

## 서식환경이 변화된 용담호의 어류상 및 어류군집 특성

양상근 · 조용철<sup>1</sup> · 양 현<sup>2</sup> · 강언종<sup>3,\*</sup>

국립수산과학원 미래양식연구센터, <sup>1</sup>부산시수산자원연구소, <sup>2</sup>생물다양성연구소,  
<sup>3</sup>국립수산과학원 대외협력과

### Characteristics of Fish Fauna and Community Structure in Yongdam Reservoir by Inhabiting Environment Changes

Sang-Geun Yang, Yong-Chul Cho<sup>1</sup>, Hyun Yang<sup>2</sup> and Eon Jong Kang<sup>3,\*</sup>

National Fisheries Research & Development Institute, Future Aquaculture Research Center,  
Jeju-do 690-192, Korea

<sup>1</sup>Busan Marine Fisheries Resources Research Institute, Busan 618-814, Korea

<sup>2</sup>Institute of Biodiversity Research, Chonju 561-211, Korea

<sup>3</sup>National Fisheries Research & Development Institute, External Research Cooperation Division,  
Busan 619-705, Korea

**Abstract** – From April to November 2009, we performed field investigation to survey the characteristics of fish fauna and fish community structure inhabited in Yongdam reservoir in the upper Geumgang, which is changed into flat-water zone from flow-water zone by blocking the continuity by the gigantic submerged weir built in the upstream of Geumgang. 15 species belonging to 8 families were collected from natural habitat (St. 1) where its natural characteristics is well preserved, and 11 species were Korean endemic fish species. 24 species belonging to 10 families were collected at the down region of Yongdam dam (St. 3), which might be affected by the change of water environment due to the dam, and 11 species were Korean endemic fish species. On the other hand, 20 species belonging to 7 families were collected inside Yongdam reservoir (St. 2) which is changed into flat-water zone from flow-water zone by the dam reservoir, and 6 species were Korean endemic fish species. In the dam reservoir, due to Yongdam dam built in the upper Geumgang, the original flow-water zone fish such as *Acheilognathus koreensis*, *Pseudopungtungia nigra*, *Coreoleuciscus splendidus*, and *Gobiobotia macrocephala* were disappeared, and instead, the kinds of fish habitating in the flat-water zone tend to increase rapidly, such as *Carassius auratus*, *Opsarichthys uncirostris amurensis*, *Hemiculter eigenmanni*, *Zacco platypus*, and *Lepomis macrochirus*. Relative abundance of the insective fish was 66.7% at St. 1, 40.0% at St. 2, and 54.2% at St. 3. In order to preserve endemic fish species and aquatic ecosystem, it is desirable to minimize the artificial installation in the upper river, such as a large scale dam which can affect the habitat and if inevitable, it is required to prepare preservation measures when building facilities.

**Key words** : Yongdam Reservoir, fish fauna, fish community, inhabiting environment changes

\* Corresponding author: Eon Jong Kang, Tel. 051-720-2730,  
Fax. 051-720-2727, E-mail. ejkang@nfrdi.go.kr

## 서 론

하천에는 수위유지와 농업용수 공급을 위한 소규모의 보에서부터 홍수조절, 발전, 용수공급 등을 위한 대규모의 다목적 댐에 이르기까지 다양한 규모의 수리구조물이 축조되어 있다. 이러한 수리구조물은 북반구의 온대지역에 집중적으로 분포하고 있으며, 하천생태계를 단편화하고 수로를 인위적으로 변경시키는 가장 큰 요인이 되어 왔다(Benke 1990; Dynesius and Nilsson 1994). 댐은 인류에게 다양한 이익을 제공하는 한편 하천생태계를 교란하는 가장 큰 인위적 요인이라 할 수 있다(Ward and Stanford 1979). 댐은 물, 퇴적물, 영양염류 및 생물의 종적 교환을 방해하여 하천의 연결성을 단절시키고, 저수역의 증가로 인한 물의 흐름과 하상 구조의 변화를 가져오며, 하천내의 생물 종과 수변 식생의 변화를 가져오는 등 하천생태계의 구조와 기능을 근본적으로 변화시킨다(Ward and Stanford 1979; Doeg and Koehn 1994; Baxter 1997; Poff and Hart 2002; Stanley *et al.* 2002).

용담호는 전주권을 포함한 서해안 지역의 안정적 생활용수, 농업용수 및 공업용수의 수요에 대비하고 홍수조절 기능 확보 및 갈수기 하천의 오염을 방지하는 등 수자원의 효율적 사용을 위하여 건설되었다. 용담호 건설 이전의 하천은 수심이 비교적 얇고 유속이 빠르면서 용존산소의 농도가 비교적 높은 전형적인 계류성 하천형태를 하고 있었으나, 용담호가 완공된 현재는 유속이 완만하거나 정체되면서 수심이 깊고 오염물질의 퇴적현상이 일어나는 정수성 하천이나 댐호의 형태로서 생태계 변화가 일어나고 있다(김 등 2003).

우리나라에서는 각종 댐의 축조로 인한 수환경 변화에 대한 일부 악영향이 보고되고 있으나 생물학적인 면에서 변화기작에 대한 분석과 대책연구, 우리나라 특수한 환경에서의 특이사항 등은 연구된 바가 없다.

담수어류는 수생태계의 1, 2차 소비자에 해당하며 주요 수산자원으로서 기타 수생생물에 비하여 생활사가 길기 때문에 장기적인 수환경 변화에 대한 영향을 잘 반영한다. 이에 금강 상류에 설치된 용담댐에 의해 연속성을 차단함으로써 유수역에서 정수역으로 변화된 수역을 선정하여 상·하류의 수문학적 차이를 파악하고 서식하는 어류의 군집구조를 비교하며, 섭식특성 등의 생태학적 접근방법을 통하여 서식환경구조의 변화가 어류 서식상태에 미치는 영향을 분석하였다. 추후 도출된 영향과 문제점을 바탕으로 수환경의 생태적 기능을 회복시키는데 필요한 기초 자료를 제공하고 효율적인 하천관리 방안을 제시하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 조사기간 및 지점

본 조사는 2009년 4월부터 11월까지 총 8회 동안 어류채집 및 서식환경 조사를 실시하였다.

조사지점은 금강 상류에 위치한 대형 댐인 용담댐을 중심으로 강 상류의 자연성을 잘 유지하고 있는 원서식지인 용담댐 유입 하천인 주자천(St. 1), 과거 댐 건설 전에 유수역이 잘 발달되어 있었으나 댐호로 인해 정수역으로 수환경이 변화된 서식지인 용담댐호 내(St. 2) 및 댐 건설 및 운영관리로 인해 수환경 변화에 영향을 받을 것으로 생각되는 서식지인 용담댐 신용담교 직하류 수역(St. 3)으로 총 3개 조사지점을 선정하였다(Fig. 1).

