

팔당호 어류군집의 생태특성 및 장기 변동

박혜경[†] · 이장호 · 최명재 · 윤석환 · 송호복* · 이 규 · 윤석제 · 신경애 · 변명섭** · 공동수

국립환경과학원 한강물환경연구소

*강원대학교 생명과학부

**국립환경과학원 물환경연구부

Ecological Characteristics and Long-term Variation of Fish Community in Lake Paldang and its Tributaries

Hae-Kyung Park[†] · Jangho Lee · Myung-Jae Choi · Seuk-Hwan Yun · Ho-Bok Song* · Kyoo Lee · Seok Jea Youn · Kyungae Shin · Myeong-Seop Byeon** · Dongsoo Kong

Han River Environmental Research Center, National Institute of Environment Research

*Division of Life Sciences, College of Natural Sciences, Kangwon National University

**Water Environment Research Department, National Institute of Environment Research

(Received 11 August 2009, Revised 11 September 2009, Accepted 14 September 2009)

Abstract

The community structure and ecological characteristics of fish community in Lake Paldang were investigated from May to September 2008. During the survey period, 53 species belonging to 13 families were collected. Dominant species was *Squalidus japonicus coreanus* representing 81.8% of total number and 25.7% of total biomass of collected fish and subdominant species was *Lepomis macrochirus* representing 3.3% of total number and 18.9% of total biomass of collected fish. There were 20 Korean endemic species (38% of collected species number) including *Cottus koreanus* and 4 exotic species (7.5%) including *Micropterus salmoides*. The similarity analysis of fish communities among water areas of Lake Paldang using UPGMA showed that fish community of North-Han River was similar to that of South-Han River area and was different from that of Gyeongan River area. Long-term variation of fish community from 1972 to present study in Lake Paldang showed decrease of the species numbers after dam construction until 1994, and gradual increase from 1996 to present study indicating the disturbance of lentic system by dam construction in the 1980s. The increase of species number in the late 2000s may results in part from the increase of survey sites of successive studies. *L. macrochirus* which was designated as a domestic ecosystem-disturbing alien species with wide food niche have shown more than 20% of relative abundance since 1996 indicating the adverse effect on not only fish community but also aquatic ecosystem food web of Lake Paldang.

keywords : Fish community, Lake Paldang, *Lepomis macrochirus*, Long-term variation, *Squalidus japonicus coreanus*

1. 서론

팔당호는 1973년에 북한강과 남한강 그리고 경안천 등 3개의 대형 하천이 만나는 곳에 댐이 건설되면서 조성된 인공호수로서 연평균체류시간은 3~7일, 저수량은 244백만톤, 저수면적은 36.5 km²에 달하는 중형 호수이다. 한강 수계에서 최하류에 위치한 호수로, 수심이 깊고 수위변화가 큰 상류의 대형 댐호와 달리 수심이 얕고 연간 수위변동이 거의 없으며 수변 경사가 완만하여 호안에 정수식물, 부수식물, 부엽식물, 침수식물 등 다양한 수생식물 군락으로 이루어진 수초대가 발달되어 있다. 이러한 수초지대는 어류의 산란장, 먹이활동 공간과 은신처 등으로 이용될 수 있다(변명섭 등, 2007; Gulati et al., 1990). 또한 팔당호는 상수원

보호구역으로 지정, 관리되고 있어 일반인의 어로행위나 수상레저활동은 엄격하게 금지되어 있고, 일부 제한된 인원에 한하여 어로활동이 허용되고 있는 관계로 다른 인공호에 비하여 인위적 교란에 의한 수중생물의 피해는 적을 것으로 예상된다(변명섭 등, 2008).

팔당호는 수도권 주민의 최대 상수원이며 수도권에서 가까운 친수환경으로서의 그 생태적 중요성 때문에 다른 호수에 비해 수생태계의 구조와 기능에 대한 다양한 연구가 많이 진행되었으며, 특히 수중생태계 먹이망의 최상위에 위치하고 있는 어류의 군집구조나 어류상의 변화 등에 대한 조사도 다수 이루어졌다(공동수, 1992; 국립환경연구소, 1980; 변명섭 등, 2008; 손영목 등, 1997; 오봉세 등, 1999; 전상린, 1990; 전상린 등, 1987; 전상린과 김강연, 1972).

수중생태계 먹이망에서 최상위소비자의 위치를 차지하고 있는 어류는 이동성이 크고 서식환경의 변화에 민감하게

[†] To whom correspondence should be addressed.

parkhk@me.go.kr

반응하는 동물군 중의 하나로서 여울과 소가 반복되는 하천이 댐 건설로 호수화가 이루어지면 이곳에 서식하고 있던 유수성 어류들은 상류의 하천으로 이동하거나 사멸하여 사라지게 되고 정수성 어종이 번성하게 된다. 특히 팔당호와 같이 수체가 크지 않고 폐쇄적인 호수에 어족자원 확보 차원에서 인위적으로 특정 어류를 방류하게 되면 이들의 개체군 증가에 따라 종다양성 감소나 생태계 교란을 가중시킬 수 있다(손영목 등, 1997). 또한 최근 전 지구적 문제로 대두되고 있는 지구온난화 및 이에 따른 기후변화는 우리나라를 비롯한 세계 각지에서 다양한 자연재해를 일으키고 있으며, 특히 돌발성 집중강우로 인해 홍수, 토사 유출 및 이에 따른 수생태계 교란 등 많은 환경문제가 유발되고 있다. 이는 한강수계의 최하류 댐호인 팔당호 수중생태계의 군집구조 뿐만 아니라 어류의 군집구조에도 많은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

따라서 본 연구에서는 팔당호 및 팔당호 유입지류의 유입부에 서식하는 어류의 군집구조와 생체량, 주요 어류의 연령분포 및 섭식특성 등의 생태특성을 조사하고, 댐 축조 이전부터 현재까지 팔당호에서 조사된 어류 군집구조를 비교하여 그 변화 양상을 통해 환경변화가 어류상에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 연구방법

2.1. 조사기간 및 조사지점

조사기간은 여름 장마에 의한 집중강우와 태풍 등의 영향을 배제하기 위하여 장마철 전과 후로 구분하여 봄(2008년 5월 8일~6월 16일)과 가을(2008년 9월 1일~9월 9일)에 걸쳐 총 2회 조사를 실시하였다.

조사지점은 팔당호 수역을 호수 내(lacustrine area) 수역과 유입지천(tributary)으로 구분하였으며 호수 내 조사는 남, 북한강 합류수역, 남한강 수역, 북한강 수역, 경안천 수역에서 각 수역별로 수초지대를 중심으로 선정하였다. 유입지천은 팔당호의 남한강 수역으로 유입되는 7개 지천, 북한강 수역으로 유입되는 5개 지천 그리고 경안천 수역으로 유입되는 3개 지천에서 팔당호와 합류하는 지점을 중심으로 조사지점을 선정하였다(Fig. 1).

팔당호 내 조사지점

- St. 1: 합류 수역, 경기도 광주군 남종면 분원리 소내섬, 남양주시 조안면 능내리
- St. 2: 남한강 수역, 경기도 광주군 남종면 검천리
- St. 3: 북한강수역, 경기도 양평군 양서면 양수리, 남양주시 조안면 송촌리
- St. 4: 경안천 수역, 경기도 광주군 퇴촌면 오리

유입지천 조사지점

- 하정천 : 남한강 수계, 경기도 양평군 양서면 양수리
- 북포천 : 남한강 수계, 경기도 양평군 양서면 국수리
- 사탄천 : 남한강 수계, 경기도 양평군 옥천면 옥천리

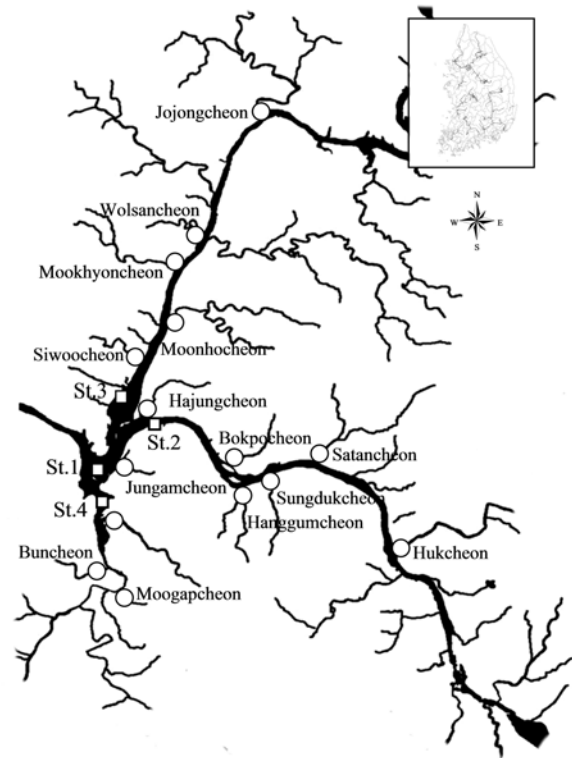


Fig. 1. Map showing the survey sites in Lake Paldang and its tributaries.

