

춘천호의 어류상과 군집구조

최 재 석

강원대학교 자연과학대학 생물학과

Ichthyofauna and Fish Community Structure in Chuncheon Reservoir

Jae-Seok Choi

Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

Abstract - The ichthyofauna and community structure in the Chuncheon Reservoir, Korea, were investigated from August 2003 to April 2004. The total number of fish caught from the period was 10,821 fish representing 41 species and 13 families. There were 16 Korean endemic species, including *Hemibarbus mylodon*, *Acheilognathus yamatsutae* and *Odontobutis platycephala*. Dominant species was *Hypomesus olidus* (30.69%) and subdominant species was *Hemibarbus labeo* (14.70%). Also, *Zacco platypus* (10.57%), *Zacco temminckii* (9.66%), *Micropterus salmoides* (4.81%), *Rhinogobius brunneus* (4.28%) and *Microphysogobio yaluensis* (3.10%) were numerous. The biomass of collected fishes were *Hemibarbus labeo* (34.63 kg), *Hypomesus olidus* (19.01 kg), *Cyprinus carpio* (12.77 kg), *Opsariichthys uncirostris amurensis* (11.28 kg), *Zacco platypus* (8.04 kg). Among the 7 introduced fishes in Chuncheon Reservoir *Carassius cuvieri*, *Hypophthalmichthys molitrix* and *Micropterus salmoides* were originated from foreign countries, and others (*Anguilla japonica*, *Hypomesus olidus*, *Oncorhynchus masou masou* and *Chaenogobius urotaeni*) were introduced from other native river systems.

Key words : Chuncheon Reservoir, ichthyofauna, fish community, introduced fishes

서 론

하천생태계는 담수자원을 제공하는 활용적인 측면뿐만 아니라 생태학적인 연구대상으로서 오랜 전통을 지니고 있다(Hynes 1970). 이는 하천생태계가 물이라는 매체에 의하여 외부와 격리된 생태계이면서 하천의 흐름을 따라 환경과 생물상의 연속적인 변화를 보여주어 매우 다양한 생태학적 자료를 제공하여 주기 때문이다

(Vannote *et al.* 1980; Allan 1995). 하천생태계에서 최종소비자에 위치해 있는 어류는 먹이연쇄에 있어 다른 생물종들과 민감한 관계를 가지며 그 지역의 생물다양성을 대표한다고 할 수 있다. 하천생태계는 여러 가지 요인들에 의하여 어류상의 변화를 유발할 수 있으며, 특히 인위적인 간섭에 의한 환경변화가 가장 큰 변화 요인이라고 할 수 있다(Rutherford *et al.* 1987). 또한 근래에 자연하천에 대한 인간의 간섭이 크게 증가함에 따라 이러한 인위적 조절하천(regulated streams) 또는 순화하천(tamed streams)에 대한 관심과 연구가 더욱 증가하고 있다(Ward and Stanford 1979; Becker and Neitzel 1992; Prat

* Corresponding author: Jae-seok Choi, Tel. 011-373-9747,
Fax. 033-251-3990, E-mail. gobiobotia@hanmail.net

and Ward 1994). 특히 우리나라의 하천생태계는 인공호 및 소형저수지의 건설, 고랭지 채소밭의 증가, 농업용 보 및 인공제방의 설치, 산간계곡의 사방댐, 하상평탄화, 하천의 직강화, 골재채취, 무분별한 방생, 탄광폐수, 산업폐수, 생활하수 그리고 각종 토목공사 등에 의하여 크게 교란되고 있는 실정이다(최와 김 2004). 또한 외래어종의 번성은 기존의 어류상 및 생물군집에 많은 변화를 초래할 것으로 예상된다. 그러므로 이러한 교란요인으로 인하여 발생하는 여러 가지 현상과 원인을 밝혀나가고 또한 생태계변화를 읽어나가는 것은 하천 및 호수 생태계내에서 진화학적 그리고 사회학적 측면에서 매우 중요한 부분이라 할 수 있다. 그러나 이러한 것들은 그 지역에 대한 정량적인 기초자료 및 장기적인 data가 있을 때 가능하다.

춘천호는 1965년 2월에 북한강 본류 협곡에 댐을 축조하여 형성된 인공호수로 북한강수계의 계곡모양에 따라 S자 형태의 협곡으로 이루어져 있으며 위로는 파로호까지 이어지고 아래로는 의암호와 연결된다. 유역면적은 4,736 km²이며, 최대저수량 1억 5천만톤이다. 지금까지 수행된 춘천호 및 그 주변지역에 대한 어류상에 관한 학술적인 연구는 댐 축조 초기에 최(1969, 1971)에 의한 춘천호와 주변 인공호에 대한 어류상 조사와 춘천시와 화천군의 행정구역을 경계로 한 최(1986)의 조사가 있을 뿐이다. 따라서 본 연구에서는 춘천호의 어류조사를 통해 어류상 현황을 밝힘으로써 댐 축조 이후 어류군집의 변화를 알아보고 춘천호의 장기적인 생태 모니터링 자료 및 다른 인공호와의 비교자료로 활용할 수 있는 기초 자료로서 이용하고자 하는데 목적이 있다.

재료 및 방법

본 조사는 춘천호와 춘천호의 주요 유입하천을 대상으로 실시하였으며, 조사지점은 유입하천의 8개 지점 및 호내 3개 지점을 포함하여 11개 지점을 선정하여 조사하였다(Fig. 1). 각 지점의 행정구역 명칭은 다음과 같다.

1. 지류지점

- St. 1 : 강원도 화천군 화천읍 대이리
- St. 2 : 강원도 화천군 화천읍 중리
- St. 3 : 강원도 화천군 하남면 논미리
- St. 4 : 강원도 화천군 하남면 거례리
- St. 5 : 강원도 화천군 하남면 원천리
- St. 6 : 강원도 춘천시 사북면 오탄리
- St. 7 : 강원도 춘천시 사북면 고탄리

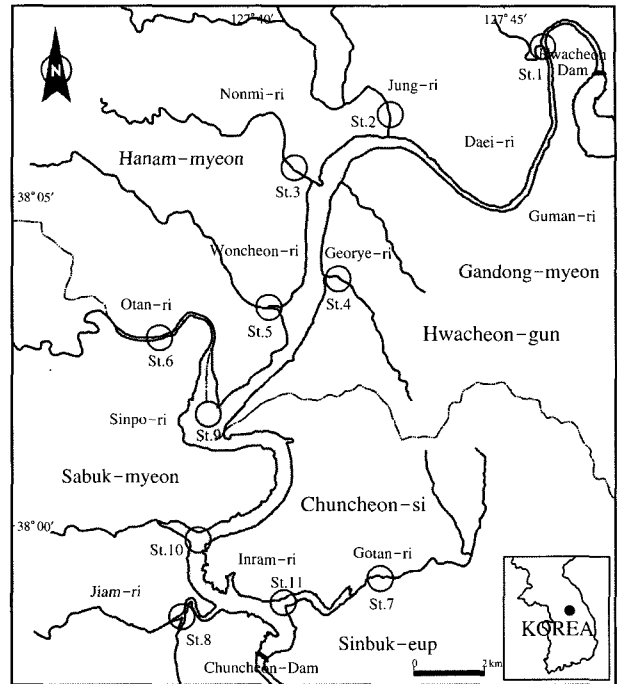


Fig. 1. Map showing the study area.