### 2. 조사내용 및 방법

조사지점에 대한 유속은 휴대용 유속계(Swoffer, model 2100-IND)를 사용하여 하천 중앙부의 중층 유속을 측정하였으며, 하상구조는 Cummins (1962)의 방법을 적용하였다. 서식처의 물리적 환경요인은 유속, 유폭, 하폭, 수심, 하상 등을 조사하였다. 이화학적 환경요인인 수온, pH, DO, Conductivity는 전자수온계와 휴대용 수질측정기(YSI, model 55)를 사용하여 측정하였고, 용담호내의 수질자료는 환경부 물환경정보시스템(<http://water.nier.go.kr>)의 통계자료를 인용하였다. St. 1과 St. 3에서 어류의 채집은 투망(망목 5×5 mm) 20회 이상과 족대(망목 5×5 mm) 50분 이상을 실시하였으며, 일각망(망목 15×15 mm, 유도망 10 m)을 24시간 동안 설치하여 가능한 정량적으로 채집이 되도록 하였다. 그리고 St. 2에서는 삼각망(망목 15×15 mm, 유도망 30 m)을 24시간 동안 설치하여 채집하였다. 채집된 어류는 즉시 10% 포르말린에

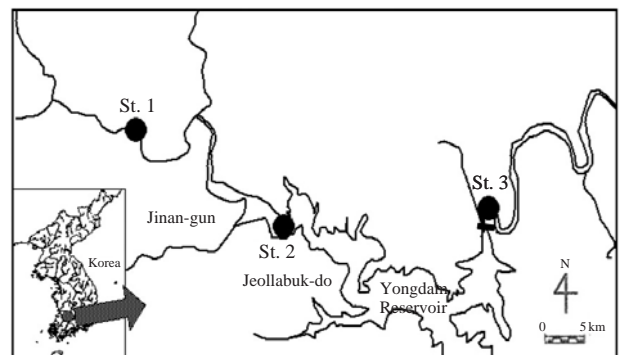


Fig. 1. Map showing the studied sites at Yongdam Reservoir, in Jeollabuk-do, Korea.

고정하였으며, 멸종위기종 또는 희소종은 현장에서 방류하였다. 어류의 동정은 김과 박(2002), 김 등(2005)에 따라 종의 수준까지 동정하였다. 조사지점의 군집분석은 우점도, 종다양도, 균등도 및 종풍부도를 분석하였다(Shannon and Weaver 1949; Pielou 1966; McNaughton 1967).

### 결과 및 고찰

#### 1. 서식 환경

St. 1에서의 유폍은 5~20 m 내외이며, 수심은 0.3~2 m 내외였다. 하상구조는 주로 암반: 큰 돌: 자갈: 모래=30:40:20:10 등으로 이루어져 있었다. 수량은 항상 풍부하며, 물이 맑았다. St. 2의 용담호는 저수면적이 36.24 km<sup>2</sup>, 총 저수용량이 815백만 m<sup>3</sup>이며, 유효 저수용량은 672백

만 m<sup>3</sup>이다(문 1997). St. 3에서의 유폍은 30~70 m 내외이며, 수심은 0.3~1.5 m 내외이다. 하상구조는 주로 큰 돌: 자갈: 모래=40:40:20 등으로 이루어져 있었다. 수량은 용담호의 하천 유지수로 인해 일정 수량이 공급되기 때문에 시간이나 계절의 영향을 거의 받지 않는다. 댐호내의 저층수 유입으로 인해 물은 비교적 맑았다.

일반적인 강 상류수역은 유수 폭이 좁고 경사가 커서 여울이 잘 발달되어 있으며, 여울과 소가 반복적으로 연결되면서 사행되는 하천구조였다. 하상은 모래나 잔자갈은 거의 없는데 반하여 호박돌 이상의 큰 돌이나 바위가 발달되어있다. St. 1인 원서식지는 위에 언급한 바와 같이 전형적인 상류수역 하천구조를 잘 유지하고 있는데 반하여 St. 2의 변화된 서식지 하천구조는 급격하게 변형되어 있다. 용담댐은 2001년도에 완공된 다목적댐으로서 건설 이전에는 전형적인 상류하천의 하천구조였으나 완