- 후 천 : 남한강 수계, 경기도 양평군 개군면 공세리
- 성덕천 : 남한강 수계, 경기도 양평군 강하면 전수리
- 항금천 : 남한강 수계, 경기도 양평군 강하면 운심리
- 정암천 : 남한강 수계, 경기도 광주시 남종면 귀여리
- 시우천 : 북한강 수계, 경기도 남양주시 조안면 송촌리
- 묵현천 : 북한강 수계, 경기도 남양주시 화도읍 금남리
- 월산천 : 북한강 수계, 경기도 남양주시 화도읍 금남리
- 조종천 : 북한강 수계, 경기도 가평군 청평면 청평리
- 문호천 : 북한강 수계, 경기도 양평군 서종면 문호리
- 우산천 : 경안천 수계, 경기도 광주시 퇴촌면 광동리
- 번천천 : 경안천 수계, 경기도 광주시 중부면 하번천리
- 무갑천 : 경안천 수계, 경기도 광주시 초월읍 무갑리

2.2. 조사방법

호수 내 어류 조사에서는 소형어종이 함께 채집될 수 있도록 망목 5×5 mm의 정치망(삼각망)을 이용하였다. 수역별로 정치망을 2~3개씩 총 9개를 수초가 많고 수심이 1~2 m 내외인 조사지점에 설치하여 1~3일 동안 노출한 후 어류를 회수하였으며 4회 반복 회수하였다. 자망(망목 20×20 mm, 길이 50 m)은 정치망 인근에 1일간 설치 후 수거하였다. 유입지천 조사에서는 환경부의 물환경종합평가 개발 조사연구(환경부, 2006) 및 수생태계 건강성 조사계획 수립 및 지침(환경부, 2007)의 어류조사 방법(Wading method)에 의거하여 어류 채집의 정량화(Catch Per Unit of Effort, CPUE)와, 유수성 어류의 채집을 최소화하기 위하여 채집 거리는 호수 합류지점으로부터 200 m 이내, 채집 시간은 1

시간으로 한정하였고 죽대(망목 5×5 mm)와 투망(10×10 mm)을 이용하여 채집하였다.

채집된 어류는 가능한 한 현장에서 계수, 계측 후 방류하였으며, 정확한 동정이 어려운 경우 10% 포르말린 용액에 고정된 후 실험실에서 정밀 동정하였다. 어류종 동정상의 문제를 최소화하기 위하여 전장 20 mm 이하의 치어는 제외하였다. 채집된 어류의 생체량 산정을 위해 총 채집 개체수가 20마리 미만인 어종은 전 개체의 전장과 무게를 측정하였고, 20마리 이상 채집된 어종은 채집물의 약 30~50%를 무작위로 표본 추출하여 전장과 무게를 측정하였다. 표본 추출하여 측정된 개체 당 무게 값을 이용하여 채집된 어종별 생체량을 산정하였다. 어류의 동정과 분류는 Nelson(1994), 최기철 등(1990), 김익수와 박종영(2002), 김익수 등(2005)을 참고하였다.

우세 육식 어종의 섭식특성을 파악하기 위해 강준치(*Erythroculter erythropoterus*)(전장 160 mm 이상), 누치(*Hemibarbus labeo*)(전장 150 mm 이상), 블루길(*Lepomis macrochirus*)(전장 135 mm 이상), 배스(*Micropterus salmoides*)(전장 150 mm 이상)의 성어로부터 위를 적출한 후 위 내용물을 조사하였다.

어류군집분석은 호수 내 및 유입하천으로 구분하여 우점도지수(Simpson, 1949), 종다양도지수(Shannon and Weaver, 1963), 균등도지수(Pielou, 1966) 및 종풍부도지수(Margalef,

1958)를 산출하였다. 또한 팔당호 내 수역별 어류군집의 유사성을 알아보기와 수역별 출현종을 근거로 Jaccard의 유사도 지수(Jaccard, 1908)를 산출하였고 산출된 유사도를 기준으로 각 수역별 유사거리를 비가중치 평균연결법(Unweighted Pair Group Method with Arithmetic mean, UPGMA)으로 clustering 하였다.

$$Jaccard's\ Coefficient = \frac{S}{S_i + S_j - S} \quad (1)$$

S : i지점과 j지점의 공통 출현종 수

S_i, S_j : i지점과 j지점의 총 출현종 수

3. 결과 및 고찰

3.1. 팔당호의 어류상 및 군집구조

2008년 봄 및 가을 2회에 걸쳐 팔당호 내 수역별 주요 지점과 팔당호로 유입되는 주요 유입지천의 유입부에서 정 치망, 자망, 투망, 죽대를 이용하여 어류를 조사한 결과, 총 13과 39속 53종 48,899개체가 조사되었으며, 이중 유입지 천에서는 11과 31속 40종 2,745개체가, 호수 내에서는 9과 27속 35종 46,154개체가 조사되었다(Table 1).

Table 1. Individual number and biomass of fishes collected in Lake Paldang and its tributaries in 2008

Scientific name	Individual number			Biomass (g)			Remarks
	Pelagic area	Tributaries	Total	Pelagic area	Tributaries	Total	
Anguillidae							
<i>Anguilla japonica</i>	17		17	2,224		2,224	
Cyprinidae							
<i>Cyprinus carpio</i>	12	1	13	23,280	5	23,285	
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type)	1		1	700		700	Ex
<i>Carassius auratus</i>	18	11	29	5,638	286	5,925	
<i>Carassius cuvieri</i>	18		18	8,132		8,132	Ex
<i>Rhodeus uyekii</i>		45	45		66	66	En
<i>Rhodeus notatus</i>		143	143		108	108	
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	238	547	785	1,064	1,114	2,178	En
<i>Acheilognathus rhombeus</i>		3	3		13	13	
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	1,277	35	1,312	9,659	83	9,741	En
<i>Pseudorasbora parva</i>	51	8	59	277	19	296	
<i>Pungtungia herzi</i>	10	357	367	28	737	764	
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>		26	26		104	104	En
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	2		2	2		2	En
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	154		154	864		864	En
<i>Gnathopogon strigatus</i>		2	2		7	7	
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	1	7	8	2	13	14	En
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	40,008	8	40,016	122,300	18	122,319	En
<i>Hemibarbus labeo</i>	1,565	13	1,578	68,388	134	68,522	
<i>Hemibarbus longirostris</i>	7	47	54	183	654	837	
<i>Pseudogobio esocinus</i>	41	19	60	1,575	99	1,674	
<i>Abbottina rivularis</i>	4	6	10	26	26	51	
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	33	69	102	57	124	181	En
<i>Microphysogobio jeoni</i>	102		102	211		211	En

Table 1. Individual number and biomass of fishes collected in Lake Paldang and its tributaries in 2008 (continued)

Scientific name	Individual number			Biomass (g)			Remarks
	Pelagic area	Tributaries	Total	Pelagic area	Tributaries	Total	
<i>Microphysogobio longidorsalis</i>		31	31		568	568	En
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>		53	53		155	155	
<i>Zacco koreanus</i>		74	74		526	526	En
<i>Zacco platypus</i>	90	449	539	469	2,226	2,695	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	132		132	2,276		2,276	
<i>Erythroculter erythropterus</i>	331		331	87,778		87,778	
<i>Hemiculter leucisculus</i>	20		20	2,079		2,079	
Balitoridae							
<i>Orthrias nudus</i>		38	38		154	154	
Cobitidae							
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1	12	13	5	64	70	
<i>Misgurnus mizolepis</i>	2	20	22	11	16	27	
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>		22	22		317	317	En
<i>Iksookimia koreensis</i>		80	80		358	358	En
Bagridae							
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	2	2	4	100	40	140	
<i>Pseudobagrus koreanus</i>		4	4		60	60	En
<i>Leiocassis ussuriensis</i>	68		68	4,549		4,549	
Siluridae							
<i>Silurus asotus</i>	54	1	55	10,718	10	10,728	
Amblycipitidae							
<i>Liobagrus andersoni</i>		2	2		23	23	En
Cottidae							
<i>Cottus koreanus</i>		5	5		57	57	En
Centropomidae							
<i>Coreoperca herzi</i>		38	38		411	411	En
<i>Siniperca scherzeri</i>		5	5		5	5	
Centrarchidae							
<i>Lepomis macrochirus</i>	1,608		1,608	90,168		90,168	Ex
<i>Micropterus salmoides</i>	270	12	282	11,826	139	11,965	Ex
Odontobutidae							
<i>Odontobutis platycephala</i>	1	30	31	20	926	946	En
<i>Odontobutis interrupta</i>	1	7	8	87	82	169	En
Gobiidae							
<i>Chaenogobius urotaenia</i>		4	4		15	15	
<i>Rhinogobius brunneus</i>		182	182		282	282	
<i>Rhinogobius giurinus</i>	7		7	7		7	
<i>Tridentiger brevispinis</i>	1	327	328	5	1,631	1,636	
Channidae							
<i>Channa argus</i>	7		7	9,650		9,650	
Family	9	11	13				
Species	35	40	53				
No. (Biomass) of Individual	46,154	2,745	48,899	464,357	11,673	476,029	

En : endemic species of Korea, Ex : exotic species

팔당호 전체로 볼 때 잉어과(Cyprinidae) 어류가 가장 많은 종수를 보여 전체 채집종수의 56.6%인 30종이었으며, 다음으로 미꾸리과(Cobitidae) 4종(7.5%), 망둑어과(Gobiidae) 4종(7.5%), 동자개과(Bagridae) 3종(5.7%) 순이었다(Fig. 2). 유입지천에서도 잉어과(Cyprinidae) 어류가 22종(55.0%)으로 가장 많은 종수를 보였고 다음으로 미꾸리과(Cobitidae)

4종(10.0%), 망둑어과(Gobiidae) 2종(5.0%)의 순이었고 호수 내에서도 잉어과(Cyprinidae) 어류가 22종(62.9%)으로 높은 비율로 조사되어 서남해로 흐르는 우리나라 하천의 담수어류상의 특징과 잘 일치하였다(전상린, 1980).