St. 8 : 강원도 춘천시 사북면 지암리

2. 호내지점

- St. 9 : 강원도 춘천시 사북면 신포리
- St. 10 : 강원도 춘천시 사북면 인람리
- St. 11 : 강원도 춘천시 사북면 고탄리

본 조사는 2003년 8월부터 2004년 4월까지의 기간에 3회에 걸쳐 실시하였으며 조사시기는 다음과 같다.

- 1차 조사 : 2003년 8월 1일~2003년 8월 8일
- 2차 조사 : 2003년 10월 11일~2003년 10월 18일
- 3차 조사 : 2004년 4월 1일~2004년 4월 5일

어류 표본의 채집은 호내의 각 조사 지점에서 정치망(5×5 mm, 20×20 mm)을 2~3일간 정치한 후 어류를 수거하였으며, 지류의 지점에서는 투망(7×7 mm)과 족대(4×4 mm)를 사용하였다. 채집된 어류는 현장에서 10% 포르말린으로 고정 후 실험실로 운반하여 동정·분류하였고, 종별로 체장과 습중량을 측정하였다.

어류의 동정에는 국내에서 지금까지 발표된 검색표(정 1977; 최 등 1990; 김과 강 1993; 김 1997; 전 1997)를 이용하였으며, Nelson(1994)의 분류체계에 따라 배열하였다. 조사지역의 어류군집분석을 위해 종다양도(Shannon-Weaver Index, Shannon and Weaver 1963), 균등도(Pielou evenness Index, Pielou 1969), 우점도(Simpson's

Table 1. A list and individual number of fishes collected from Chuncheon Reservoir and inflow streams

Species	Stations											Total	RA	Remarks			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
Petromyzontidae																	
<i>Lampetra reissneri</i>									1				1	0.01	Ph		
Anguillidae																	
<i>Anguilla japonica</i>									1		2	3	0.03	Ph			
Cyprinidae																	
<i>Cyprinus carpio</i>		1								33	51	34	119	1.10	Pr		
<i>Carassius auratus</i>	2	2			1					8	6	5	24	0.22	Pr		
<i>Carassius cuvieri</i>	1									2	5	2	10	0.09	Pr		
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	6	7						1				2	16	0.15	Pr		
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	112	18	1	2						4	28	32	197	1.82	Pr, E		
<i>Pungtungia herzi</i>	40	84	43	4	41	41	15	59	1	2	2	332	3.07	Pr			
<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i>	4					1						5	0.05	Pr, E			
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>		3	3	1	13		1					21	0.19	Pr, E			
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	1											1	0.01	Pr, E			
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>											4	16	20	0.18	Pr, E		
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	5	3	6		1		1			92		108	1.00	Pr, E			
<i>Hemibarbus labeo</i>		1								486	620	484	1591	14.70	Pr		
<i>Hemibarbus longirostris</i>	11	4	1	2		3		2	72	108	41	244	2.25	Pr			
<i>Hemibarbus mylodon</i>	1											1	0.01	Pr, E, NM			
<i>Pseudogobio esocinus</i>	11	19	5		3	5	49	2	132	33	23	282	2.61	Pr			
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	7	55	41	9	39	27	44	40	73			335	3.10	Pr, E			
<i>Microphysogobio longidorsalis</i>	126	54	4	17	7	6		4				218	2.01	Pr, E			
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>									1			1	0.01	Pr			
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	3	2	26	30	8	1	23	2				95	0.88	Pr			
<i>Zacco temminckii</i>	113	45	230	69	239	95	110	144				1045	9.66	Pr			
<i>Zacco platypus</i>	110	179	83	72	20	20	29	4	176	71	380	1144	10.57	Pr			
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	3	1		2					3	48	133	190	1.76	Pr			
Cobitidae																	
<i>Orthrias nudus</i>	2	13	4	13	3	2	18	13	1			69	0.64	Pr			
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	3		7	3	1		23	20				57	0.53	Pr			
<i>Iksookimia koreensis</i>	20	15	37	15	8	26	55	14				190	1.76	Pr, E			
<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	6	16	7		3	7	1	6				46	0.43	Pr, E			
Siluridae																	
<i>Silurus asotus</i>										6	13	6	25	0.23	Pr		
<i>Silurus microdorsalis</i>								2				2	0.02	Pr, E			
Bagridae																	
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>												2	2	0.02	Pr		
<i>Pseudobagrus koreanus</i>					1	1					2	4	0.04	Pr, E			
Amblycipitidae																	
<i>Liobagrus andersoni</i>	5	9	2	2	2	8	3	7				38	0.35	Pr, E			
Osmeridae																	
<i>Hypomesus olidus</i>	1	17	6				21	2	3272		2	3321	30.69	Ph			
Centropomidae																	
<i>Siniperca scherzeri</i>											2	2	4	0.04	Ph		
<i>Coreoperca herzi</i>	4	8	1		4	3		4				24	0.22	Ph, E			
Odontobutidae																	
<i>Odontobutis interrupta</i>			1									1	0.01	Ph, E			
Salmonidae																	
<i>Oncorhynchus masou masou</i>												2	2	0.02	Ph		
Gobiidae																	
<i>Chaenogobius urotaenius</i>		3	20	7	1		8	9			2	50	0.46	Ph			
<i>Rhinogobius brunneus</i>	24	70	83	44	82	17	69	74				463	4.28	Ph			
Centrarchidae																	
<i>Micropterus salmoides</i>	5	3			3	1				72	144	292	520	4.81	Ph		
Family	7	7	7	4	7	7	5	7	7	5	9	13					
Species	26	25	21	16	20	17	16	19	19	15	20	41					
Number of individuals	626	632	611	292	480	264	470	409	4436	1137	1464	10821	100				

E: Korean endemic specieses, Pr: Primary freshwater, Ph: Peripheral freshwater RA: relative abundance

Index, Simpson 1949)를 구하였다. 또한 동일한 수계의 다른 인공호와 상관관계를 알아보고자 호내 출현종을 근거로 각 호수별 유사도(Jaccard's Index, Jaccard 1908)를 산출하였다. 산출된 유사도를 기준으로 UPGMA(비가중치 평균연결법)의 방법에 의하여 집괴분석을 실시하여 각 호수별 어류군집을 비교·분석하였다.

$$\text{Jaccard's Coefficient} = \frac{S}{S_i + S_j - S}$$

S: i지점과 j지점의 공통 출현종 수

S_i, S_j: i지점과 j지점의 총 출현종 수

결과 및 고찰

1. 출현종 및 종조성

천천호와 유입하천에 대한 어류조사 결과 출현한 종은 총 13과 41종 10,821개체였으며 이 중 8개 유입하천에서 10과 33종 3,784개체, 3개 호내지점에서 11과 26종 7,037개체가 각각 확인되었다(Table 1). 유입하천에서는 대이리(지점 1)에서 26종으로 가장 많이 출현하였고, 거례리(지점 4)와 고탄리(지점 7)에서 각각 16종으로 가장 적은 종이 채집되었다. 그리고 호내 지점인 신포리(지점 9) 7과 19종, 인탑리(지점 10) 5과 15종, 고탄리(지점 11) 9과 20종이 각각 채집되었다.