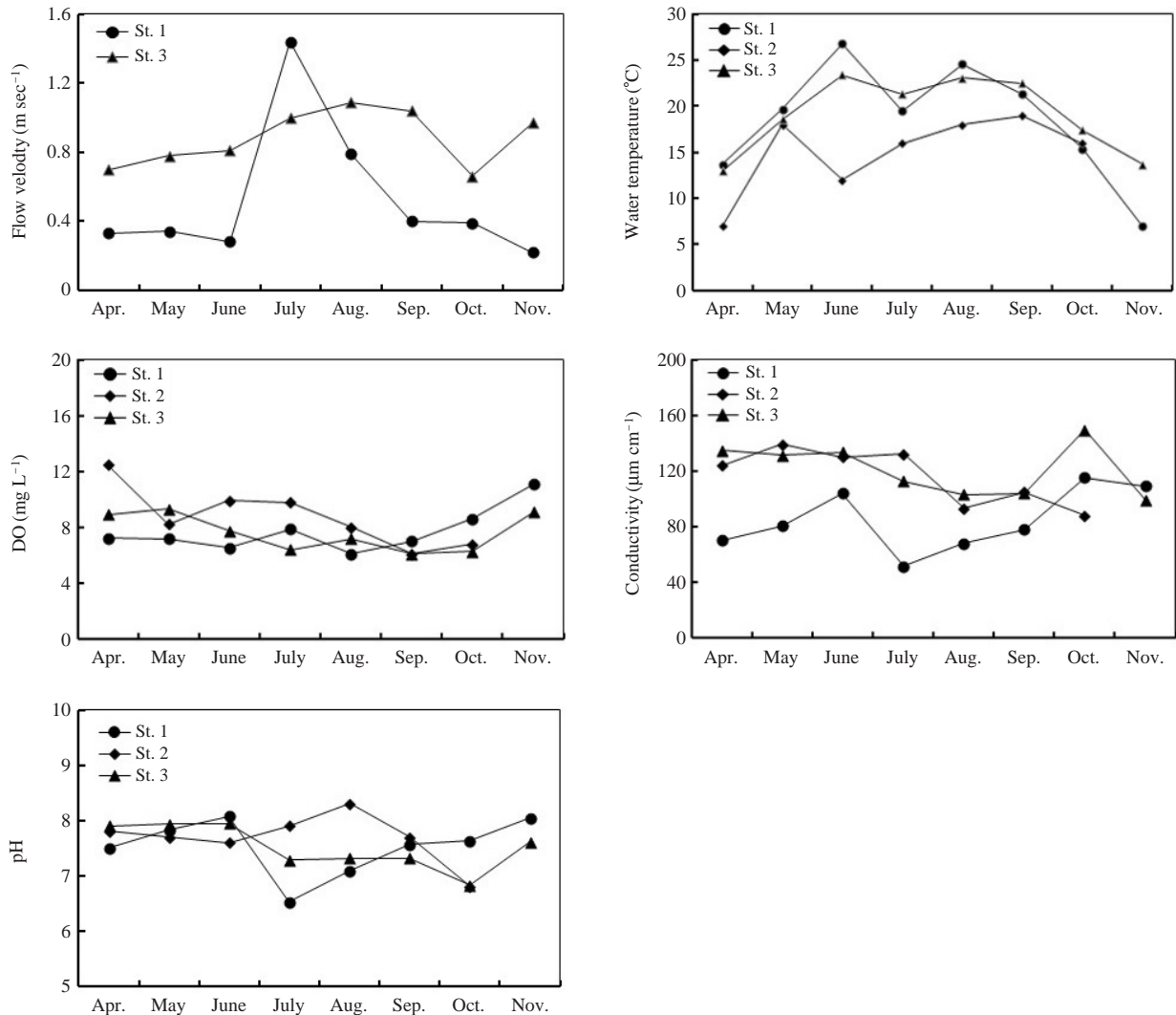


Fig. 2. Change of the velocity and water quality according to each site in Yongdam Reservoir from April to November, 2009.

공 후 수몰되면서 물의 흐름이 없이 수심이 깊고 넓은 대형 댐호로 변형되었다. 그리고 St. 3은 댐 완공 이후에 기존의 하천구조로 복원되어 여울부와 소가 잘 발달되어져 있으나 자연 하천수에 의해 유지되는 것 보다는 댐 방류수에 의해 수환경이 유지되기 때문에 용담호 수환경의 영향을 직·간접적으로 받고 있었다.

조사기간 중의 유속 및 수환경의 월별 변화는 Fig. 2에 나타내었다. 월별 수온변화는 St. 1의 경우 일반적인 상류하천의 계절적인 수온변화 양상을 나타내는데 반하여 St. 2인 용담호는 20°C 이하로 비교적 일정한 수온을 유지하였다. St. 3의 경우는 St. 1와 비슷한 변동을 보이지만 용담호 방류수의 영향으로 변동 폭이 다소 크지 않았다.

용존산소의 월별 변화추이는 St. 1의 경우 10월 이후에는 다소 증가하지만 비교적 연중 일정량을 유지하고 있다. St. 2인 경우는 원서식지와는 반대로 4월에는 극포화 상태를 유지하다가 점차 감소하여 10월 이후에는 최저치를 나타낸다. St. 3의 경우는 원서식지와 월별 변동양상이 다소 비슷하지만 매월 약 1~3°C의 차이를 보였다.

전기전도도의 경우, St. 1는 연중 150  $\mu\text{m cm}^{-1}$  이하로서 갈수기인 4~6월과 9~11월에는 다소 높지만 홍수기인 7~8월에는 낮아지는 전형적인 상류수역의 변동양상을 보였다. 이에 반해 St. 2와 St. 3의 경우는 월별로 원서식

지 보다 약 20~60  $\mu\text{m cm}^{-1}$  이상 높으며, 홍수기로 댐호 내 수위가 높아지면 다소 감소하는 경향을 보였다.

수소이온농도의 경우는 홍수기인 7월에 수역간의 차이를 다소 보였다. 상류 수역은 홍수기의 호우로 인해 인근 임야에서 유출되는 다량의 우수로 인해 St. 1의 pH가 낮아지는 반면 St. 2와 St. 3 수역은 다소 증가하는 경향을 보였다.

## 2. 어류상 특성

St. 1에서 조사시기별로 채집된 전체 어류상은 Table 1에 나타내었다. 채집된 전체 어류는 3목 8과 15종이며, 이 중 잉어과 어류가 8종으로 가장 다양하였으며, 뱀장어과, 미꾸리과, 통가리과, 바다빙어과, 가물치과, 동사리과, 망둑어과 어류가 각각 1종씩 출현하였다. 출현어종 대부분이 상류수역에 대표적으로 서식하는 어종들이다. 우점종은 참갈니 (68.3%), 아우점종은 눈동자개 (10.6%), 감돌고기 (7.4%), 돌고기 (5.8%) 등이었다. 상대풍부도 0.1% 이하에 해당하는 희소하게 출현한 종은 줄납자루, 버들치, 밀어 등이다. 한국 고유어종은 줄납자루, 감돌고기, 참갈겨니, 참중개, 눈동자개, 미유기, 자가사리, 꺾지, 동사리 등 11종이었다. 멸종위기야생동식물 I급에 해당하는 감돌고기가 145개체 채집되었으며, 생태계 위해어종

**Table 1.** The list and individual numbers of collected fishes at St. 1 in Yongdam Reservoir from April to November 2009

Families and species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total	RA** (%)
Family Cyprinidae 잉어과										
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루*				1					1	0.1
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	16	4	12	39	8		34		113	5.8
<i>Pseudopungtungia nigra</i> 감돌고기*	28	5	36	38	6	6	26		145	7.4
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리*	4	9	7	1	5	10	28		64	3.3
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자				8		1			9	0.5
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치							1	1	2	0.1
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니*	123	124	56	203	65	175	100	491	1,337	68.3
<i>Zacco platypus</i> 피라미	1	1		2		3	1		8	0.4
Family Cobitidae 미꾸리과										
<i>Iksookimia koreensis</i> 참중개*	3		3	5	4	1			16	0.8
Barridae 동자개과										
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개*		24	36	31	37	41	36	2	207	10.6
Family Siluridae 메기과										
<i>Silurus microdorsalis</i> 미유기*			1	1		1			3	0.2
Family Amblycipitidae 통가리과										
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> 자가사리*		4	2	1		1			8	0.4
Family Centropomidae 꺾지과										
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지*	1	1	1	2	5	2	3		15	0.8
Family Odontobutidae 동사리과										
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리*	2	1	8	7	4	3	2		27	1.4
Family Gobiidae 망둑어과										
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	1					1			2	0.1
No. of species	9	9	10	13	8	12	9	3	15	
No. of individual	179	173	162	339	134	245	231	494	1,957	