팔당호 전체에서 조사된 53종 중에서 물개(*Squalidus japonicus coreanus*)가 전체 채집 개체수의 81.8%를 차지하

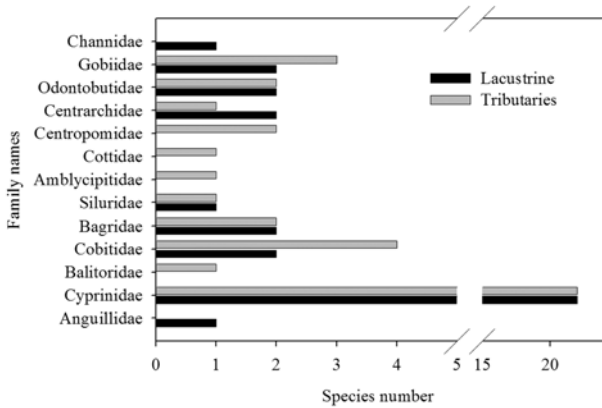


Fig. 2. Species number of families of collected fish fauna in lacustrine area of Lake Paldang and its tributaries.

여 압도적으로 우점하는 것으로 조사되었다. 1% 이상의 상대풍부도를 나타낸 종은 블루길(3.3%), 누치(3.2%), 가시납지리(*Acanthorhodeus gracilis*)(2.7%), 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*)(1.6%), 피라미(*Zacco platypus*)(1.1%)의 순이었으며 소형어류의 상대풍부도가 비교적 높았다.

팔당호에서 어류 생체량 조사는 본 조사에서 처음 시도 되는 것으로 그동안은 개체수 현존량 조사만이 진행되어 왔다. 개체수 결과와 마찬가지로 생체량 조사 결과, 물개 전체 어류 생체량의 25.7%로 가장 높게 나타나 개체수 뿐만 아니라 생체량으로도 팔당호에서 가장 우점하는 어종으로 조사되었다. 그러나 물개를 제외하면 개체수와 생체량으로 본 우세종은 서로 차이를 보여 생체량의 경우 블루길(18.9%), 강준치(18.4%), 누치(14.4%), 잉어(*Cyprinus carpio*)(4.9%), 배스(2.5%), 메기(*Silurus asotus*)(2.3%), 가시납지리(2.1%), 가물치(*Channa argus*)(2.0%), 떡붕어(*Carassius cuvieri*)(1.7%), 붕어(*Carassius auratus*)(1.2%)의 순으로 나타나, 주로 개체의 크기가 큰 어종의 생체량이 높게 나타났다.

본 조사에서는 호수 내 어류채집이 5×5 mm 망목의 정치망을 사용하여 이루어졌기 때문에 10~20 mm와 같은 큰 망목의 정치망을 사용한 경우에 비해 소형 어종이 누락되지 않고 대부분 포획되었을 것으로 생각된다. 따라서 개체수로 볼 때 팔당호에서 대형 어류의 먹이생물이 되는 소형어류의 우점도가 매우 높고 상대적으로 대형어류의 비율이 낮게 나타났으나, 생체량에서는 물개와 가시납지리를 제외하면 대형어종이 우세하게 나타났다. 또한 블루길과 강준치, 누치 등 일부 육식성 어종의 비율이 상대적으로 매우 높게 나타나 향후 이들 종과 함께 팔당호 어류군집의 동태에 대한 지속적인 조사와 연구가 필요할 것으로 보인다.

본 조사를 통해 팔당호에서 채집된 어종 중 한국고유종은 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 줄납자루, 가시납지리, 물개, 독중개(*Cottus koreanus*)를 포함하여 20종으로 전체 종수의 38%를 차지하였다. 이중 유입지천에서만 출현한 고유종은 10종, 호수 내에서만 출현한 고유종은 3종, 유입지천과 호수 내에서 모두 출현한 종이 7종이었다. 호수 내에서 고유종의 비율은 비교적 낮은 편이었으며 유입지천 고유성은 높은 것으로 나타나 팔당호로 유입되는 유입지천의 관리가

중요할 것으로 생각된다. 한편 보호종으로는 멸종위기야생동물II급인 독중개가 경안천수역으로 유입되는 무갑천에서 5개체 발견되었다. 외래종은 이스라엘잉어(*Cyprinus carpio* (Israeli carp)), 떡붕어, 배스, 블루길의 4종으로 나타났는데 이중 환경부에서 생태계교란야생동식물로 지정된 블루길이 개체수 및 생체량으로 평가했을 때 모두 팔당호에서 아주 점종으로 나타나 팔당호의 어류 군집이 외래 어종에 의해 상당히 잠식되고 있음을 나타내었다. 회유성 어종은 강하성 어류인 뱀장어(*Anguilla japonica*)와 주연성어류인 갈문망둑(*Rhinogobius giurinus*) 2종이었으나 뱀장어의 경우 자연적 회유에 의해서라기보다 방류에 의한 것으로 추측된다.

선행 연구에서는 보고된 사례가 없었으나 본 조사에서 새로 발견된 종은 줄물개(*Gnathopogon strigatus*), 땃경모치(*Microphysogobio jeoni*), 독중개로 땃경모치는 호 내에서 발견되었고 줄물개와 독중개는 유입지천에서 발견되었다. 특히 무갑천의 유입부에서 독중개가 가을철 조사에서 발견되었는데 하천 상류의 유속이 매우 빠른 곳의 돌 밑에 숨어살며 수온 10°C에서 산란하는 본 종의 서식특성으로 볼 때(김익수와 박종영, 2002) 수질과 수온조건이 맞지 않는 무갑천에서 서식하고 있다고 보기는 어려우며 여름철 집중강우기에 상류에서 하류로 유하된 개체들이 상류로 회귀하지 못하고 머무르고 있는 것으로 생각된다.

유입지천을 제외하고 호수 내에서 채집된 어종만으로 보면 팔당호가 총 35종으로, 한강수계의 다른 담호인 평화의담 24종(최재석 등, 2005), 소양호 34종(최재석 등, 2003), 파로호 33종(최재석 등, 2004), 춘천호 26종(최재석, 2005a), 의암호 31종(최재석, 2005b), 청평호 31종(김치홍 등, 2005a), 충주호 32종(김치홍 등, 2005b), 도암호 23종(이상하 등, 2006) 등과 그 외 수계인 합천호 30종(이충렬, 2005), 영천호 21종(변화근 등, 2004), 경포호 25종(최준길 등, 2006) 등과 비교할 때 가장 다양한 어류상을 보였는데, 팔당호는 수질과 서식환경이 상이한 3개의 하천이 모여 조성되었고 풍부한 수초지대와 수심 등 서식환경이 다양한 관계로 어류상 역시 풍부한 것으로 판단된다. 일반적으로 호수의 면적이 넓을수록 더 많은 어류가 출현하는 것으로 알려져 있는데(Helminen et al., 2000; Tonn et al., 1990), 국내의 인공호 중에서 중·대형호에 속하는 파로호, 소양호, 충주호, 합천호의 어류상이 호수면적이 작은 중·하류의 춘천호, 도암호, 영천호, 경포호 등에 비해 더 많은 어종수를 보여 일치된 결과를 보였다. 그러나 중·부영양상태로 식물플랑크톤의 현존량이 많고(한강물환경연구소, 2009) 수변 및 수중식물이 잘 발달되어 있는 중·하류의 의암호, 청평호, 팔당호의 경우 호수면적이 넓은 호수와 유사하거나 더 많은 어종을 보여 호수면적과 함께 수변과 수중식물의 유무 및 발달 정도가 호수 어류상의 풍부도와 다양성에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

팔당호의 남, 북한강 및 경안천 수계에 직접 유입되는 15개 유입지천에서 죽대와 투망으로 어류상을 조사한 결과, 총 11과 31속 40종, 2,745마리를 채집하였다. 팔당호 유입지천에서 채집된 어류 중에서 개체수가 가장 많았던 종은

