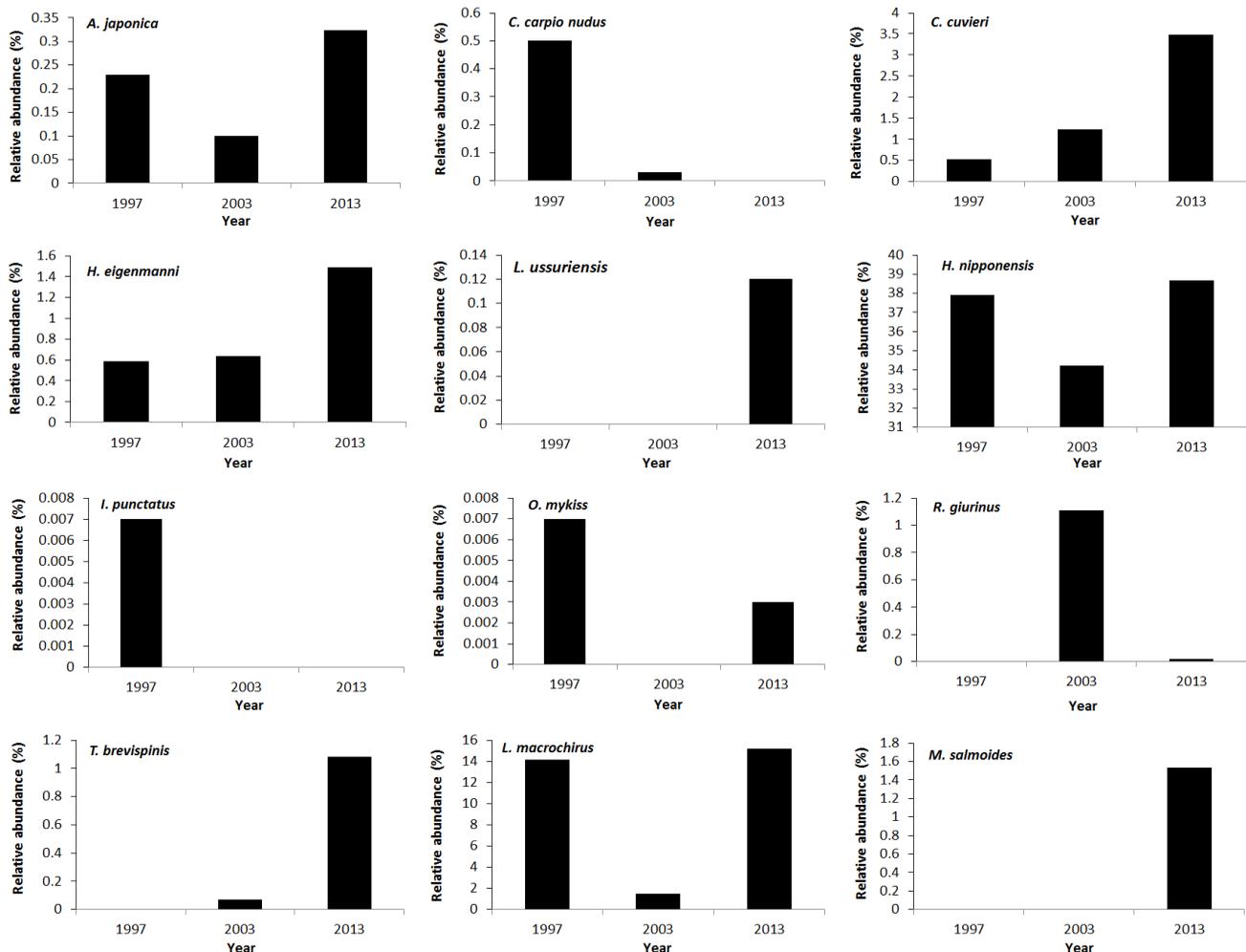


Figure 4. The relative abundance of introduced species into Lake Soyang

수 있다. 또한 대농갱이의 증가는 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*)와 쏘가리, 민물검정망둑 등의 증가는 밀어(*Rhinogobius brunneus*)의 감소를 초래할 가능성이 있으므로 다른 수역로부터의 새로운 종 도입을 차단하는 것이 바람직 할 것으로 생각된다.