\*: Korean endemic species, \*\*: Relative abundance (%)

**Table 2.** The list and individual numbers of collected fishes at St. 2 in Yongdam Reservoir from April to November 2009

Families and species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total	RA** (%)
Family Cyprinidae 잉어과										
<i>Carassius auratus</i> 붕어				2		2	1	1	6	0.1
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어					3	3	2		8	0.2
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기				3	4	1	1		9	0.2
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기*		6							6	0.1
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개*			188	22		1	16	5	232	4.4
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치		9	41	36	168	9	28	104	395	7.4
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자		6	11	3	5	3	10	16	54	1.0
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지		1			1		1	2	5	0.1
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자*				1	2				3	0.1
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니*		5			6				11	0.2
<i>Zacco platypus</i> 피라미			14	443	187	117	334	570	1,665	31.4
<i>Opsarichthys uncirostris amurensis</i> 끄리	1	111	67	44	52	32	19	293	619	11.7
<i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리*			86	4	14	6	32	96	238	4.5
Family Barridae 등자개과										
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈등자개*					1				1	0.02
Family Siluridae 메기과										
<i>Silurus asotus</i> 메기		2		1					3	0.1
Family Osmeridae 바다빙어과										
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어		48	69	7		6			130	2.5
Family Centropomidae 꺾지과										
<i>Siniperca scherzeri</i> 쏘가리			1						1	0.02
Family Centrachidae 검정우럭과										
<i>Lepomis macrochirus</i> 블루길		3	35	57	196	1,180	279	95	1,845	34.8
<i>Micropterus salmoides</i> 배스	1			16	38	4		13	72	1.4
Family Channidae 가물치과										
<i>Channa argus</i> 가물치		1							1	0.02
No. of species	2	10	9	13	13	12	11	10	20	
No. of individual	2	192	512	639	677	1,364	723	1,195	5,304	

인 배스와 블루길은 출현하지 않았다. 가장 다양한 종과 개체수가 출현한 시기는 수환경이 다소 안정적이었던 7월 조사로서 13종, 339개체가 채집되었으며, 가장 희소한 종과 개체수가 출현한 시기는 집중호우로 인해 하상교란이 발생하였던 8월과 월동기로 접어들면서 어류활동이 감소하는 11월 조사로서 각각 8종 134개체와 3종 493개체가 채집되었다. 본 지역은 감돌고기의 대표적인 서식지로서 독특한 번식생태인 탁란 현상이 처음으로 관찰·보고된 지점으로서 보존가치가 높은 곳이다(김 등 2004).

St. 2에서 조사시기별로 채집된 전체 어류상은 Table 2에 나타내었다. 채집된 어류는 4목 7과 20종이며, 우점종은 블루길 (34.8%), 피라미 (31.4%)이고, 아우점종은 끄리 (11.7%), 누치 (7.4%)가 등이었다. 상대풍부도 0.1% 이하에 해당하는 희소 출현종은 붕어, 참중고기, 모래무지, 돌마자, 메기, 눈등자개, 쏘가리, 가물치 등 7종이었다. 출현 어종 중 정수 수환경에 주로 서식하는 어류는 붕어, 참붕어, 누치, 치리, 메기, 블루길, 배스, 쏘가리, 가물치 등이다. 한국 고유어종은 참중고기, 긴물개, 돌마자, 참갈겨니, 치리, 눈등자개 등 6종이었다. 법적 보호종은 확인되지 않았으며, 환경부 지정 생태계 위해어종인 배스와 블루길

이 모든 조사 시기에 비교적 우세하게 출현하였다. 가장 다양한 종과 개체수가 출현한 시기는 7월, 8월, 9월 조사로서 각각 13종 639개체, 13종 677개체 및 12종 1,364개체가 채집되었다. 종수와 개체수가 적게 출현한 시기는 갈수기였던 5월과 6월 조사로서 각각 10종 192개체와 9종, 512개체가 채집되었는데, 이 시기에는 가뭄으로 인해 수량이 급격히 감소하여 기존 서식공간이 노출됨에 따라 보다 안정적인 서식공간으로 이동했을 가능성이 크다고 생각된다. 전반적으로 과거 우수역의 수환경이 대형 댐에 의해 정수역화 되면서 우수성 어류들이 희소하게 출현하는 반면 정수성 어류들은 증가하는 경향을 보였다. 특히 생태계 위해어종인 배스와 블루길은 넓은 정수역에서 산란 및 서식이 이루어지기 때문에 개체군이 급격히 증대되어 있었다.

St. 3에서 조사시기별로 채집된 전체 어류상은 Table 3에 나타내었다. 채집된 어류는 5목 10과 24종이며, 우점종은 참갈겨니 (37.0%), 아우점종은 칼납자루 (18.5%), 피라미 (13.2%), 돌고기 (9.8%) 등의 순이었다. 상대풍부도 0.1% 이하에 해당하는 희소 출현종은 모래무지, 대농갱이, 메기, 꺾저기, 블루길 등으로서 이들 모두 정수 수환

**Table 3.** The list and individual numbers of collected fishes at St. 3 in Yongdam Reservoir from April to November 2009

Families and species	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Total	RA** (%)
Family Anguillidae 뱀장어과										
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어		1	2	1		1			5	0.3
Family Cyprinidae 잉어과										
<i>Carassius auratus</i> 붕어			1		1		2		4	0.3
<i>Acheilognathus koreensis</i> 칼납자루*	18	3	53	138	28	37	17		294	18.5
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루*	4	4	3	7	3	41	1		63	4.0
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	4	2	70	18	26	23	12	1	156	9.8
<i>Pseudopungtungia nigra</i> 감돌고기*	2	1	14	5	1	3			26	1.6
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리*	10	2	2			1		1	16	1.0
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기*	1		1			1			3	0.2
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개*			2			1			3	0.2
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	3	2	2						7	0.4
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지					1				1	0.1
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니*	70	22	27	240	33	90	79	27	588	37.0
<i>Zacco platypus</i> 피라미	33	6	3	14	38	54	20	41	209	13.2
Family Cobitidae 미꾸리과										
<i>Iksokimia koreensis</i> 참중개*			5	4	2	5	1	1	18	1.1
Family Barridae 등자개과										
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개*	18	3	23	21	15	5	4	2	91	5.7
<i>Leiocassis ussuriensis</i> 대농갱이				1					1	0.1
Family Siluridae 메기과										
<i>Silurus asotus</i> 메기		1							1	0.1
Family Osmeridae 바다빙어과										
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어								1	1	0.1
Family Centropomidae 꺾지과										
<i>Coreoperca kawamebari</i> 꺾저기		1							1	0.1
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지*	1		1		2			1	5	0.3
Family Centrachidae 검정우럭과										
<i>Lepomis macrochirus</i> 블루길						1	2		3	0.2
<i>Micropterus salmoides</i> 배스			1	2		2	1		6	0.4
Family Odontobutidae 동사리과										
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리*	1	1	8	5	10	8	6	7	46	2.9
Family Gobiidae 망둑어과										
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	8				2	12	15	3	40	2.5
No. of species	13	13	17	12	13	16	12	10	24	
No. of individual	173	49	218	456	162	285	160	85	1,588	