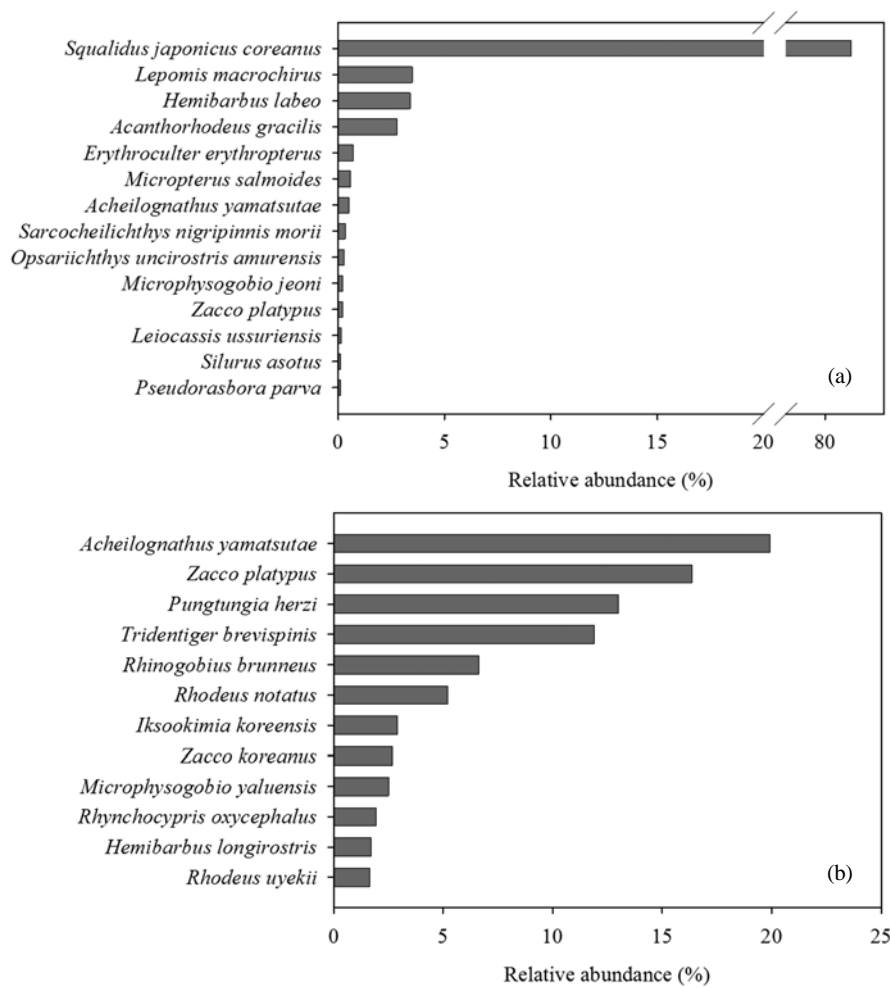


Fig. 3. Relative abundance of the fish species collected in the lacustrine area of Lake Paldang (a) and its tributaries (b).

줄납자루로 19.9%의 상대풍부도를 보였고, 5% 이상의 상대풍부도를 보이는 어종은 피라미(16.4%), 돌고기(*Pungtungia herzi*) (13.0%), 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*)(11.9%), 밀어(*Rhinogobius brunneus*)(6.6%), 떡납줄갱이(*Rhodeus notatus*) (5.2%)의 순이었다. 그러나 생체량에서는 피라미가 20.5%로 가장 높았고 다음으로 민물검정망둑(14.0%), 줄납자루(9.5%), 동사리(*Odontobutis platycephala*)(7.9%), 돌고기(6.3%), 참마자(*Hemibarbus longirostris*)(5.6%) 등의 순이었다(Fig. 3).

외래종인 블루길은 유입지천에서는 채집되지 않았으며 일부 지천(북포천, 하정천, 시우천, 월산천, 정암천)에서 배스의 치어들이 채집되었는데 모두 지천과 호소가 만나는 지역에 국한되었으며 전체 채집 개체수의 0.4%로 낮은 비율을 보였다. 주로 정수역에서 서식하는 블루길, 배스의 특성상 팔당호로 유입되는 유입지천에서는 두 종에 의한 생태계 교란 정도는 낮은 것으로 나타났다.

팔당호 유입지천의 군집분석 결과, 종다양도지수는 2.65, 우점도지수는 0.68, 균등도지수는 0.72, 종풍부도지수가 4.93로, 물개 한 종이 절대적으로 우점했던 팔당호 내 어류상보다 종다양도와 종의 균등도가 높았고 우점도는 낮아 한 종에 의한 우점 현상은 정수역보다 극심하지 않은 것으로 조사되었다.

팔당호 내 4개 수역별로 정치망 및 자망을 이용하여 어

류상을 조사한 결과 총 35종 46,154개체, 464.36 kg의 어류가 채집되었다(Table 2). 물개가 전체 개체수의 86.7% 그리고 전체 생체량의 26.3%로 가장 높은 우점도를 보였다. 개체수로 보면 물개 이외에 1% 이상의 우점도를 보인 종은 블루길(3.5%), 누치(3.4%), 가시납지리(2.8%)의 순이었고, 생체량으로는 블루길(19.4%), 강준치(18.9%), 누치(14.7%), 잉어(3.0%), 배스(2.6%), 메기(2.3%), 가시납지리(2.1%), 가물치(2.1%), 떡붕어(1.8%), 붕어(1.2%) 등이었다(Fig. 4). 총 35종 중에서 21종은 0.1% 미만의 상대풍부도를 보여 차지하는 비중이 매우 적었으며, 특히 이스라엘잉어, 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*), 동사리, 얼룩동사리(*Odontobutis*

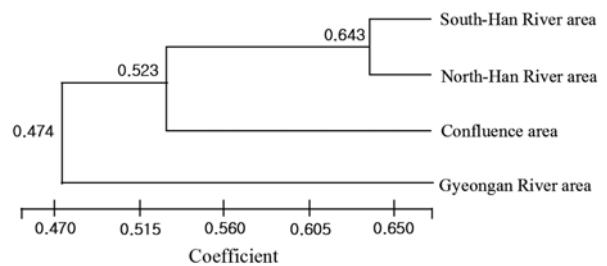


Fig. 4. Cluster analysis of collected fishes among the water areas of Lake Paldang using similarity indices.

interrupta), 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 민물검정망둑 등은 1개체만이 채집되어, 정치망으로 쉽게 채집이 되지 않는 동사리, 얼룩동사리, 미꾸리, 민물검정망둑을 제외

한 이스라엘잉어, 긴몰개 등은 팔당호 내 개체수가 매우 적은 것으로 판단된다.

팔당호 내 남한강, 북한강, 경안천 및 합류수역 중 출현

Table 2. A list and Individual number of fishes collected at each water area of Lake Paldang in 2008

Scientific name	No. of individuals				
	South-Han River	North-Han River	Gyeongang River	Confluence	Total
Anguillidae					
<i>Anguilla japonica</i>	4	2	2	9	17
Cyprinidae					
<i>Cyprinus carpio</i>	1	8	3		12
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli carp)			1		1
<i>Carassius auratus</i>	5	4	5	4	18
<i>Carassius cuvieri</i>	10	2	2	4	18
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	3	233		2	238
<i>Acanthorhodeus gracilis</i>	223	24	71	959	1,277
<i>Pseudorasbora parva</i>	4		8	39	51
<i>Pungtungia herzi</i>		10			10
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	1			1	2
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	17	51	17	69	154
<i>Squalidus gracilis majimae</i>				1	1
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	6,507	1,707	3,359	28,435	40,008
<i>Hemibarbus labeo</i>	316	735	159	355	1,565
<i>Hemibarbus longirostris</i>	4	3			7
<i>Pseudogobio esocinus</i>	6	26	4	5	41
<i>Abbottina rivularis</i>	1			3	4
<i>Microphysogobio yaluensis</i>		20	5	8	33
<i>Microphysogobio jeoni</i>	3	53		46	102
<i>Zacco platypus</i>	3	79	8		90
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	2	125		5	132
<i>Erythroculter erythropterus</i>	24	39	63	205	331
<i>Hemiculter leucisculus</i>			12	8	20
Cobitidae					
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1				1
<i>Misgurnus mizolepis</i>				2	2
Bagridae					
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>			2		2
<i>Leiocassis ussuriensis</i>	1		67		68
Siluridae					
<i>Silurus asotus</i>	21	9	14	10	54
Centrarchidae					
<i>Lepomis macrochirus</i>	447	108	476	577	1,608
<i>Micropterus salmoides</i>	112	52	16	90	270
Odontobutidae					
<i>Odontobutis platycephala</i>	1				1
<i>Odonrobotis interrupta</i>		1			1
Gobiidae					
<i>Rhinogobius giurinus</i>			5	2	7
<i>Tridentiger brevispinis</i>				1	1
Channidae					
<i>Channa argus</i>		5	1	1	7
No. of individuals	7,717	3,296	4,300	30,841	46,154
Family	7	6	7	7	9
Genus	20	15	20	20	26
Species	24	22	22	25	35

중수는 북한강 수역과 경안천 수역이 각각 22종으로 적었고 남한강수역이 24종, 합류수역이 25종으로 제일 많았다. 채집 개체수 및 생체량으로는 북한강 수역이 가장 적었으며 합류수역이 가장 많았다(Table 2). 팔당호 내 4개 수역의 출현종 및 어류상을 근거로 Jaccard(1908)의 유사도 지수를 이용하여 수역별 유사도를 분석한 결과, 남한강과 북한강 수역의 유사도 지수가 가장 높아 두 수역의 어류상이 유사한 것으로 나타났으며 두 하천수역과 합류수역이 다음으로 유사하였고 경안천 수역은 남, 북한강 수역 그리고 합류수역과는 모두 유사도가 낮은 것으로 나타났다(Fig. 4). 이런 결과로 볼 때 평균 수심이 약 8 m로 유사하고 줄, 애기부들 등 정수식물이 우세한 식생구조를 보이는 남, 북한강 수역이 어류군집도 유사하며, 다른 수역에 비해 수심이 얕고 부유식물, 부유식물이 주로 서식하고 있는 경안천 수역은 팔당호 내 다른 수역과 어류군집에서 차이가 있는 것으로 판단된다.

팔당호 내 어류상의 군집구조를 분석한 결과 종다양도지수는 0.67, 우점도 지수는 0.90, 균등도 지수가 0.19, 종풍부도지수가 3.17로 종이 다양하지 않고 몰개 한 종에 의한 우점도가 매우 높으며 각 어종의 균등도는 매우 낮은 왜곡된 형태의 군집구조를 가진 것으로 나타났다. 본 조사에서 나타난 팔당호 내 어류군집구조를 보면 소형어류가 절대적으로 많은 수를 차지하고 있고 대형육식어종이 상대적으로 적어 하부가 매우 비대한 구조를 보이는데, 이는 구조상 비교적 안정된 먹이피라미드 형태를 가지고 있는 것으로 보인다. 그러나 소형어류 중에서도 몰개 한 종의 우점도가 지나치게 높아 팔당호 어류군집구조는 개체수의 구성이 다소 편중된 구조를 가진 것으로 나타났다.