한국고유종은 천연기념물 제259호로 지정된 어름치(*Hemibarbus mylodon*)를 포함하여 가는돌고기(*Pseudopungtungia tenuicarpa*), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*), 참종고기(*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*), 미유기(*Silurus microdorsalis*), 눈동자개(*Pseudobagrus koreanus*), 통가리(*Liobagrus andersoni*), 꺾지(*Coreperca herzi*) 등 16종(39.0%)으로 나타났다. 그러나 이 중 호내에서 출현한 고유종은 5종(12.2%)으로 유입하천에 비하여 고유성이 낮은 편이었다. 이와 같이 유수역보다 정수역인 호수 내에서 고유종의 수가 적게 나타나는 것은 일반적인 현상이다(양 등 1997; 최 등 2003; 최 등 2004). 또한 본 조사에서 출현한 41종 중 Cyprinidae는 22종(53.7%)으로 가장 많았고, Cobitidae는 4종(9.8%), Siluridae, Bagridae, Centrarchidae, Gobiidae는 각각 2종(4.9%), 그리고 나머지 7개 과의 어류들은 각각 1종(2.4%)씩이었다. 이와 같이 Cyprinidae와 Cobitidae에 속하는 어류가 우세하게 분포하는 것은 우리나라 서남해로 유입하는 하천의 담수어류상의 특징과 잘 일치하고 있다(전 1980). 출현 어종들 중 일차담수어는 31종(75.6%), 주변성담수어는 10종(24.4%)이었다. 또한 국외에서 도입되

어 방류된 도입종은 떡붕어(*Carassius cuvieri*), 백련어(*Hypophthalmichthys molitrix*), 큰입우럭(*Micropterus salmoides*) 등 3종(7.3%)이었다.

한편 유입하천과 호내의 어종 구성을 비교해 보면, 하천에서만 출현하는 어종은 쉬리(*C. splendidus*), 참종고기(*S. variegatus wakiyae*), 배가사리(*Microphysogobio longidorsalis*), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 참종개(*Iksookimia koreensis*), 통가리(*L. andersoni*) 등 15종(36.59%)이었고 호내에서만 출현한 어종은 뱀장어(*Anguilla japonica*), 동자개(*Pseudobagrus fulvidraco*), 쏘가리(*Siniperca scherzeri*) 등 8종(19.5%)이었다. 그리고 호내와 하천 모두에서 출현한 어종은 돌고기(*Pungtungia herzi*), 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*), 참마자(*Hemibarbus longirostris*), 모래무지(*Pseudogobio esocinus*), 빙어(*Hypomesus olidus*), 큰입우럭(*M. salmoides*) 등 18종(43.9%)이었다.

본 조사에서 채집된 총 41종 중 개체수 구성비가 가장 높은 종은 빙어(*H. olidus*)로 30.7% (3,321개체)를 차지하고 있었고, 다음은 누치(*Hemibarbus labeo*) 14.7% (1,591개체), 피라미(*Zacco platypus*) 10.6% (1,144개체), 갈겨니(*Zacco temminckii*) 9.7% (1,045개체), 큰입우럭(*M. salmoides*) 4.8% (520개체), 밀어(*Rhinogobius brunneus*) 4.3% (463개체), 돌마자(*Microphysogobio yaluensis*) 3.1% (335개체), 돌고기(*P. herzi*) 3.1% (332개체) 등의 순으로 나타났다. 또한 개체수의 비교평부도가 0.05% (5개체) 이하로 희소하게 출현한 종은 쏘가리(*S. scherzeri*), 뱀장어(*A. japonica*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*), 다목장어(*Lampetra reissneri*) 등 12종이었다.

한편 개체수구성비를 유입하천과 호내로 나누어서 비교해보면, 유입하천에서는 갈겨니(*Z. temminckii*)가 가장 높은 27.6%였고, 다음은 피라미(*Z. platypus*) 13.7%였고, 밀어(*R. brunneus*) 12.2%, 돌고기(*P. herzi*) 8.6%, 돌마자(*M. yaluensis*) 6.9%, 배가사리(*M. longidorsalis*) 5.8%, 참종개(*I. koreensis*) 5.0% 등의 순이었다(Fig. 2). 또한 호내에서는 빙어(*H. olidus*)가 46.5%로 가장 높았고, 다음은 누치(*H. labeo*) 22.6%, 피라미(*Z. platypus*) 8.9%, 큰입우럭(*M. salmoides*) 7.2%, 참마자(*H. longirostris*) 3.1%, 모래무지(*P. esocinus*) 2.7%, 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*) 2.6% 등의 순으로 나타났다(Fig. 3).

2. 생체량

채집된 어종들의 생체량을 측정하여 각 지점별, 어종별로 비교분석하였다. 조사지역에서 채집된 어류의 생체량은 모두 119,256.1g이었다. 각 조사지점별로 비교해보면 유입하천에서는 중리(St. 2)에서는 3,354.2g으로 가

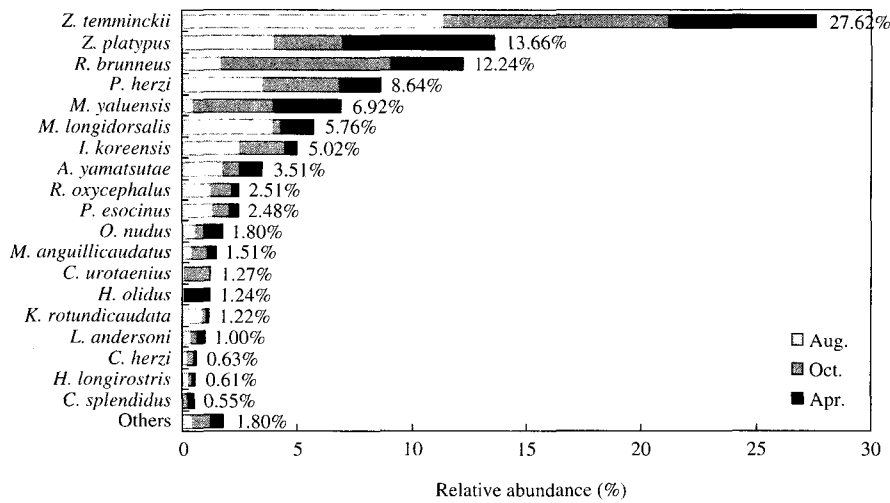


Fig. 2. The relative abundance of the fish species collected in inflow streams.