\*: Korean endemic species, \*\*: Relative abundance (%)

경에 주로 서식하는 어류이다. 출현 어종 중 유수 수환경에 주로 서식하는 어류는 칼납자루, 줄납자루, 돌고기, 감돌고기, 쉬리, 참중고기, 긴물개, 참마자, 피라미, 참갈겨니, 참중개, 눈동자개, 자가사리, 은어, 꺾지, 동사리, 밀어 등 17종으로서 전체 출현 개체수의 70.8%를 차지하고 있었다. 한국 고유어종은 칼납자루, 줄납자루, 감돌고기, 쉬리, 참중고기, 긴물개, 참갈겨니, 참중개, 눈동자개, 꺾지, 동사리 등 11종이다. 법적 보호종은 멸종위기야생동식물 I급에 해당하는 감돌고기가 10월과 11월을 제외한 모든 조사시기에 채집되었다. 환경부 지정 생태계 위해어종인 배스와 블루길은 적은 개체수가 간헐적으로 출현하였다. 대부분의 서식 어류가 산란기인 4~6월 조사에서 가장 다양한 종과 개체수가 출현하였으며, 갈수기인 9~11월에는 출현 종수와 개체수가 감소하는 경향을 나타냈다. 특히 주목되는 것은 탐진강 및 동해 남부의 일부 하천에

만 서식하는 희소종으로 알려져 있는 꺾저기(전 1980; 최 등 1990)가 5월에 1개체 채집되었다. 또한 우리나라에서 대형 댐호에 방류된 수정란에서 유래하여 안동호, 진양호, 합천호에서 확인된 바 있는 육봉형 은어(최 1995; 이 1996)가 11월 조사에서 1개체 채집되어 주목된다. 이상을 종합할 때 본 수역은 전형적인 유수형 어류 군집구조를 보여주고 있으며, 다양한 어류의 산란, 생육 및 서식장소로서 중요한 기능을 수행하고 있다.

### 3. 어류군집 생태지수

각 조사지점에 출현한 월별 및 전체 어류군집 생태지수의 변화는 Fig. 3과 4에 나타내었다. St. 1에서의 다양도 지수는 0.04~1.70의 범위에 해당하였으며, 월동기에 접어들면서 수온이 하강함에 따라 적은 종수와 참갈겨니

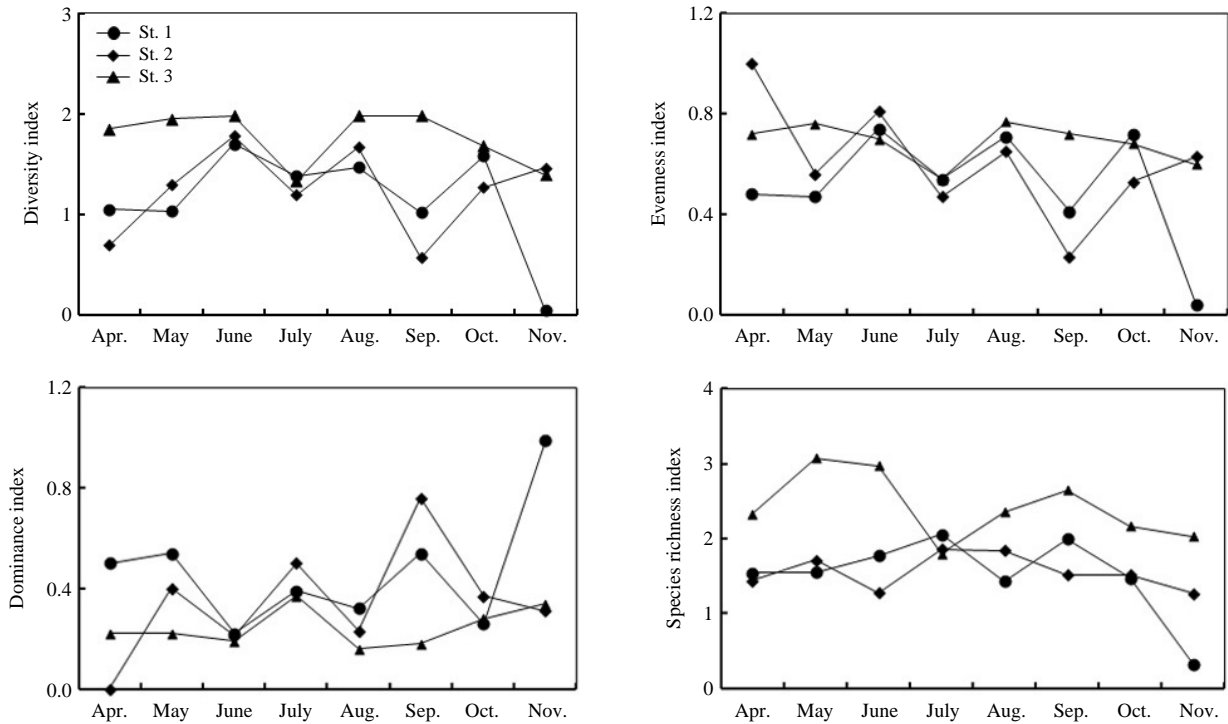


Fig. 3. Monthly changes of community indices at each site in Yongdam Reservoir from April to November, 2009.

의 우점현상이 두드러진 11월에 0.04로 가장 낮았고 6월과 10월이 각각 1.70과 1.58로 높은 수치를 나타냈다. 균등도 지수는 0.04~0.74의 범위에 해당하였으며, 11월이 가장 낮았고 6월과 10월이 각각 0.74와 0.72로 높은 수치를 나타냈다. 우점도 지수는 0.22~0.99의 범위에 해당하였으며, 6월과 10월이 각각 0.22와 0.26으로 낮았고 월동기인 11월에는 참갈겨니가 다수 채집되어 가장 높은 수치를 나타냈다. 종풍부도 지수는 0.32~2.06의 범위에 해당하였으며, 11월이 0.32로 가장 낮았고 7월과 9월이 각각 2.06과 2.00으로 높은 수치를 나타냈다. St. 1에서의 전체 출현 어종의 생태지수는 다양도 지수가 1.20, 균등도 지수가 0.44, 우점도 지수가 0.49, 종풍부도 지수가 1.85인 수치를 나타냈다. 전반적인 어류 군집구조를 볼 때 상류수역으로서 매우 안정적인 군집구조를 보였다.