3.2. 주요 어종의 섭식특성 및 연령분포

팔당호의 우세 출현종 중에서 육식성으로 알려진 강준치, 누치, 배스, 블루길을 대상으로 성어의 위 내용물을 조사하여 섭식특성을 비교하였다. 본 조사에서는 우점종이 아니었으나 과거 조사에서 팔당호의 우점종으로 조사된(변명섭 등, 2008; 손영목 등, 1997) 강준치의 경우 전장 160 mm 이상인 3년생 이상(김익수와 박종영, 2002)의 194개체를 대상으로 위 내용물을 조사한 결과, 어류를 섭식한 개체수가 조사된 총 개체수의 38.1%, 수서곤충, 저서성무척추동물, 새우, 조개류 등의 대형무척추동물을 섭식한 개체수가 1.5%이었으며 그 외에 수초나 기타 유기물 등을 섭식한 개체수가 3.6%이었고 나머지 개체들은 위 내용물이 소화되어 비어있는 상태로 조사되었다. 누치의 경우 전장 150 mm 이상의 3년생 이상(최기철 등, 1990)의 150개체를 대상으로 조사한 결과, 어류를 섭식한 개체수가 총 조사개체수의 20%, 대형무척추동물을 섭식한 개체수가 4.7%, 수초를 섭식한 개체수가 9.3%이었다. 생태계교란야생동물로 지정된 배스는 채집된 개체수가 적어 성어 48개체만을 대상으로 섭식을 조사한 결과, 어류를 섭식한 개체수가 총 조사개체수의 47.9%, 어란을 섭식한 개체수가 6.3%, 대형무척추동물을 섭식한 개체수가 16.7%로 강준치에 비해 어식성

이 더욱 강한 것으로 나타났다. 또 다른 생태계교란야생동물인 블루길은 전장 135 mm 이상이 되는 3년생 이상(川那部 水野, 1989)의 342개체를 조사한 결과, 어류를 섭식한 개체수가 총 조사개체수의 21.6%, 어란을 섭식한 개체수가 1.8%였고, 대형무척추동물을 섭식한 개체수가 16.7%, 수초를 섭식한 개체수가 14.9%였으며 나머지 개체들은 위가 비어있었다. 대형무척추동물을 섭식한 51개체 중에서 14개체가 새우류, 4개체가 복족류 및 이매패 등을 섭식한 것으로 나타났다. 변화근 등(1997)이 팔당호에서 블루길의 섭식을 조사한 결과, 동·식물플랑크톤, 식물, 대형무척추동물, 대형동물, 어류, 어란을 섭식한다고 보고하였는데, 본 조사에서도 유사한 섭식을 보였다. 생태계교란야생동물인 배스와 블루길이 모두 강한 육식성을 보이고 있으며 특히 어류뿐만 아니라 수서곤충, 새우류, 연체류 등의 대형무척추동물도 많이 섭식하고 있어 팔당호 내 수중생태계 먹이망을 교란시킬 가능성이 높은 것으로 판단된다.

강준치, 누치, 배스와 블루길을 대상으로 개체군 연령구조를 알아보기 위하여 가을에 채집한 개체의 일부를 무작위로 표본 추출하여 전장을 측정하였다(Fig. 5). 강준치는 만 1년에 전장 90 mm, 2년에 전장 120 mm, 3년이 되면 150 mm 정도로 성장하고 200 mm 이상의 개체를 5년 이상 된 연령군으로 추정할 수 있다(김익수와 박종영, 2002). 본 조사에서 강준치는 전장이 48~510 mm의 범위를 보였고 이중 1년생 미만의 개체가 17.4%, 5년생 이상인 200 mm 이상의 개체가 74.4%이었으며 1~3년생은 매우 적어 팔당호의 강준치의 연령분포는 5년생 이상의 개체들이 대부분이며 3년생 이하의 개체수는 적은 것으로 나타나 향후 팔당호에서 점차 감소할 가능성이 있음을 시사하였다. 누치는 만 1년에 전장 70 mm, 2년에 전장 120 mm, 3년에 170 mm로 성장하고, 그 후 210 mm, 250 mm, 280 mm, 310 mm, 350 mm, 380 mm로 성장한다는 기록이 있다(최기철 등, 1990). 본 조사에서 누치는 55~495 mm의 범위의 개체가 채집되었고 이 중 1년 미만은 3.1%, 만 1년생은 28.1%, 2년생은 26.6%, 3년생 이상은 42.2%이었으며 400 mm가 넘는 대형 개체도 3.9%였다. 강준치와 달리 팔당호의 누치는 1, 2년생 개체가 풍부한 것으로 나타나 그 개체수가 지속적으로 유지될 것으로 예상된다.

생태계교란야생동물인 배스 35개체의 전장분포는 95~325 mm이었으며 150 mm 미만의 작은 개체들이 85.7%로 대부분을 차지하였고 300 mm 이상의 대형어는 1개체에 불과해 2006년부터 지속적으로 낚시를 통해 팔당호에서 배스를 제거한 결과 대형개체는 감소하고 낚시로 제거가 어려운 소형 개체 위주의 군집을 이루고 있는 것으로 나타났다. 블루길의 경우 조사된 133개체의 전장분포는 40~215 mm이었다. 川那部와 水野(1989)의 조사기록에 따르면 블루길은 만 1년에 50 mm, 2년에 80 mm, 3년에 130 mm, 4년에 160 mm까지 성장한다. 이를 근거로 볼 때 본 조사에서 채집된 블루길은 1년 미만인 50 mm 미만의 개체는 0.8%, 만 1년생은 25.6%, 2년생은 6.8%, 3년생은 17.3% 그리고 4년생 이상은 49.6% 로 구성되어 있어 4년생 이상

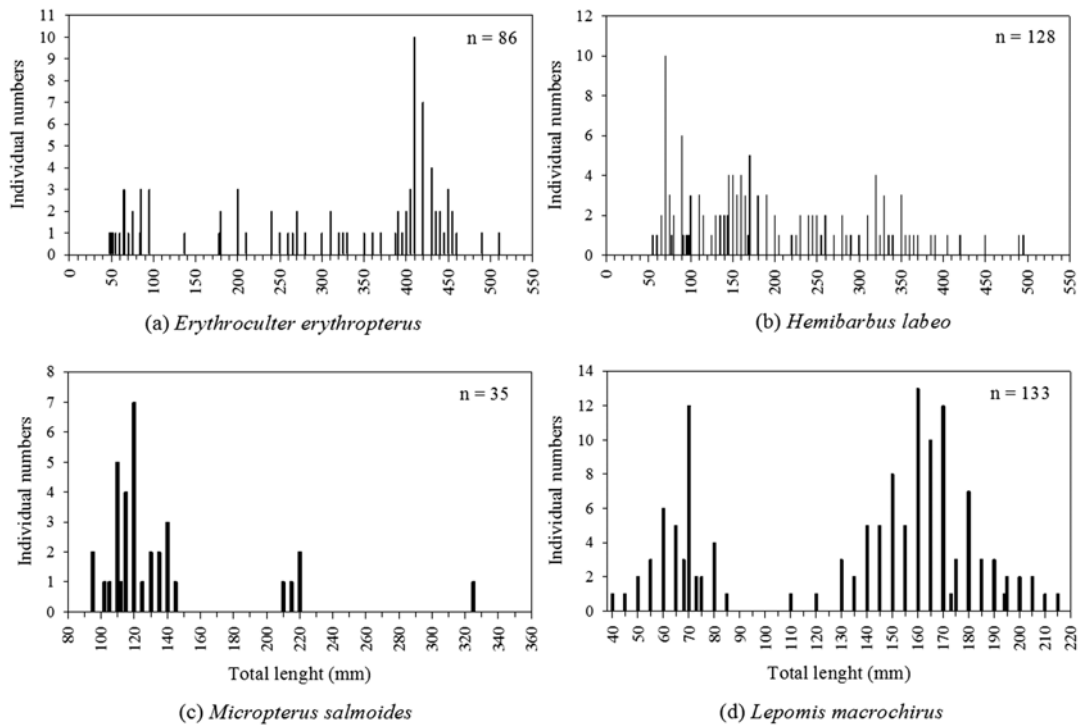


Fig. 5. Distribution of total body length of four major carnivor species ((a) *E. erythropterus*, (b) *H. labeo*, (c) *M. salmoides*, (d) *L. macrochirus*) collected in autumn in Lake Paldang.

의 개체가 가장 많은 비율을 차지하였고 1~3년생의 개체도 49.6%로 비슷한 비율을 차지하는 것으로 나타났다. 손영목 등(1997)은 1996년 팔당호 어류상 조사 결과 블루길의 연령구조가 만 3, 4년생과 그 이상의 연령군이 대부분이었다고 보고하였다. 1996년 조사와 비교하면 2008년에 만 1, 2년생 연령군이 상당히 증가한 것을 알 수 있다. 따라서 본 조사에서 아우점종의 위치를 차지하였던 블루길은 앞으로도 팔당호에서 그 개체수가 지속적으로 유지될 가능성이 높은 것으로 판단된다.