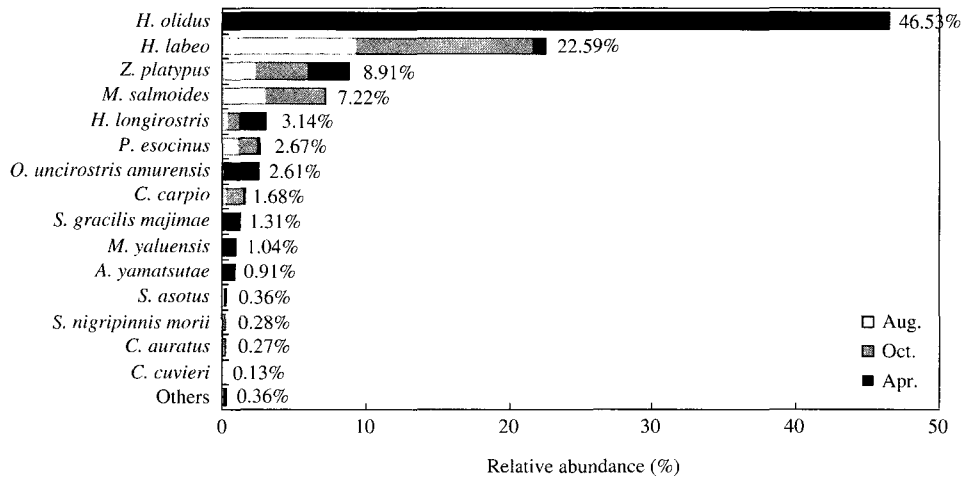


Fig. 3. The relative abundance of the fish species collected in Chuncheon Reservoir.

Table 2. Biological indices of the fish communities at Chuncheon Reservoir

Indices	Stations										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Diversity	2.27	2.41	2.08	2.12	1.75	2.08	2.31	2.05	1.06	1.61	1.76
Evenness	0.70	0.75	0.68	0.76	0.58	0.73	0.83	0.70	0.36	0.60	0.59
Dominance	0.38	0.42	0.51	0.48	0.67	0.52	0.38	0.53	0.85	0.67	0.59

장 많았고, 거례리 (St. 4)에서는 848.6g으로 가장 적었다. 또한 호내에서는 신포리 (St. 9)에서 45,034.0g으로 가장 많았으며, 인람리 (St. 10)에서 24,789.6g으로 가장 적었다 (Fig. 4). 이와 같이 호내의 지점에서 지류의 지점보다 생체량이 많았으며 특히 신포리 (St. 9)에서의 생체량이 가장 많았다. 신포리 (St. 9)에서 생체량이 많은 것은 4월 조사에서 25,450.4g으로 다른 지점에 비하여 잉어 (*H.*

olidus)가 다량 출현하였고 또한 대형종에 속하는 백련어 (*H. molitrix*)의 성어가 채집되었기 때문이다. 더욱이 잉어 (*H. olidus*)의 산란시기는 4~5월로 알려져 있어 (McALLISTER 1963) 본 조사시기와 일치하며 산란을 위해 주변의 지류가 유입되는 곳으로 이동하였기 때문인 것으로 판단된다.

생체량을 어종별로 비교 분석하여 보면 누치 (*H.*

labeo)가 34,629.7 g으로 가장 많았으며 다음은 빙어 (*H. olidus*) 19,011.1 g, 잉어 (*Cyprinus carpio*) 12,772.7 g, 끄리 (*O. uncirostris amurensis*) 11,284.8 g, 피라미 (*Z. platypus*) 8,038.8 g, 백련어 (*H. molitrix*) 5800 g, 큰입우럭 (*M. salmoides*) 4,629.1 g 등의 순으로 나타났다 (Fig. 5).

3. 군집분석

각 지점별 군집구조의 분석을 위하여 다양도, 균등도, 우점도 지수 등을 산출한 결과는 다음 Table 2와 같다. 다양도지수는 군집의 종풍부 정도와 개체수의 상대적 균형성을 의미하며 군집의 복잡성을 나타내는 것으로 지류인 지점 2에서 2.41로 가장 높았고 지점 1과 7에서 2.27과 2.31로 비교적 높게 나타났으며 다른 지류의 지점에서는 1.75~2.12로 각각 나타났다. 호내인 지점 9, 10, 11에서는 지류의 지점보다 낮은 1.06~1.76으로 나타났다. 균등도 지수는 군집내 종 구성의 균일한 정도를 나타내는 것으로 지류인 지점 7에서 0.83로 가장 높게 나타났고 지점 5를 제외하고는 0.68~0.76으로 비교적 높게 나타났다. 호내인 지점 9, 10, 11에서는 다양도 지수와 마찬가지로 지류의 지점보다도 낮은 0.36~0.60을

각각 나타냈다. 또한 우점도지수는 특정종이 우세한 정도를 나타낸 것으로 다른 지수와는 달리 호내 지점인 9, 10, 11에서 0.59~0.85로 비교적 높게 나타났고 지류인 지점 1~8에서 0.38~0.67로 나타났다. 이와 같이 호내의 지점들이 지류의 지점들에 비하여 우점도 지수가 높게 그리고 다양도 및 균등도 지수가 낮게 나타난 것은 특정종의 개체들이 많이 출현하는 호내의 특징을 나타내는 일반적인 현상이다(최 등 2003).

4. 계절적 변화

계절에 따른 호내 출현종의 변화를 알아보려고 지류의 지점을 제외한 호내의 지점만으로 어류군집의 변화를 비교·분석하였다. 여름조사에서는 13종 1,179개체, 가을에서는 16종 1,729개체, 봄조사에서는 21종 4,129개체가 채집되었고 그리고 겨울조사는 실시하지 않았다 (Table 3). 그러나 겨울철의 어류군집은 인접해 있는 소양호(최 등 2003)와 파로호(최 등 2004)의 겨울철 어류군집과 같이 주로 빙어 (*H. olidus*)와 피라미 (*Z. platypus*) 등이 높은 비율로 우점하는 단조로운 어류상을 보일 것으로 판단된다.

봄철인 4월 조사에서 가장 많은 종과 개체수가 채집된 것은 조사시기가 각종 어류의 산란시기에 해당하므로 수심이 얇은 지역이나 유입지류와 호수가 만나는 지역으로 이동하여 채집이 수월하였고 빙어 (*H. olidus*)의 채집을 위해 삼각망의 망목을 다른 시기보다 적은 5×5 mm를 사용하였기 때문인 것으로 판단된다.

봄철 조사에서만 출현한 어종은 다목장어 (*L. reissneri*), 납자루 (*Acheilognathus lanceolatus*), 돌고기 (*P. herzi*), 긴물개 (*S. gracilis majimae*), 돌마자 (*M. yaluensis*), 백련어

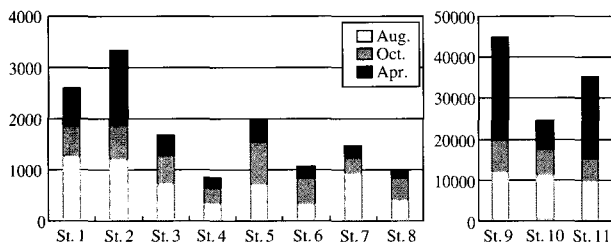


Fig. 4. Comparison of total biomass at stations in Chuncheon Reservoir and inflow streams.