St. 2에서의 다양도 지수는 0.69~1.78의 범위에 해당하였으며, 4월과 9월이 각각 0.69와 0.57로 가장 낮았고 6월과 8월이 각각 1.78과 1.67로 높은 수치를 나타냈다. 균등도 지수는 0.23~1.00의 범위에 해당하였으며, 9월이 가장 낮았고, 4월과 6월이 각각 1.00과 0.81로 높은 수치를 나타냈다. 우점도 지수는 0.00~0.76의 범위에 해당하였으며, 4월과 6월이 각각 0.00과 0.21로 낮았고 9월이 가장 높은 수치를 나타냈다. 종풍부도 지수는 1.27~1.86의 범위에 해당하였으며, 11월이 1.27로 가장 낮았고 7

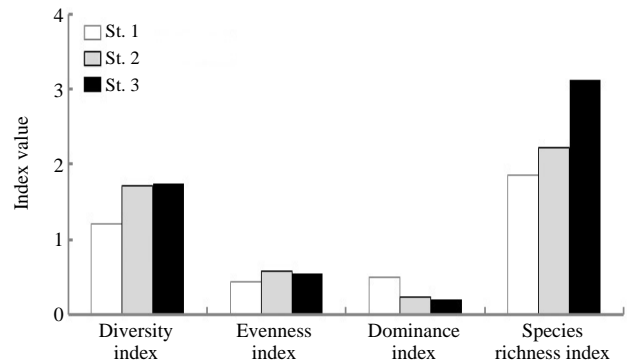


Fig. 4. Total changes of community indices at each site in Yongdam Reservoir.

월과 8월이 각각 1.86과 1.84로 높은 수치를 나타냈다. 댜호내 정수역의 전체 출현 어종의 생태지수는 다양도 지수가 1.72, 균등도지수가 0.57, 우점도지수가 0.24, 종풍부도지수가 2.22로 나타났다. 댜호내 정수역은 조사 시기 7월과 8월이 보다 다양한 종과 개체수가 출현하였으며, 다른 시기에 비하여 특정종의 우점률이 낮았다. 전반적으로 원서식지의 생태지수보다 월별 변동이 크게 나타났는데, 이는 댜호의 특성상 시기별로 출현하는 어종의 변동과 밀접한 관련이 있다.

St. 3에서의 다양도 지수는 1.33~1.98의 범위에 해당

하였으며, 7월에 가장 낮았고 6월과 8월, 9월에 1.98로 높은 수치를 나타냈다. 균등도 지수는 0.54~0.77의 범위에 해당하였으며, 7월이 가장 낮았고 5월과 8월이 각각 0.76과 0.77로 높은 수치를 나타냈다. 우점도 지수는 0.16~0.37의 범위에 해당하였으며, 8월이 가장 낮았고 7월이 가장 높은 수치를 나타냈다. 종풍부도 지수는 1.80~3.08의 범위에 해당하였으며, 7월이 가장 낮았고 5월이 가장 높은 수치를 나타냈다. 전체 채집된 어류의 생태

지수는 다양도 지수가 1.75, 균등도 지수가 0.55, 우점도 지수가 0.20, 종풍부도 지수가 3.12로 나타났다. 7월은 다른 시기에 비하여 우점도 지수를 제외한 모든 지수 값이 낮게 나타났는데, 이는 비교적 출현종수와 개체수가 적을 뿐만 아니라 참갈겨니와 칼납자루의 우점률이 높았기 때문이다.

Fig. 3과 Fig. 4를 함께 검토해 보면, St. 3은 계절별로 대부분 높은 다양도, 균등도, 종풍부도 지수를 보이고 있

**Table 4.** The list fish from previous and present studies in Yongdam Reservoir.

Families and species	1999		Present (2009)	
	No. of individual	RA** (%)	No. of individual	RA (%)
Family Cyprinidae 잉어과				
<i>Carassius auratus</i> 붕어			6	0.1
<i>Acheilognathus koreensis</i> 칼납자루*	18	6.4		
<i>Acheilognathus yamatsudae</i> 줄납자루*	6	2.1		
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 납자루	3	1.1		
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어			8	0.2
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기	15	5.4	9	0.2
<i>Pseudopungtungia nigra</i> 감돌고기*	6	2.1		
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리*	26	9.3		
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기*	11	3.9	6	0.1
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개*			232	4.4
<i>Gobiobotia macrocephala</i> 꾸구리*	1	0.4		
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자	4	1.4		1.0
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치	10	3.6	395	7.4
<i>Pseudogobio esocinus</i> 모래무지	16	5.7	5	0.09
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자*	7	2.5	3	0.09
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니*	32	11.4	11	0.2
<i>Zacco platypus</i> 피라미	52	18.6	1,665	31.4
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> 끄리	3	1.1	619	11.7
<i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리*			238	4.45
Family Cobitidae 미꾸리과				
<i>Iksookimia koreensis</i> 참중개*	12	4.3		
Family Barridae 동자개과				
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개*	34	12.1	1	0.02
Family Amblycipitidae 통과리과				
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> 자가사리*	4	1.4		
<i>Liobagrus obesus</i> 통사리*	5	1.8		
Family Siluridae 메기과				
<i>Silurus asotus</i> 메기	3	1.1	3	0.09
Family Osmeridae 바다빙어과				
<i>Plecoglossus altivelis</i> 은어			130	2.5
Family Centropomidae 꺾지과				
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지*	2	0.7		
<i>Siniperca scherzeri</i> 쏘가리	2	0.7	1	0.2
Family Odontobutidae 동사리과				
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리*	2	0.7		
Family Centrarchidae 검정우럭과				
<i>Lepomis macrochirus</i> 블루길			1,845	34.8
<i>Micropterus salmoides</i> 배스			72	1.4
Family Channidae 가물치과				
<i>Channa argus</i> 가물치			1	0.02
Family Channidae 망둑어과				
<i>Rhinobius brunneus</i> 밀어	6	2.1		
No. of individual	280		5,304	
No. of species	24		20	

\*: Korean endemic species, \*\*: Relative abundance (%)



었고, 이를 합한 총지수(Fig. 4)에서도 유사한 경향을 나타내었다. 반면 St. 1은 하천임에도 불구하고 특정시기에 낮은 다양도, 균등도, 종풍부도, 그리고 높은 우점도 지수로 인해 총지수(Fig. 4)에서도 St. 2보다 낮은 다양도와 균등도, 종풍부도, 그리고 높은 우점도를 보였다.