국외에서 도입된 어종(외래종)은 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio*, Israeli type), 떡붕어, 무지개송어, 찬넬동자개(*Ictalurus punctatus*), 블루길, 배스 등 6종 이었다. 이스라엘 잉어는 0.03~0.5%로 개체수가 매우 적었으며 2013년 조사에서 출현하지 않았다. 북한강 댐호 중 청평호(0.1%), 파로호(0.01%), 의암호(1.5%) 등에서 출현하였으며 의암호를 제외한 곳에서는 출현 개체수가 매우 희소하였다(Choi, 2005b). 소양호에서는 자연증식되지 않았으며 치어를 지속적으로 방류하지 않아 개체군이 점진적으로 감소하였으며 소멸되어 가고 있는 것으로 생각된다. 떡붕어는 0.54~2.50%로 지속적으로 개체군이 증가하고 있었고 북한강에 위치한 모든 댐호에서 출현하였으며 춘천호, 청평호, 파로호 등에서는 개체수 구성비가 1.0% 이하로 낮았고 의암호에서 가장 높았다(Choi *et al.*, 2005). 무지개송어는 0.003~0.007%로 개체수가 매우 희소하였으며 의암호 이외의 대부분의 댐호에는 출현하지 않았는데 이는 댐호에 도입되지 않았거나 도입되어도 자연증식이 이루어지지 않아 개체군이 소멸한 것으로 생각된다. 소양호에서 자연증식이 되지 않아 치어를 지속적으로 방류하지 않으면 소멸될 것으로 생각된다. 찬넬동자개는 1997년에 0.005%로 매우 희소하였으며 소양호 이외의 북한강 댐호에서도 출현하지 않았다. 소양호에서는 2003년과 2013년 조사 시 서식이 확인되지 않아 소멸된 것으로 생각된다. 생태계교란 야생동·식물에 속하는 블루길은 1.52~15.18%로 1997년과 2013년에 개체수가 매우 풍부하였다. 블루길은 평화의댐, 춘천호 등에서는 출현하지 않았고 파로호(0.1%), 청평호(2.4%), 의암호(2.6%) 등에서 출현하였으며 출현량은 소양호에 비해 적었다(Choi *et al.*, 2004; Choi, 2005a). 블루길은 치어와 다른 어종의 수정란을 집중적으로 포식하고, 또한 국내에서 식용으로 거의 이용이 되지 않으므로 개체군이 급증하여 토착어종의 감소를 초래하고 있다(Byeon *et al.*, 1997). 배스는 2013년 이전 조사 자료에서는 출현하지 않았으며 어민들의 정보와 과거 자료를 종합 분석한 결과 2000년 이후 낚시객들에 의해 소양호에 유입된 것으로 추정되며 도입된 이후 개체군이 증가하고 있는 것으로 판단된다(Choi *et al.*, 2003). 평화의 댐에서는 출현하지 않았고 청평호(1.7%), 파로호(0.03%), 의암호(3.3%), 춘천호(4.8%) 등에서 출현하였으며 청평호, 의암호, 춘천호 등에서는 소양호 보다 개체수 구성비가 높았다. 북한강 수계의 댐호에 유입된 배스의 개체군이 증가할 가능성이 높으므로 개체군 조절 대책이

시급한 것으로 생각된다. 무지개송어과 찬넬동자개는 소양호에서 자연 증식하지 않으며 과거 가두리 양식장에서 유출된 개체로 개체군 크기가 매우 희소하며 적용에 실패한 것으로 판단되므로 토착 어종에 대한 영향도 적은 것으로 생각된다.

REFERENCES

- Byeon, H.K.(2010) Ecological Characteristics of Land-lock and Anadromous Populations *Hypomesus nipponensis* (Osmeridae). Korean J. Ichthyol. 22(4): 249-255.(in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2014a) Fish and Efficiency on Attached Fish Eggs of Artificial Floating Island in Lake Soyang, Korea. Korean J. Environ. Ecol. 28(5): 559-565.(in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K.(2014b) Habitat Characteric of *Coreoperca herzi* and *Coreoleucisecus splendidus*, and Effect on Introduce to Different Water System. Korea Nature Conservation 165: 13-23.(in Korean)
- Byeon, H.K. and S.R. Jeon(1997) Feeding habit of Bluegill, *Lepomis macrochirus* Introduced in Korea. Korean J. Environ. Biol. 15(2): 165-174.(in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K., S.R. Jeon and D.H. Kim(1997) Ichthyofauna and Fish Community in Lake Soyang. Korean J. Limnol. 30(4): 325-335.(in Korean with English abstract)
- Cho, K.S., H.K. Byeon and Y.K. Kim(1991) Ecological Studies on the Upper Basin of the North Han River. Korean J. of Science and Technology Kangweon National University 30: 125-136.(in Korean with English abstract)
- Choi, J.K.(2005a) Study of the Community of Lake Uiam. Korean J. Ichthyol. 17(1): 73-83.(in Korean with English abstract)
- Choi, J.K.(2005b) Ichthyofauna and Fish Community Structure in Chuncheon Reservoir. Korean J. Environ. Biol. 23(2): 173-183.(in Korean with English abstract)
- Choi, J.K., K.Y. Lee, Y.S. Jang, E.Y. Choi and J.W. Seo(2005) Fish Community Analysis in the Peace Dam. Korean J. Limnol. 38(3): 297-303.(in Korean with English abstract)
- Choi, J.K., K.Y. Lee, Y.S. Jang, M.H. Ko, O.K. Kwon and B.C. Kim(2003) Study on the Dynamics of the Fish Community in Lake Soyang. Korean J. Ichthyol. 15(2): 95-104.(in Korean with English abstract)
- Choi, J.K., Y.S. Jang, K.Y. Lee, J.G. Kim and O.K. Kwon(2004) Ichthyofauna and Fish Community in Lake Paro. Korean J. Environ. Biol. 22(1): 111-119.(in Korean with English abstract)
- Choi, K.C.(1973) On the Geographical Distribution of Fresh-water