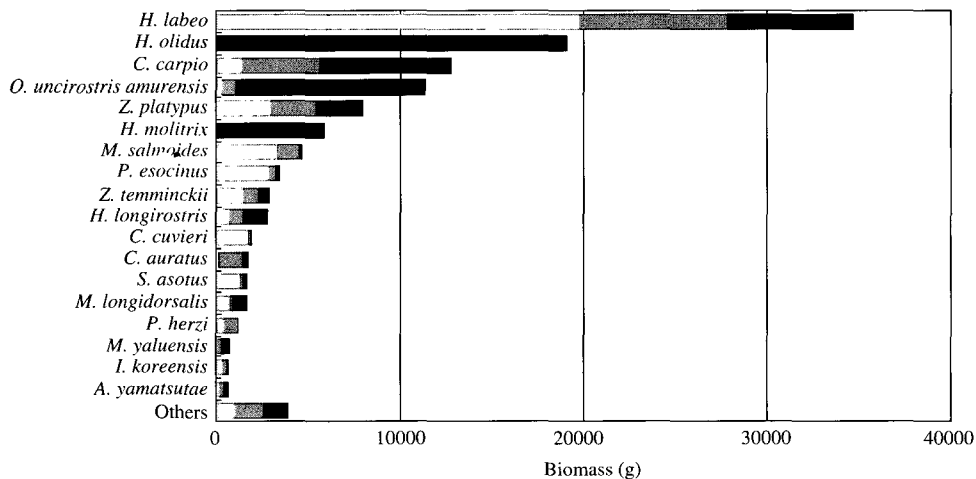


Fig. 5. Comparison of biomass of collected fishes in Chuncheon Reservoir.

Table 3. The seasonal change of the ichthyofauna in Chuncheon Reservoir from August 2003 to April 2004

Species	Aug.	Oct.	Apr.
Petromyzontidae 칠성장어과			
<i>Lampetra reissneri</i> 다목장어			1
Anguillidae 뱀장어과			
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어		1	2
Cyprinidae 잉어과			
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어	17	89	12
<i>Carassius auratus</i> 붕어	2	13	4
<i>Carassius cuvieri</i> 떡붕어	3	6	
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 납자루			2
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루	2	22	40
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기			5
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i> 중고기	1	19	
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 진볼개			92
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치	657	866	67
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	28	56	137
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	82	90	16
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자			73
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> 백련어			1
<i>Zacco platypus</i> 피라미	163	254	210
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> 끄리		6	178
Cobitidae 미꾸리과			
<i>Orthrias nudus</i> 종개			1
Siluridae 메기과			
<i>Silurus asotus</i> 메기	10	11	4
Bagridae 등자개과			
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> 등자개	1	1	
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈등자개	1	1	
Osmeridae 바다빙어과			
<i>Hypomesus olidus</i> 빙어			3274
Centropomidae 꺾지과			
<i>Siniperca scherzeri</i> 쏘가리		4	
Salmonidae 연어과			
<i>Oncorhynchus masou masou</i> 산천어			2
Gobiidae 망둥어과			
<i>Chaenogobius urotaenius</i> 꼭저구			2
Centrarchidae 검정우럭과			
<i>Micropterus salmoides</i> 큰입우럭	212	290	6
Species	13	16	21
Number of individuals	1,179	1,729	4,129

(*H. molitrix*), 종개 (*Orthrias nudus*), 빙어 (*H. olidus*), 산천어 (*Oncorhynchus masou masou*), 꼭저구 (*Chaenogobius urotaenius*)의 10종이었다. 이는 대부분의 우리나라 담수 어류가 호수보다 하천에 적응한 종들로써 산란기가 되면 대부분의 어종이 하천의 흐르는 물을 선택한다는 특징과 일치하고 있다(홍과 손 2003). 더욱이 이들 대부분이 호수의 상류역에 위치한 신포리(St. 9)에서 출현하였다. 이 중 소수개체가 출현한 종들은 일시적으로 인접하천에서 유입되었거나 어족자원 증식을 목적으로 지역주민들의 방류 등으로 기인하여 채집된 것으로 보인다. 특히 주목할 만한 종은 다목장어(*L. reissneri*)는 육봉형으로 일생동안 주로 모래가 있는 작은 개울의 중·상류나 저수지 등 물 흐름이 정체된 곳에서 서식하는 것으로

알려져 있으나(김과 박 2002) 본 종이 호내에서 출현한 것은 하천에서 유입되었거나 본 종의 형태적인 특징 때문에 기존의 조사방법으로는 채집되지 않아 본 종의 호내서식의 가능성에 대해서는 추후 더 논의되어야 할 것으로 판단된다.

한편 높은 개체수 비교풍부도를 나타내 호내 우점종인 빙어(*H. olidus*) 제외하면(Fig. 3) 봄철에는 피라미(*Z. platypus*)와 끄리(*O. uncirostris amurensis*)가 우세종으로 나타났으나 여름과 가을에는 우점종이 누치(*H. labeo*)와 큰입우럭(*M. salmoides*)으로 변화를 보였고, 피라미(*Z. platypus*)는 계절에 관계없이 높은 비율로 일정하게 개체군이 유지되고 있었다.

5. 어류상의 변화

춘천호에 대한 과거의 어류상 조사는 댐 축조 초기에 최(1969, 1971)에 의한 춘천호와 그 주변지역의 어류상 조사와 최(1986)의 '강원의 자연(담수어편)'에서 강원도에 서식하는 어류를 소개하면서 읍·면단위의 행정구역을 경계로 부분적인 어류상 조사가 실시된 정도이다. 댐 축조 직후에 이루어진 최(1969, 1971)의 조사에서는 각각 27종, 36종이 확인되었으나 조사시기가 중복되어 새코미꾸리(*Koreocobitis rotundicaudata*) 1종을 제외하고는 1969년 자료가 1971년 자료에 포함되므로 두 자료를 종합한 결과 14과 37종이 서식한 것으로 나타났다. 그리고 '강원의 자연(담수어편)'에 소개된 춘천시와 화천군에 대한 최(1986)의 조사에서는 모두 11과 41종이 보고되었고 본 조사에서는 13과 41종이 확인되어 댐 축조 후 춘천호 및 그 주변지역의 어류상은 출현종수에서는 커다란 차이를 나타내지 않았지만 종조성에서 있어 변화를 보였다. 지금까지 춘천호에서 서식이 확인되어 문헌상으로 기록된 종은 모두 18과 59종이었다(Table 4). 하지만 과거 분류체계가 명확하지 않았던 시기에 동정·분류된 모래주사(*Microphysogobio koreensis*), 구굴무치(*Eleotris oxycephala*), 그리고 기름종개(*Cobitis sinensis*) 등 3종은 현재 한강수계에는 서식하지 않는 것으로 알려져 있으며 돌마자(*M. yaluensis*), 등사리(*Odontobutis platycephala*) 또는 얼룩등사리(*O. interrupta*), 점줄종개(*Cobitis lutheri*)이었을 것으로 판단된다. 위의 자료들을 종합해보면 과거 실제로 춘천호와 그 인근지역에 서식이 확인된 종은 모두 19과 56종이라고 할 수 있다.