3.3. 팔당호 어류상 장기 변동

1973년 12월 팔당댐의 준공으로 조성된 인공호인 팔당호는 2008년 현재 담수 후 35년이 경과하였다. 댐 건설 전에는 하천 생태계(유수역)이었던 곳이 댐 조성 이후 호수생태계(정수역)로 바뀌면서 수중생태계도 많은 변화가 일어났을 것이다. 댐 건설 이후 하구 또는 바다와 담수를 오가던 주연성, 강하성 어류의 이동이 막히게 되고 또한 상류 댐들의 건설로 댐과 댐 사이에서 이동이 제한되는, 부분적으로 폐쇄된 생태계를 형성하게 되었다. 뿐만 아니라 댐 조성 이후 급격한 수역의 부영양화가 진행되어 수질 오염에 의한 군집구조의 영향도 간과할 수 없다. 본 연구에서는 팔당댐 조성 직전인 1972년부터 현재까지 팔당호 및 주변 유입하천에서 조사된 어류상 조사결과를 종합하여 팔당호 어류상의 장기변동 양상을 분석하였다. 본 연구에서 인용된 선행연구 목록 및 선행연구의 조사기간, 조사지점, 조사방법을 Table 3에 나타내었다. 조사시기가 오래전 일수록 조사지점 수나 조사방법이 제한되어있어 1990년대 이전에는

한, 두 지점에서 조사가 이루어졌다. 조사기간, 조사지점, 조사방법이 유사한 수준의 조사는 팔당호 내 조사로는 1994년부터 시작되었고 팔당호 내와 유입지천 조사가 동시에 이루어진 조사는 1996년 조사부터였다.

각 선행 조사에서 보고된 팔당호 어류의 종수를 보면 조사지점(호수 내, 유입지천)을 구분하지 않고 조사된 총 종수는 담수 이전에 31종이었으나 담수 이후 1994년까지 감소하였고 1996년 조사부터 서서히 증가하여 본 조사에서 가장 많은 종수가 기록되었다(Table 3). 팔당호 전체를 호내 수역과 유입지천으로 구분하여 수역별로 보면, 팔당호로 유입되는 유입지천에서만 발견된 종수는 1996년 조사부터 2004년까지 담보 수준이었으나 2006년부터 증가하여 현재 40종 수준이다. 이런 결과는 2004년까지 유사했던 조사지천수가 2006년부터 약 2배로 늘어나면서 발견되는 종수도 증가하였기 때문으로 판단된다. 그러나 팔당호 내 수역에서만 발견된 종수의 연간 변화를 보면 1994년에 비해 1996년, 2002년까지 약간 증가하였으나 2003, 2004, 2006년까지 감소하였고 2008년에 다시 증가한 것으로 나타났다. 팔당호 내 조사지점 수는 1996년부터 2008년 조사까지 2002년을 제외하면 큰 차이가 없기 때문에 본 결과는 실제 팔당호 내 서식 어류종수의 변화를 어느 정도 반영하고 있다고 판단된다(Fig. 6).

팔당호에서 발견된 어종 중에서 흰줄납줄개(*Rhodeus ocelatus*)와 멸종위기야생동식물II급으로 지정된 묵납자루(*Acheilognathus signifer*)는 1992년 이후 팔당호에서 발견되지 않았으며 큰납지리(*Acanthorhodeus macropterus*)와 찬널동자개(*Ictalurus punctatus*)도 1994년 조사 이후 현재까지

Table 3. Survey methods and species numbers of fishes of previous studies in Lake Paldang

No.	Survey period	No. of site	Sampling site	Fishing gear	Collected number		Reference
					Family	Species	
1	-	-	-	-	9	31	Jeon & Kim, 1972
2	'80/3 ~ 11	1	1 sites in lacustrine area	landing net, scoop net, casting net, gill net, drag net	7	23	NIER, 1980
3	'87/2 ~ 11	1	1 sites in lacustrine area	-	1	9	Jeon et al., 1987
4	'89/11 ~ '90/8	3	3 sites in lacustrine area	scoop net, casting net, drag net	4	17	Jeon, 1990
5	'93/8 ~ '94/11	6	6 sites in lacustrine area	gill net, fixed shore net	9	24	Oh et al., 1999
6	'95/9 ~ '96/8	14	8 sites in lacustrine area 6 tributaries	scoop net, casting net(tributaries), fixed shore net(lacustrine area)	11	42	Son et al., 1997
7	'01/7 ~ '02/4	1	1 sites in lacustrine area	gill net, fixed shore net	11	30	Seoul metropolitan Gov., 2002
8	'03/5 ~ 10	8	4 sites in lacustrine area 4 tributaries	scoop net, casting net(tributaries), fixed shore net(lacustrine area)	11	42	HRERC, 2004a
9	'04/8 ~ 11	12	4 sites in lacustrine area 8 tributaries	scoop net, casting net(tributaries), fixed shore net(lacustrine area)	15	45	HRERC, 2004b
10	'06/8 ~ 11	19	4 sites in lacustrine area 15 tributaries	scoop net, casting net(tributaries), fixed shore net(lacustrine area)	11	48	HRERC, 2006
11	'08/5 ~ 10	19	4 sites in lacustrine area 15 tributaries	scoop net, casting net(tributaries), fixed shore net(lacustrine area)	13	53	HRERC, 2008

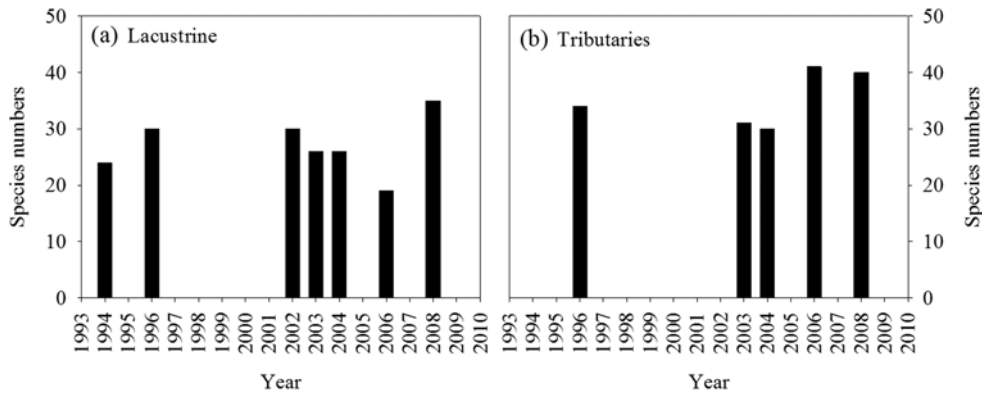


Fig. 6. Yearly variation of species numbers collected in lacustrine area of Lake Paldang (a) and its tributaries (b) (1994~2008).

채집이 보고된 사례가 없다.

지구온난화에 따른 기후변화의 영향으로 우리나라 기상 패턴에서 돌발성 집중강우의 빈도와 강도가 매우 높아졌다. 이런 기상패턴의 변화는 하천을 막아 조성된 인공댐호의 유속, 유량에도 크게 영향을 미칠 뿐만 아니라 집중강우 시 유역에서 유입되는 탁수의 양과 지속기간을 증가시키고 있다. 한강수계 인공댐호 중에서 가장 하류에 위치한 팔당호에서도 최근 수년 간 여름철 집중강우기에 상류 댐의 중층방류를 통해 고농도의 탁수가 유입되는 현상이 반복되고 있다. 이런 탁수현상은 수중생태계의 먹이피라미드에서 하부에 위치하며 상위 그룹으로 영양과 에너지를 전달하는 동물플랑크톤, 저서생물 등의 여과섭식에 장애를 유발하고 수서곤충의 생장에 피해를 주어 최종적으로는 어류군집에 피해를 유발할 수 있다(김범철과 정성민, 2007). 뿐만 아니라 수서생물의 서식지를 제공하는 수생식물 특히 침수식물의 서식이 저해되고 이 또한 결과적으로 어류군집에 영향을 미칠 수 있다. 1990년대 초반까지 매우 낮았던 팔당호의 수중 부유물질(SS) 농도가 1990년대 후반부터 증가하기

시작하여 2008년까지 큰 편차를 보이며 증가하는 추세를 나타내고 있고 이에 따라 침수식물과 호수 바닥에 살고 있는 이매패류가 크게 감소한 것으로 조사되었다(한강물환경연구소, 2009).