#### 4. 변화된 서식지의 어류상 변화

용담호는 금강의 상류수역에 해당하며, 상류 서식지 변화의 대표성을 나타낸다. 용담댐이 건설되기 10년 전에 보고된 '1999년도 용담다목적댐 사후환경영향평조사'에는 댐 수몰예정지역인 용담면 일대에서 출현한 어종은 모두 8과 24종이었다(Table 4). 이 당시 출현한 어류의 특성을 살펴보면, 우점종은 피라미(18.6%), 눈동자개(12.1%)였으며, 아우점종은 참갈겨니(11.4%), 쉬리(9.3%), 칼납자루(8.4%)였다. 우점종과 아우점종을 포함하여 칼납자루, 감돌고기, 참종고기, 꾸구리, 눈동자개, 꺾지, 통사리, 자가사리 등 14종은 모두 여울이 잘 발달된 수역에서 서식하는 어류들이었다. 또한 출현 종중에는 환경부 멸종위기야생동식물 I급에 해당하는 감돌고기와 II급에 해당하는 꾸구리가 서식하고 있었다. 용담호가 완공된 이후 한국수자원공사(2009)의 용담댐호내의 채집된 어류는 17종으로 보고한 바가 있고, 본 조사에서는 채집된 어류는 모두 7과 20종이었다. 두 조사 결과에 의하여 용담호에서 사라진 어종은 칼납자루, 줄납자루, 납자루, 감돌고기, 쉬리, 꾸구리, 참종개, 자가사리, 통사리, 꺾지, 등

사리, 밀어 등 11종으로서 모두 여울이 발달된 유수역에 서식하는 종들이다. 새로이 출현한 종은 붕어, 참붕어, 긴물개, 치리, 은어, 꺾지, 블루길, 배스, 가물치 등 9종으로서 모두 오염에 내성이 강하며 정수역이나 중하류 수역에 주로 서식하는 어종들이었다. 이 중에 외래종은 블루길과 배스가 확인되었고, 블루길은 우리나라에 도입되면서 원산지의 식성에 비해 보다 강력한 육식성을 나타내면서 급속도로 번식하기 때문에 생태계를 교란하며(김 등 1996; 변 등 1997), 배스는 포식성이 강한 어류로 뱀에 유입되면 생태계에 큰 교란을 일으키는 것으로 보고(Yodo and Kimura 1998; 고 등 2008)되고 있어 이들 어종에 대한 관리방안이 요구된다. 출현 개체수 또는 상대풍부도가 급격히 감소한 종은 돌고기, 참종고기, 모래무지, 돌마자, 참갈겨니 등 5종으로서 모래무지를 제외하고 모두 유수역에 주로 서식하는 어종들이었다. 출현 개체수 또는 상대풍부도가 급격히 증가한 종은 누치, 피라미, 끄리 등 3종으로서 모두 정수역에서 주로 서식하며 오염에 대한 내성이 강한 종들이다. 이상의 결과를 종합하면 용담댐이 완공되면서 상류 유수역의 어류군집이 중·하류 정수역의 어류군집으로 뚜렷하게 변화하였음을 알 수 있었다.

일반적으로 물리적인 수환경이 변화하면 어류뿐만 아니라 다양한 수생물들의 군집구조가 변화하게 된다. 상류 서식지가 대형 댐호로 인해 서식환경이 유수역에서 정수역으로 변화하게 되면 다양한 수생물들도 유수역에서 서식하는 생물에서 정수역에서 서식하는 생물들로 변화한다. 어류는 서식처의 특성에 따라 군집구조가 변화함

**Table 5.** Food-habits of fishes collected at each site in Yongdam Reservoir from April to November 2009.

Food habit	St. 1		St. 2		St. 3	
	Fish stocks	RA* (%)	Fish stocks	RA* (%)	Fish stocks	RA* (%)
Phytophagy	—	—	<i>P. altivelis</i> (1 species)	5.0	<i>P. altivelis</i> (1 species)	4.1
Omnivory	<i>A. yamatsutae</i> , <i>Z. platypus</i> (2 species)	13.3	<i>C. auratus</i> , <i>P. parva</i> , <i>M. yaluensis</i> , <i>Z. platypus</i> , <i>H. eigenmanni</i> , <i>H. labeo</i> (6 species)	30.0	<i>C. auratus</i> , <i>A. koreensis</i> , <i>A. yamatsutae</i> , <i>Z. platypus</i> (4 species)	16.7
Insective	<i>P. herzi</i> , <i>P. nigra</i> , <i>C. splendidus</i> , <i>H. longirostris</i> , <i>R. oxycephalus</i> , <i>Z. koreanus</i> , <i>I. koreensis</i> , <i>P. koreanus</i> , <i>L. mediadiposalis</i> , <i>R. brunneus</i> (10 species)	66.7	<i>P. herzi</i> , <i>S. variegatus wakiyae</i> , <i>S. gracilis majimae</i> , <i>H. longirostris</i> , <i>P. esocinus</i> , <i>Z. koreanus</i> , <i>P. koreanus</i> , <i>L. macrochirus</i> (8 species)	40.0	<i>P. nigra</i> , <i>C. splendidus</i> , <i>S. variegatus wakiyae</i> , <i>S. gracilis majimae</i> , <i>H. longirostris</i> , <i>H. labeo</i> , <i>P. esocinus</i> , <i>Z. koreanus</i> , <i>I. koreensis</i> , <i>P. koreanus</i> , <i>L. ussuriensis</i> , <i>L. macrochirus</i> , <i>R. brunneus</i> (13 species)	54.2
Carnivore	<i>S. microdorsalis</i> , <i>C. herzi</i> , <i>O. platycephala</i> (3 species)	20.0	<i>O. uncirostris amurensis</i> , <i>S. asotus</i> , <i>S. scherzeri</i> , <i>M. salmoides</i> , <i>C. argus</i> (5 species)	25.0	<i>A. japonica</i> , <i>S. asotus</i> , <i>C. kawamebari</i> , <i>C. herzi</i> , <i>O. platycephala</i> , <i>M. salmoides</i> (6 species)	25.0

\*: Relative abundance (%)