본 조사에서 처음 출현한 어종들을 살펴보면 다목장어(*L. reissneri*), 가는돌고기(*P. tenuicorpa*), 떡붕어(*C. cuvieri*), 백련어(*H. molitrix*), 얼룩등사리(*O. interrupta*), 산천어(*O. masou masou*), 꼭저구(*C. urotaenius*), 큰입우

Table 4. Comparison of previous and this investigations on the ichthyofauna in Chuncheon Reservoir

Species	Choi (1969, 1971)	Choi (1986)	Current survey (2004)	Species	Choi (1969, 1971)	Choi (1986)	Current survey (2004)
Petromyzontidae 칠성장어과				<i>Iksookimia koreensis</i> 참종개		●	●
<i>Lampetra reissneri</i> 다복장어			●	<i>Koreocobitis rotundicaudata</i> 새코미꾸리	●	●	●
Anguillidae 뱀장어과				<i>Cobitis sinensis</i> 기름종개	●		
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어	●	●	●	Siluridae 메기과			
Cyprinidae 잉어과				<i>Silurus asotus</i> 메기	●	●	●
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어	●	●	●	<i>Silurus microdorsalis</i> 미유기		●	●
<i>Carassius auratus</i> 붕어	●	●	●	Bagridae 동자개과			
<i>Carassius cuvieri</i> 떡붕어			●	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> 동자개	●	●	●
<i>Rhodeus ocellatus</i> 흰줄납줄개	●		●	<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개		●	●
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 납자루		●	●	<i>Leiocassis ussuriensis</i> 대농갱이	●	●	
<i>Acheilognathus signifer</i> 목납자루	●	●	●	Amblycipitidae 통가리과			
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루		●	●	<i>Liobagrus andersoni</i> 통가리	●	●	●
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어	●		●	Osmeridae 바다빙어과			
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	●	●	●	<i>Hypomesus olidus</i> 빙어	●	●	●
<i>Pseudopungtungia tenuicorpa</i> 가는돌고기			●	Salmonidae 연어과			
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리		●	●	<i>Oncorhynchus masou masou</i> 산천어			●
<i>Ladislavia taczanowskii</i> 새미	●	●	●	Adrianchthyoidae 송사리과			
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기		●	●	<i>Oryzias sinensis</i> 대륙송사리	●		
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i> 중고기	●	●	●	Synbranchidae 드렁허리과			
<i>Gnathopogon strigatus</i> 줄몰개	●	●	●	<i>Monopterus albus</i> 드렁허리	●		
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴몰개	●	●	●	Centropomidae 꺾지과			
<i>Squalidus japonicus coreanus</i> 몰개		●	●	<i>Siniperca scherzeri</i> 쏘가리	●	●	●
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치	●	●	●	<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지	●	●	●
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	●	●	●	Eleotridae 구굴무치과			
<i>Hemibarbus mylodon</i> 어름치		●	●	<i>Eleotris oxycephala</i> 구굴무치	●		
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	●	●	●	Odontobutidae 동사리과			
<i>Microphysogobio koreensis</i> 모래주사	●		●	<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리		●	
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자		●	●	<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리			●
<i>Microphysogobio longidorsalis</i> 배가사리	●	●	●	Gobiidae 망둥어과			
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> 백련어		●	●	<i>Chaenogobius urotaenius</i> 꼭져구			●
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치	●	●	●	<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	●	●	●
<i>Aphyocypris chinensis</i> 왜몰개		●	●	Belontiidae 버들붕어과			
<i>Zacco temminckii</i> 갈겨니	●	●	●	<i>Macropodus chinensis</i> 버들붕어	●		
<i>Zacco platypus</i> 피라미	●	●	●	Channidae 가물치과			
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> 끄리	●	●	●	<i>Channa arga</i> 가물치	●	●	
<i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리	●		●	Centrarchidae 검정우럭과			
Cobitidae 미꾸리과				<i>Micropterus salmoides</i> 큰입우럭			●
<i>Orthrias nudus</i> 종개		●	●	Family	14	11	13
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리	●	●	●	Species	37	41	41
<i>Misgurnus mizolepis</i> 미꾸라지	●			Total 18 Family 59 Species			

력 (*M. salmoides*) 등이었고 과거에는 다른 종으로 분류되지 않아 비교적 근래에 신종으로 기재된 가는돌고기 (*P. tenuicorpa*)와 얼룩동사리 (*O. interrupta*)를 제외하면 모두 6종이라 할 수 있다. 한편, 과거의 조사에서는 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 어종은 모두 18종이었다. 이 중 새미 (*Ladislavia taczanowskii*), 줄몰개 (*Gnathopogon strigatus*), 왜몰개 (*Aphyocypris chinensis*), 대농갱이 (*Leiocassis ussuriensis*), 동사리 (*O. platycephala*), 드렁허리 (*Monopterus albus*), 버들붕어 (*Macropodus chinensis*) 등은 하천의 중상류나 하천 주변의 농수로 등에 서식하는 어종으로 하천이 호수화됨에 따라 사멸하거나 하천의 상류나 소지류 등으로 이동했을 것으로 생

각된다. 또한 흰줄납줄개 (*Rhodeus ocellatus*), 참붕어 (*Pseudorasbora parva*), 몰개 (*Squalidus japonicus coreanus*), 치리 (*Hemiculter eigenmanni*), 미꾸라지 (*Misgurnus mizolepis*), 대륙송사리 (*Oryzias sinensis*), 가물치 (*Channa arga*) 등은 본 조사에서는 출현하지 않았으나 세밀히 조사를 한다면 대부분의 종들은 출현가능성이 있는 종들이라 생각된다. 그러나 일부 종들은 사멸된 것으로 판단된다.

6. 외래어종의 서식 실태

춘천호에서 채집된 국내의 외래종을 살펴보면 Table 5와 같으며, 모두 6과 7종인 것으로 확인되었다. 본 호에

Table 5. List of introduced species of Chuncheon Reservoir

Anguillidae 뱀장어과	
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어	●
Cyprinidae 잉어과	
<i>Carassius cuvieri</i> 떡붕어	◎
<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> 백련어	◎
Osmeridae 바다빙어과	
<i>Hypomesus olidus</i> 빙어	●
Salmonidae 연어과	
<i>Oncorhynchus masou masou</i> 산천어	●
Gobiidae 망둥어과	
<i>Chaenogobius urotaenius</i> 꼭저구	●
Centrarchidae 검정우럭과	
<i>Micropterus salmoides</i> 큰입우럭	◎

◎: Introduced species from foreign country

●: Introduced species from other native river system

서 채집된 어종 중 국내 다른 하천에서 이입된 어종을 살펴보면 뱀장어 (*A. japonica*), 빙어 (*H. olidus*), 산천어 (*O. masou masou*), 꼭저구 (*C. urotaenius*) 등 4종이다. 뱀장어 (*A. japonica*)와 빙어 (*H. olidus*)는 매년 어민들의 소득증대를 위하여 춘천시 및 지역어촌계에서 치어와 수정란을 방류하고 있었으며 꼭저구 (*C. urotaenius*)는 다른 어종들이 도입되어 방류될 당시 같이 유입되어 정착된 것으로 생각된다. 그리고 산천어 (*O. masou masou*)의 경우 원래 동해로 유입되는 하천에 서식하는 어종으로 화천군에서 지역축제를 위해 도입한 것이 호수로 유출된 것으로 보인다.