이매패강 석패과(Unionidae)의 몸 안에 산란하는 특성을 가진 납자루아과(Acheilognathinae) 어류 및 중고기속(*Sarcocheilichthys*) 어류의 개체수 비율을 보면 1994년 조사에서 가장 높아 약 33%를 보였으나 이후 급격히 감소하여 10% 미만을 나타내었고 2003년에 16%로 약간 증가하였으나 2004년부터 다시 감소하는 추세를 보여 전체적으로 볼 때 1994년부터 현재까지 감소하고 있는 양상을 보였다(Fig. 7). 손영목 등(1997)에 따르면 1996년 조사에서 팔당호 내 일부 수역에서는 석패과가 다수 서식하고 있었고 납자루아과 어류 및 중고기속 어류의 우점도도 높았으며 송호복과 권오길(1992)도 의암호에서 석패과와 함께 납자루아과 및 중고기속 어종이 풍부하다고 보고하였다. 따라서 팔당호에서 최근 들어 납자루아과 어류 및 중고기속 어류의 감소는 석패과의 감소에 크게 영향을 받은 것으로 보이며, 따라서

Table 4. Dominant and subdominant species collected in Lake Paldang and its tributaries from 1994 to 1996

Lacustrine area of Lake Paldang			
Year	Species	Dominant species (Relative abundance)	Subdominant species (Relative abundance)
1994		<i>H. labeo</i> (21.5%)	<i>A. gracilis</i> (20.8%)
1996		<i>E. erythropoterus</i> (34.3%)	<i>S. japonicus coreanus</i> (23.7%)
2002		<i>L. macrochirus</i> (20.3%)	<i>E. erythropoterus</i> (13.3%)
2003		<i>E. erythropoterus</i> (37.3%)	<i>H. leucisculus</i> (18.2%)
2004		<i>E. erythropoterus</i> (29.0%)	<i>L. macrochirus</i> (26.2%)
2006		<i>L. macrochirus</i> (28.6%)	<i>S. japonicus coreanus</i> (21.6%)
2008		<i>S. japonicus coreanus</i> (86.7%)	<i>L. macrochirus</i> (3.5%)
			<i>H. labeo</i> (3.4%)
Tributaries of Lake Paldang			
1996		<i>A. yamatsutae</i> (14.2%)	<i>R. oxycephalus</i> (13.8%)
2003		<i>Z. platypus</i> (23.3%)	<i>A. yamatsutae</i> (19.9%)
2004		<i>Z. platypus</i> (18.4%)	<i>M. yaluensis</i> (12.4%)
2006		<i>M. yaluensis</i> (22.7%)	<i>R. brunneus</i> (13.1%)
2008		<i>A. yamatsutae</i> (19.9%)	<i>Z. platypus</i> (16.4%)
			<i>P. herzi</i> (13.0%)

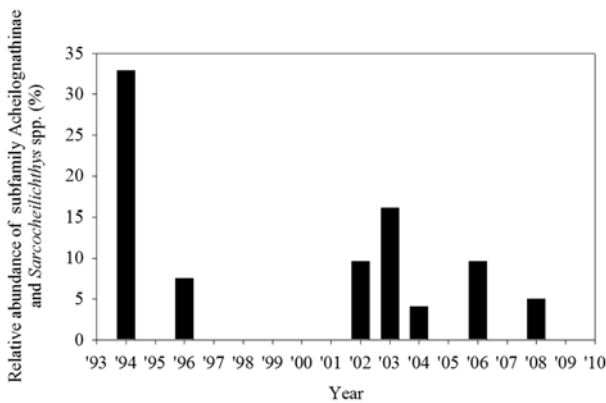


Fig. 7. Yearly variation of relative abundance of subfamily Acheilognathinae and *Sarcocheilichthys* spp. in Lake Paldang.

팔당호 탁도 증가로 인한 팔당호 수중생태계 먹이망 하부 구조의 변화가 상위의 어류군집구조 변화로 이어진 것으로 판단된다.

유사한 조사 방법이 적용된 1994년부터 2008년까지 팔당호 내 및 유입지천에서 조사된 어류군집의 우점종 및 아우점종의 연도별 변화를 정리하였다(Table 4). 팔당호로 유입되는 유입하천에 서식하는 어류군집의 연도별 우점종 변화를 보면 유수역의 특성상 소형 어류가 주로 출현하였으며, 특히 줄납자루의 우점도가 높았다. 1996년과 2008년에 줄납자루가 제 1 우점종이었으며 2003년과 2004년에는 피라미, 그리고 2006년에는 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*)가 제 1 우점종으로 조사되었고, 2003년부터 밀어의 우점도도 상당히 높게 나타났다.

팔당호 내에서 조사된 어류군집 우점종의 연도별 변화를 보면 2008년을 제외하면 모두 육식어종인 누치, 강준치, 블루길의 우점종이었고 가시납지리, 물개, 증고기 등 소형어종이 아우점종으로 나타나 호수 내에서는 육식어종의 우점도가 높은 것으로 조사되었다. 1994년부터 2006년까지 우점종과 제 1 및 제 2 아우점종의 우점도 합은 45.0~80.4%

로 우점종의 개체수 편중현상이 심한 것으로 나타났으며 특히 2004년부터 상위 3종의 점유율이 66%를 상회하고 2008년의 경우 93.6%로 개체수 편중현상이 더욱 심화되고 있는 것으로 나타났다.

한편 2002년부터 2004년까지의 조사에서는 우점종과 아우점종이 모두 대형 육식어종이었으며 그 외 조사에서는 물개, 가시납지리와 같은 소형 어종이 우점종 또는 아우점종의 위치를 차지하였는데 이는 2002년부터 2004년까지 호수 내 조사에서 사용한 삼각망의 망목이 10 × 10 mm, 20 × 20 mm이었으며 그 외 조사에서는 5 × 5 mm 망목의 삼각망을 사용하였기 때문에 망목이 큰 삼각망을 사용한 2002년부터 2004년까지의 조사에서는 물개와 같은 소형어종의 채집이 매우 적었기 때문에 나타난 차이로 판단된다.

팔당호 내에서 대부분의 조사년도에 우점종 및 아우점종으로 출현한 생태계교란야생동물인 블루길의 연도별 우점도 변화를 보면 블루길은 1994년에는 전혀 채집되지 않았으나 2년 후인 1996년부터 11~29%로 높은 우점도를 나타내었고 특히 2004년 이후로 24% 이상의 우점도를 지속적으로 보이면서 우점도가 점차 증가하고 있어(Table 5), 어류, 어란, 갑각류, 조개류 등을 탐식하는 식성으로 인해 팔당호 내 토착어종 및 어류군집구조 뿐만 아니라 수생태계 먹이사슬의 단순화나 순환구조에 악영향을 미칠 가능성이 높을 것으로 추정된다. 블루길은 어획 대상 어종이 아니기 때문에 뚜렷한 경쟁어종이 존재하지 않을 경우 지속적으로 증가하게 되므로 팔당호 뿐 만 아니라 대청호, 진양호 등에서도 블루길이 우점하는 현상이 나타나고 있다(한국수자원공사, 2002). 또 다른 생태계교란야생동물인 배스의 경우 삼각망으로는 채집이 어려운 특성 때문에 상대우점도는 10% 미만으로 낮게 나타났고 특히 2006년부터 팔당호에서 본 종의 퇴치를 위해 주기적으로 낚시를 이용한 수거작업이 이루어지고 있는 관계로 대형 개체는 감소하고 있으며(Fig. 5) 배스에 의한 팔당호 수중생태계의 교란 위험은 다소 줄어들고 있는 것으로 판단되었다. 그러나 3~5년 이상의 대형 개체는 감소하는 추세이나 호안의 수초

Table 5. Relative abundance of exotic species (*L. macrochirus*, *M. salmoides*) in Lake Paldang from 1994 to 2008

Species \ Study year	1994	1996	2002	2003	2004	2006	2008
<i>Lepomis macrochirus</i> (%)	0	22	20	11	26	29	4 (26)*
<i>Micropterus salmoides</i> (%)	6	1	5	2	2	2	0.1 (5)*

* Number in parenthesis in 2008 indicates the relative abundance of *L. macrochirus* and *M. salmoides* calculated without *S. japonicus coreanus*

지대 부근에서 배스의 치어 무리가 쉽게 관찰되고 있어 향후에도 지속적인 구제작업이 이루어지지 않을 경우 다시 증가할 가능성을 가지고 있다. 한편 납자루아과 어류들은 다른 어류들에 비해 유영능력이 떨어지고 정수역의 수초지대에 많이 서식하는 생태적 특징을 가지고 있기 때문에 블루길과 배스에게 쉽게 집중 포획되는 경향이 있으며, 배스로 인해 옥정호에서는 붕어, 송사리 등과 더불어 납자루아과 어류가 크게 감소한 사례가 보고되었다(고명훈 등, 2008). 따라서 앞서 언급한 팔당호에서 납자루아과 및 중고기속 어류의 감소에는 기후변화로 인한 수환경교란 뿐만 아니라 1970년대에 도입되기 시작한 블루길과 배스의 생태적 확산도 주요한 역할을 하였을 것으로 판단된다. 이런 결과들로 볼 때 팔당호 수생태계 특히 어류생태계의 건강성을 위해 어식성이 강한 배스와 현재 높은 우점도를 보이고 있으나 특별한 구제활동이 이루어지고 있지 않은 블루길의 관리가 반드시 필요할 것으로 판단된다.

4. 결론

2008년 봄, 가을에 팔당호의 어류군집 동태를 조사하고, 팔당댐 축조 이전부터의 선행조사 결과와 함께 팔당호 어류상의 장기변동 양상을 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 2008년 봄과 가을 2회에 걸쳐 팔당호 내 및 팔당호로 유입되는 주요 유입지천의 유입부에서 어류군집 동태를 조사한 결과, 총 13과 39속 53종 48,899개체, 476.03 kg 이 채집되었으며, 이중 물개개 전체 채집 개체수의 81.8%, 생체량의 25.7%의 상대풍부도로 팔당호에서 가장 우점하는 어종으로 조사되었으며, 개체수로 볼 때 팔당호에서 대형 어류의 먹이생물이 되는 소형어류의 우점도가 매우 높고 대형어류의 비율이 낮은 것으로 나타났으나, 생체량에서는 일부 어종을 제외하면 대형어종이 우세하게 나타났다. 한국고유종은 각시붕어를 포함하여 20종 (38%)이었고, 보호종은 멸종위기야생동물II급인 독중개 1종이 채집되었으며 외래종은 이스라엘잉어 등 4종 (7.5%)이었다.
- 2) 본 조사에서 채집된 팔당호 내 어류상의 군집구조를 분석한 결과, 종다양도는 0.67, 우점도는 0.90, 균등도는 0.19, 종풍부도는 3.67로 한 종에 의한 우점도가 매우 높으며 각 어종의 균등도는 낮은 왜곡된 형태의 군집구조를 가진 것으로 나타났다.
- 3) 팔당호 내 4개 수역의 출현종 및 어류상을 근거로 Jaccard(1908)의 유사도 지수를 이용하여 수역별 유사도를 분석한 결과, 남한강과 북한강 수역의 어류상이 유사

한 것으로 나타났으며 다른 수역에 비해 수심이 얕고 부유식물, 부엽식물이 주로 서식하고 있는 경안천 수역은 팔당호 내 다른 수역과 어류군집에서 차이가 있는 것으로 조사되었다.