- Fishes South of DMZ in Korea. Korean J. Limnol. 6(3~4): 29-36.(in Korean with English abstract)
- Choi, K.C., S. R. Jeon, I. S. Kim and Y. M. Son(2002) Coloured Illustrations of The Freshwater Fishes of Korea. Hyangmunsa Press Co. Seoul. 258pp.(In Korean)
- Jeon, S.R.(1980) Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Doctoral thesis of Chungang Univ. pp. 14-49.(In Korean)
- Jeon, S.R.(1994) Aquatic Environments and Freshwater Fish Fauna of the Streams of Mt. Kyebang. Korean J. Environ. Biol. 12(1): 43-51.(in Korean with English abstract)
- Jeon, S.R. and C.S. Hoang(1995) Aquatic Environment and Freshwater Fish Fauna of the Noorthern Slope Area of Mt. Pangtae. Korean KACN. 35: 121-134.(in Korean with English abstract)
- Jeon, S.R. and H.K. Byeon(1996) Aquatic Environment and Freshwater Fish Fauna of the Southwestern Slope Area of Mt. Pangtae. Korean KACN. 37: 96-106.(in Korean with English abstract)
- Jeon, S.R. and H.K. Byeon(1998) Freshwater Fish Fauna of the Northwestern slope area of Mt. Odae National Park. Korean KACN. 38: 119-133.(in Korean with English abstract)
- Kim, C.H., W.O. Lee, J.K. Lee and K.E. Hong(2005) The Ichthyofauna in Lake Cheongpyeong Korea. Korean J. Ichthyol. 17(2): 123-130.(in Korean with English abstract)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education, 520pp.(in Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak, 515pp.(in Korean)
- Lee, W.O., J.Y. Lee, S.J. Son and N.J. Choi(1997) Early Life History and Reproductive Ecology of Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* (Pisces, Centropomidae) in Soyang Lake. Korean J. Ichthyol. 9(1): 99-107.(in Korean with English abstract)
- Lee, W.O., S.I. Jang and J.Y. Lee(1998) Studies on Early Life History of Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* (Perciformes: Centropomidae). Korean J. Ichthyol. 10(1): 1-10.(in Korean with English abstract)
- Ministry of Environment(1983) Studies on the General Development Plan in the Han River. 218pp.(in Korean)
- Myoung, J.G., J.H. Mun, J.K. Kim, K.D. Park, C.B. Kang, Y.U. Kim and J.T. Park(2001) Osteological Development of Larvae and Juveniles of Korean Mandarin Fish, *Siniperca scherzeri* (Perciformes, Centropomidae). Korean J. Ichthyol. 13(2): 129-135.(in Korean with English abstract)
- Nam, M.M., H.J. Yang, B.S. Chae and Y.H. Kang(1998) The Fish Fauna and Community Structure in the Naerin Stream. Korean J. Ichthyol. 10(1): 61-68.(in Korean with English abstract)
- Nelson. J. S.(2006) Fishes of the world(4th ed). John Wiley & Sons, New York, 467pp.
- Song, H.B., M.S. Byeon, D.W. Kang, C.Y. Jang, J.S. Moon and H.K. Park(2012) Population structure of Bluegill, *Lepomis macrochirus* in Lakes of the Han River System, Korea. Korean J. Ichthyol. 24(4): 278-286.(in Korean with English abstract)