한편 외래도입종은 떡붕어 (*C. cuvieri*), 백련어 (*H. molitrix*), 큰입우럭 (*M. salmoides*) 등을 포함하면 3종이며 모두 어족자원증식을 목적으로 도입된 것이다. 떡붕어 (*C. cuvieri*)는 춘천시와 어민들이 붕어 (*C. auratus*) 방류시 같이 유입된 것으로 생각되고 백련어 (*H. molitrix*)는 세계적으로 중요한 양식대상종으로 1963년 일본으로부터 도입되어 방류하였으나 우리나라에 정착되지 않고 간혹 대형담에서 서식이 확인되고 있는 종으로 본 호수에서는 4월 조사시에 지점 9(신포리)에서 1개체가 채집되었다. 또한 큰입우럭 (*M. salmoides*)은 여러 가지 요인으로 댐의 건설과 함께 방류되기 시작하면서 전국의 하천과 각 수계에서 서식하는 어종이다. 특히 본 종은 호내 모든 지점에서 출현하였으며 어종별 개체수 비교풍부도나 생체량에서도 상위에 위치하고 있었다. 더욱이 호수나 하천에서 흐름이 느리거나 없는 정수역을 선호하며 주로 수면 위에서 유영하는 습성이 있어 정치망에 의한 조사방법으로는 포획이 어려운 점을 고려한다면 본종은 춘천호내에서 실질적인 우점종이라 할 수 있다.

최 (1971)의 조사에 의하면 쏘가리 (*S. scherzeri*)가 호내에서 1,000개체 이상 채집되어 과거에는 우점종이었던 것으로 나타났다. 하지만 시간이 흘러 호수화가 진행

됨에 따라 수질오염과 과도한 남획 등 교란요인으로 인하여 우리나라 하천에서 최상위 소비자를 대표하는 쏘가리 (*S. scherzeri*)의 개체군이 급격히 감소된 것으로 보인다. 본조사에서 쏘가리 (*S. scherzeri*)는 10월 조사시에 4개체 출현한 것이 전부였다. 또한 이 시기에 도입된 큰입우럭 (*M. salmoides*)이 쏘가리 (*S. scherzeri*)의 경쟁어종으로써 그 위치를 차지한 것으로 판단된다.

외래어종이 새로운 서식지에 도입되면 생태적 지위가 유사한 종이 존재하지 않는 경우가 많아 중간 경쟁이 적절하게 이루어지지 않으므로 생태적 확산이 쉽게 일어나서 도입어종의 개체군은 급격히 증가하고 토착어종은 감소한다 (Azuma 1992). 2004년 6월 춘천시와 지역어민들의 노력으로 호수생태계 안정을 위하여 주로 수체의 상층부에 유영하는 어종을 포획하는 후릿그물 (Seine net) 등을 이용하여 큰입우럭 (*M. salmoides*)의 개체군 조절을 실시하였을 뿐만 아니라 과거 우점종이던 쏘가리 (*S. scherzeri*)의 방류와 보호를 통해서 두 종간의 경쟁을 통한 생태적인 조절을 유도하였다. 이러한 인위적인 조절기작에 의한 큰입우럭 (*M. salmoides*)의 개체군변동과 경쟁어종으로써 쏘가리 (*S. scherzeri*)와의 관계에 대해 향후 지속적인 연구가 필요하다고 생각된다.

7. 다른 댐호와의 군집분류

북한강수계에 위치한 다른 인공호와의 상관관계를 알아보기 위하여 소양호 (최 등 2003), 파로호 (최 등 2004), 의암호 (최 2005), 청평호 (최 2005) 그리고 팔당호 (한강수계관리위원회 2004) 등의 출현종을 대상으로 유사도를 산출하여 어류군집의 경향을 알아보았다. 낙동강수계에 위치한 안동호 (양 등 1997)는 Outgroup (그룹 B)으로 놓았다. 각 인공호별로 유입하천을 제외한 북한강수계의 인공호의 호내 출현종을 분석한 결과 전체 58종이 확인되었고 이 중 소양호와 파로호에서 각각 33종으로 가장 많은 종이 출현하였으며 청평호는 24종으로 가장 작았다. 일반적으로 호수의 면적이 넓을수록 또는 영양화정도가 높을수록 더 많은 종의 어류가 출현하는 것으로 알려져 있다 (Tonn *et al.* 1990; Helminen *et al.* 2000). 또한 어류의 서식처 환경조성은 어류의 종구성 및 분포에 커다란 영향을 미치며 서식처간의 환경적 차이는 어류의 종조성에 직접적인 영향을 끼친다 (김과 이 2001). 북한강수계의 인공호 중 가장 유사도가 높은 호수는 청평호와 팔당호로 유사도지수가 0.667로 나타났으며 다른 호수와 달리 하구성 어종인 강준치 (*Erythroculter erythropterus*)와 유속이 느리고 탁하며 바닥에 펄이 있는 곳에 서식하는 것으로 알려져 있는 가시납지리 (*Acanthorhodeus gracilis*) 등이 출현하여 가장 유사한 어류상

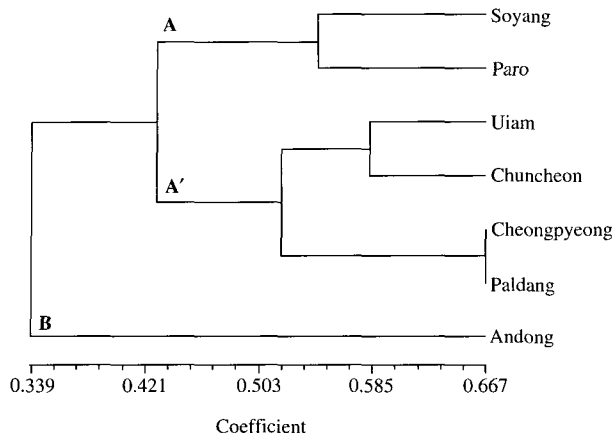


Fig. 6. Cluster analysis of collected fish at 7 Reservoir.

과 서식지구조를 보였다. 각 호수별 유사도를 기준으로 집괴분석을 실시한 결과 크게 2집단으로 나뉘어졌는데 A집단은 소양호와 파로호, A' 집단은 의암호, 춘천호, 청평호 그리고 팔당호가 포함되었다. A' 집단은 다시 2개의 소집단, 즉 의암호, 춘천호와 청평호, 팔당호로 각각 세분되었다(Fig. 6). 그룹 A로 묶인 것은 소양호와 파로호로써 북한강수계의 상류역에 위치하며 호수의 면적과 수심이 깊고 종수와 종조성에 있어서도 많은 차이를 보였다. 한편 그룹A'는 북한강수계의 중·하류지역에 위치하며 호수 주변에 커다란 도시를 끼고 있어 인간의 사회활동의 부산물로 발생한 유기물의 유입 등으로 인해 호수가 점차 부영양화 되어가고 있으며 어류군집에 있어서도 외래어종들과 정수역을 선호하는 어종들이 강세를 나타냈다. 또한 그룹A'에 속한 의암호와 춘천호는 어류군집에 있어 청평호와 팔당호와는 또 다른 특징을 가지는 것으로 나타났다. 특히, 의암호의 경우엔 호수의 면적도 좁고 수심도 낮아 수변식생 및 수초대 등이 잘 발달되어 있었다. 집괴분석결과 춘천호가 의암호와 유사한 어류군집을 보이는 것은 위치상으로 서로 근접해 있어 댐건설이후에도 하천의 연속성의 개념에서 상호영향을 주는 것으로 생각된다. 더욱이 댐의 건설로 인해 상호교류가 없는 단절된 정수생태계로 변화함에 따라 점차적으로 어종구성이 하구성 어종으로 대체되고 또한 외래종의 유입 등으로 앞으로 춘천호의 어류군집은 청평호와 팔당호처럼 변화해 갈 것으로 판단된다.