- 4) 팔당댐 조성 직전인 1972년부터 현재까지 팔당호 및 주변 유입지천에서 조사된 어류상 조사결과를 종합하여 팔당호 어류상의 장기변동 양상을 분석한 결과, 팔당호 어류의 총 종수는 담수 이전에 31종에서 담수 이후 1994년까지 감소하였고 1996년부터 서서히 증가하여 2003년까지 유사한 수준이었으나 2004년부터 증가하여 본 조사에서 가장 많은 종수를 기록하였다. 그러나 이런 추세는 실제 팔당호에 서식하는 종의 수가 늘어났다고 보다는 조사대상 지점수가 증가하면서 새로운 종이 추가되었기 때문으로 추정된다.
- 5) 이매패강 석패과의 몸 안에 산란하는 특성을 가진 납자루아과 어류 및 중고기속 어류의 개체수 비율이 1994년 조사에서 가장 높아 약 33%를 보였으나 전체적으로 볼 때 1994년부터 현재까지 감소하고 있는 양상을 보여 팔당호의 탁도 증가로 인한 수생태계 먹이망 하부 생물인 석패과의 감소가 상위의 어류군집구조 변화로 이어진 것으로 판단된다.
- 6) 팔당호에서 생태계교란야생동식물인 블루길의 연도별 우점도 변화를 보면 블루길은 1994년에는 전혀 채집되지 않았으나 2년 후인 1996년부터 11~29%로 높은 우점도를 나타내었고 특히 2004년 이후부터 24% 이상의 우점도를 지속적으로 보이면서 우점도가 점차 증가하고 있어, 어류, 어란, 갑각류, 조개류 등을 탐식하는 식성으로 인해 팔당호 내 토착어종 및 어류군집구조 뿐만 아니라 수생태계 먹이망의 단순화나 순환구조에 악영향을 미칠 가능성이 높을 것으로 추정된다.

사 사

본 연구는 2008년도 한강수계 환경기초조사사업 「수계별 호소환경 및 생태조사」의 일환으로 수행되었습니다.

참고문헌

고명훈, 박종영, 이용주(2008). 옥정호에 도입된 배스 *Micropterus salmoides*의 식성 및 어류상에 미치는 영향. *한국어류학회지*, 20(1), pp. 36-44.
 공동수(1992). 팔당호의 육수생태학적 연구. 박사학위논문, 고려대학교.
 국립환경연구소(1980). *한강유역의 생태계 조사에 대한 중*

- 합적 연구.
- 김범철, 정성민(2007). 소양강의 탁수발생 실태와 환경생태학적 영향. 2007년 물정책포럼-탁수의 영향과 대책, 한국물학술단체연합회·한국수자원공사.
- 김익수, 박종영(2002). 한국의 민물고기, 교학사.
- 김익수, 최윤, 이충렬, 이용주, 김병직, 김지현(2005). 원색 한국어류대도감, 교학사.
- 김치홍, 이완옥, 이종관, 홍관의(2005a). 청평호의 어류군집. 한국어류학회지, 17(2), pp. 123-130.
- 김치홍, 이완옥, 홍관의, 전형주(2005b). 충주호의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 17(4), pp. 264-270.
- 변명섭, 박혜경, 이완옥, 공동수(2008). 팔당호의 어류상과 군집동태. 수질보전 한국물환경학회지, 24(2), pp. 206-213.
- 변명섭, 박혜경, 전남희, 최명재, 공동수(2007). 인공수초섬이 어류 분포에 미치는 영향. 한국육수학회지, 40(1), pp. 103-109.
- 변화근, 송호복, 전상린, 손영목(1997). 팔당호에 도입된 파랑볼우럭(*Lepomis macrochirus*)의 식성. 한국육수학회지, 30(1), pp. 75-84.
- 변화근, 이완옥, 김동섭(2004). 영천호의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 16(3), pp. 234-240.
- 서울특별시(2002). 한강생태계 조사연구보고서.
- 손영목, 송호복, 변화근, 최재석(1997). 팔당호의 어류군집동태. 한국어류학회지, 9(1), pp. 141-152.
- 송호복, 권오길(1992). 댐건설에 따른 의암호의 어·패류상 변화. 강원대학교 논문집, 31, pp. 178-186.
- 오봉세, 류재근, 남영모, 김숙양(1999). 팔당호 어업대상어류의 종조성과 계절변동. 한국육수학회지, 32(4), pp. 308-318.
- 이상하, 최재석, 이광열, 장영수, 임인수, 허우명, 김재구, 김범철(2006). 도암호의 수질과 어류군집 특성 연구. 한국육수학회지, 39(2), pp. 167-177.
- 이충렬(2005). 합천호의 어류상과 어류 군집구조. 한국어류학회지, 17(2), pp. 131-141.
- 전상린(1980). 한국산담수어의 분포에 관하여. 박사학위논문, 중앙대학교.
- 전상린(1990). 한강생태계 조사연구보고서. 서울특별시.
- 전상린, 김강연(1972). 한강유역의 어류상에 관한 연구. 과학기술처 R-72-78.
- 전상린, 김익수, 손영목, 양홍준, 이충열, 최충길(1987). '87 자연생태계 전국조사(I) : 담수어류, 환경청.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목(1990). 원색한국담수어도감, 향문사.
- 최재석(2005a). 춘천호의 어류상과 군집구조. 한국환경생물학회지, 23(2), pp. 173-183.
- 최재석(2005b). 의암호의 어류군집. 한국어류학회지, 17(1), pp. 73-83.
- 최재석, 이광열, 장영수, 고영훈, 권오길, 김범철(2003). 소양호의 어류군집 동태. 한국육수학회지, 15(2), pp. 95-104.
- 최재석, 이광열, 장영수, 최의용, 서진원(2005). 평화의 댐 어류군집 분석. 한국육수학회지, 38(3), pp. 297-303.
- 최재석, 장영수, 이광열, 김진구, 권오길(2004). 파로호의 어류상 및 어류군집. 한국환경생물학회지, 22(1), pp. 111-119.
- 최준길, 박승철, 장영수, 이광열, 최재석(2006). 경포호의 어류상 및 어류군집 특성. 한국육수학회지, 39(3), pp. 157-166.
- 한강물환경연구소(2004a). 팔당호소 환경조사. 한강수계관리위원회.
- 한강물환경연구소(2004b). 수중생태계 물질순환 및 에너지 흐름 조사 (I). 한강수계관리위원회.
- 한강물환경연구소(2006). 남한강 수계 호수의 생태계 구조조사. 한강수계관리위원회.
- 한강물환경연구소(2009). 수계별 호소환경 및 생태조사 (I). 한강수계관리위원회.
- 한국수자원공사(2002). 댐 저수지 어류 보전방안.
- 환경부(2006). 물환경종합평가방법 개발 조사연구(III) 최종보고서: 수생태 건강성 조사 및 평가체계 연구.
- 환경부(2007). 수생태 건강성 회복을 위한 하천복원 모델과 기준, 조사계획 수립 연구 최종보고서(III): 수생태 건강성 조사계획 수립 및 지침.
- 川那部浩哉, 水野信彦(1989). 日本の淡水魚, 山と溪谷社, 東京.
- Gulati, R. D., Lammens, E. H. R. R., Meijer, M. L., and van Donk, E. (1990). *Bio-manipulation Tool for Water Management*, Kluwer Academic Publishers.
- Helminen, H., Karjalainen, J., Kurkilahti, M., Rana, M., and Sarvala, J. (2000). Eutrophication and fish biodiversity in Finnish lakes. *Verhandlungen der Internatioanlen Vereinigung fur Limnologie*, 27, pp. 194-199.
- Jaccard, P. (1908). Nouvelles recherches sur la distribution florale. *Bulletin Society Sciences Naturelle*, 44, pp. 223-270.
- Margalef, R. (1958). Information theory in ecology. *General Systematics*, 3, pp. 36-71.
- Nelson, J. S. (1994). *Fishes of the World* (3rd ed.), John Wiley & Sons. New York.
- Pielou, E. C. (1966). The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theoret. Biol.*, 13, pp. 131-144.
- Shannon, C. E. and Weaver, W. (1963). The mathematical theory of communication. Illinois Univ. Press, Urbana.
- Simpson, E. H. (1949). Measurement of diversity. *Nature*, 163, pp. 688.
- Tonn, W., Magnuson, J., Rana, M., and Toivonen, J. (1990). Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages; the balance between local and regional processes. *The American Naturalist*, 136, pp. 345-375.