적 요

2003년 8월부터 2004년 4월까지 춘천호의 어류군집 구조를 조사한 결과는 다음과 같다. 조사된 어류는 총

13과 41종 10,821개체이었다. 한국고유종은 어름치 (*H. mylodon*), 줄납자루 (*A. yamatsutae*), 가는돌고기 (*P. tenuicorpa*), 참중고기 (*S. variegatus wakiyae*), 얼룩동사리 (*O. interrupta*) 등 16종(39.0%)이었다. 우점종은 빙어 (*H. olidus*) 30.7%, 아우점종은 누치 (*H. labeo*) 14.7%였고, 우세종은 피라미 (*Z. platypus*) 10.6%, 갈겨니 (*Z. temminckii*) 9.7%, 큰입우럭 (*M. salmoides*) 4.8%, 밀어 (*R. brunneus*) 4.3% 등이었다. 채집된 어종들의 생체량은 누치 (*H. labeo*) 34.63 kg, 빙어 (*H. olidus*) 19.01kg, 잉어 (*C. carpio*) 12.77 kg, 끄리 (*O. uncirostris amurensis*) 11.28 kg, 피라미 (*Z. platypus*) 8.04 kg, 백련어 (*H. molitrix*) 5.80 kg, 큰입우럭 (*M. salmoides*) 4.62 kg 등의 순으로 나타났다.

춘천호에서 확인된 도입종은 모두 7종이었고, 이 중 떡붕어 (*C. cuvieri*), 백련어 (*H. molitrix*), 큰입우럭 (*M. salmoides*)은 외래도입종이며 뱀장어 (*A. japonica*), 빙어 (*H. olidus*), 산천어 (*O. masou masou*), 꼭지구 (*C. urotaenius*)는 국내 다른 하천으로부터 이입된 종이다.

참 고 문 헌

- 김익수, 강언중. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적.
 김익수. 1997. 한국동식물도감. 제37권 동물편(담수어류). 교
 육부. pp. 133-520.
 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울. 465pp.
 김종률, 이충렬. 2001. 동진강 수계의 어류상과 어류군집. 한
 국어류학회지. 13:40-49.
 양홍준, 채병수, 남명모. 1997. 안동댐유역의 어류상과 어류
 군집구조. 한국육수학회지. 30:347-356.
 전상린. 1980. 한국산담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교
 대학원 박사학위청구논문. pp. 14-49.
 전상린. 1997. 한국산 꼭지구(망둑어과) 3종의 검색과 분포.
 상명대학교 자연과학논문집. 10:205-237.
 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사.
 최기철. 1969. 춘천호의 어류동태에 관하여. 한국육수학회지.
 2:31-38.
 최기철. 1971. 춘천호, 의암호 및 아침못의 어류동태에 관한
 비교연구. 한국육수학회지. 4:43-62.
 최기철. 1986. 강원의 자연(담수어편). 강원도 교육위원회.
 pp. 117-123.
 최기철, 전상린, 김익수, 손영복. 1990. 원색한국어류도감.
 향문사. 277pp.
 최재석, 김재구. 2004. 홍천강의 어류상 및 어류군집. 환경생
 물. 18:446-455.
 최재석, 이광열, 장영수, 고명훈, 권오길, 김법철. 2003. 소양호
 의 어류군집 동태. 한국어류학회지. 15:95-104.
 최재석, 장영수, 이광열, 김진국, 권오길. 2004. 파로호의 어류

- 상 및 어류군집. 환경생물. 22:111-119.
- 최재석. 2005. 의암호의 어류군집. 한국어류학회지. 17:73-83
- 최재석. 2005. 청평호의 어류군집 한국육수학회지. 38:63-72.
- 한강수계관리위원회. 2004. 팔당호 호소 환경조사. 한강유역 환경관리청. pp. 180-205.
- 홍영표, 손영목. 2003. 외래어종 베스, *Micropterus salmoides* 를 포함하는 군집의 중간 Association에 관한 연구. 한국어류학회지. 15:61-68.
- Allan JD. 1995. Stream Ecology. Structure and Function of Running Waters. Chapman & Hall, London.
- Azuma M. 1992. Ecological release in feeding behavior : the case of Bluegills in Japan. Hydrobiologia 244:269-276.
- Becker CD and DA Neitzel (Eds.). 1992. Water Quality in North American River Systems. Battelle Press, Columbus, Ohio.
- Helminen H, J Karjalainen, M Kurkilahti, M Rask and J Sarvala. 2000. Eutrophication and fish biodiversity in Finnish lakes. Verhandlungen der Internationalen Vereinigung für Limnologie. 27:194-199.
- Hynes HBN. 1970. The Ecology of Running Waters. Liverpool Univ. Press, Liverpool.
- Jaccard P. 1908. Nouvelles recherches sur la distribution florale. Bull. Soc. Sci. Naturelle. 44:223-270.
- McALLISTER DE. 1963. A revision of the smelt family Osmeridae. Nat. Mus. Canada Bull. 191:1-53.
- Nelson JS. 1994. Fishes of the World (3rd ed.). John Wiley & Sons, New York.
- Pielou. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity : its use and misuse. Amer. Naturalist 100:463-465.
- Prat N and JV Ward. 1994. The tamed river. pp. 219-236. In: Margalef, R. (Ed.) Limnology Now: A Paradigm of Planetary Problems. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Rutherford DA, AA Echelle and OE maughan. 1987. Changes in the fauna of the little river drainage, south-eastern Oklahoma, 1948~1955 to 1981~1982: Test of the Hypothesis of environmental degradation. Community and evolutionary ecology of north American stream fishes. Univ. of Oklahoma. 17pp.
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. Nature 163: 688.
- Shannon CE and W Weaver. 1963. The mathematical theory of communication Illinois Univ. Press, Urbana.
- Tonn W, J Magnuson, M Rask and J Toivonen. 1990. Intercontinental comparison of small-lake fish assemblages : the balance between local and regional processes. Amer. Naturalist 136:345-375.
- Vannote RL, GW Minshall, KW Cummins *et al.* 1980. The river continuum concept. Canadian J. Fish. Aquat. Sci. 37: 130-137.
- Ward JV and JA Stanford (Eds.). 1979. The Ecology of Regulated Streams. Plenum Press, New York.

Manuscript Received: February 28, 2005

Revision Accepted: April 19, 2005

Responsible Editorial Member: Inn-Sil Kwak
(Hanyang Univ.)