과 동시에 먹이생물의 특성에 따라서도 군집구조에 큰 변화가 발생한다. 각기 서식처 특성이 다른 3개의 조사 수역에 서식하는 어류의 섭식특성을 환경부 수생태계 건강성 평가 지침에 따라 비교하면 Table 5와 같다. 자연 상태의 상류 서식지의 경우는 충식성 어류가 주로 서식하는 것이 일반적이다. 조사결과 원서식지인 St. 1에서 충식성 어류는 10종, 상대풍부도 66.7%인데 반하여 변화된 서식지인 St. 2는 8종, 상대풍부도 40.0%로서 차이를 보였다. 댐호나 저수지 또는 강 하류수역의 경우는 일반적으로 잡식성 어류가 주로 서식한다. St. 1에서 잡식성 어류는 2종, 상대풍부도 13.3%로서 매우 희소한데 반하여 댐호로 변화된 서식지인 St. 2에서는 6종, 상대풍부도 30.0%로서 상대적으로 우세하게 서식하고 있었다. 또한 어식성 어류에 있어서도 St. 1에서는 3종, 상대풍부도 20.0%에 반하여 St. 2에서는 5종, 상대풍부도는 25.0%이었다. 용담댐의 직접적인 영향을 받는 St. 3에서는 원서식지와 변화된 서식지의 중간 형태로서 충식성 어류는 13종, 상대풍부도 54.2%이며, 잡식성 어류는 4종, 상대풍부도 16.7%이고, 어식성 어류는 6종, 상대풍부도 25.0%이었다. 이상을 종합하면 강 상류 서식지에 인공적인 대형댐호와 같이 유수역을 정수역으로 변화시키는 시설물이 건설되게 되면 그곳에 서식하는 어류는 충식성 어류 군집구조에서 잡식성 어류군집으로 변화하게 된다. 이는 서식지 변화가 수생태계에 서식하는 모든 수생생물들에게 직접적인 영향을 미친다는 것을 의미한다.

### 5. 상류 서식지 보존의 중요성

금강 상류수역에 건설된 용담댐으로 인해 기존의 여울과 소가 잘 발달되어져 있던 상류 서식지가 수몰되면서 유수역에서 정수역으로 수환경의 큰 변화가 발생하였다. 이로 인해 용담호에는 기존에 금강 상류수역의 대표적인 서식어류인 감돌고기, 쉬리, 돌상어, 꾸구리 등과 같은 유수역에 서식하는 어류의 서식지가 감소되었으며, 붕어, 끄리, 치리, 피라미, 블루길과 같이 강의 중·하류나 저수지 등의 정수역에 서식하는 어류들이 증가하는 경향을 뚜렷이 보였다.

또한 용담댐은 상류 서식지의 상·하류를 단절시킬 뿐만 아니라 직하류 수역에도 직·간접적으로 영향을 줌으로써 인해 서식어류의 다양성을 감소시키고 안정적인 개체군을 유지하는데 영향을 주고 있다.

우리나라의 담수어류들은 강의 길이가 짧으며 경사가 커서 상·중·하류의 경계의 폭이 좁은 한반도의 지형적 특성에 맞게 적응하여 진화하였기 때문에 고유어종들의 대부분은 상류의 여울에 서식하는 어종들이 대부분이다.

특히 환경부 지정 멸종위기야생동식물 I급에 해당하는 어류 중 강 상류에 서식하는 어류는 감돌고기, 꼬치동자개, 얼룩새코미꾸리, 통사리 등이며, II급에 해당하는 어류는 가는돌고기, 꾸구리, 돌상어, 독중개, 한독중개 등이다. 이들 종들은 전체 멸종위기어류의 50%를 차지하며, 각 종별로 서식하는 강 수계가 각기 다르고 분포범위가 협소하여 상류 서식지를 보존하지 않으면 쉽게 멸종될 수 있는 위험성이 매우 크다. 강 상류에 서식하지 않는 다양한 한국 고유종과 멸종위기 어종들도 본 연구결과 확인한 바와 같이 상류 서식지가 변화하면 연속적으로 하류 수역에도 영향을 미치기 때문에 안정적이라고 할 수 없다. 따라서 우리나라의 생물자원인 고유어종의 보존뿐만 아니라 수생태계의 건강성 유지를 위해서는 강 상류에 대형댐과 같이 대규모의 상류 서식지를 변화시킬 수 있는 인공 시설물의 축조는 최소화 하는 것이 바람직 할 것이며, 불가피한 경우는 건설시 보전대책 수립이 필요하다.

## 적 요

강 상류에 설치된 대형 댐에 의해 연속성을 차단함으로써 유수역에서 정수역으로 변화된 금강 상류에 위치한 용담호를 선정하여 서식하는 어류상 및 어류의 군집 특성을 알아보기 위하여 2009년 4월부터 11월까지 조사를 실시하였다. 채집된 어류는 강 상류의 자연성을 잘 유지하고 있는 원서식지(St. 1)에서 8과 15종이며 고유어종은 11종이었고, 댐호로 인해 수환경 변화에 영향을 받을 것으로 생각되는 용담댐 직하류 수역(St. 3)에서 10과 24종이며 한국 고유종은 11종이 출현하였다. 반면 댐호로 인해 유수역에서 정수역으로 수환경이 변화된 용담호 내(St. 2)에서 7과 20종이며 한국고유종은 6종이 출현하였다. 금강 상류수역에 건설된 용담댐으로 인해 댐호에는 기존에 금강 상류수역의 대표적인 서식어류인 칼납자루, 감돌고기, 쉬리, 꾸구리 등과 같은 유수역에 서식하는 어류는 사라졌으며, 붕어, 끄리, 치리, 피라미, 블루길과 같이 정수역에 서식하는 어류들이 급격히 증가하는 경향이 있었다. 충식성 어류의 상대적 풍부도는 St. 1에서 66.7%인데 반하여 St. 2에서는 40.0%로 차이를 보였고, St. 3에서 중간 형태로 54.2%이었다.

우리나라의 생물자원인 고유어종의 보존뿐만 아니라 수생태계의 건강성 유지를 위해서는 강 상류에 대형댐과 같이 대규모의 상류 서식지를 변화시킬 수 있는 인공 시설물의 축조는 최소화하는 것이 바람직 할 것이며, 불가피한 경우는 건설시 보전대책 수립이 필요하다.

## 사 사

본 연구는 국립수산물자원연구소 수산시험연구소사업비로 수행된 연구 결과(RP-2012-AQ-005)이며, 자료의 분석에 많은 도움 주신 국립수산물자원관 김병직 박사님께 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- 건설부, 한국수자원공사. 1999. 용담 다목적댐 건설 토목공사 사후환경영향조사. 103pp.
- 고명훈, 김익수, 박종영, 이용주. 2007. 육정호 육붕형 *Plecoglossus altivelis*의 서식분포와 생태. 한국어류학회지. 19:24-34.
- 김도한, 황수옥, 양홍준, 전상린, 최신석, 김익수, 최중길. 1996. 댐저수지의 왜래어종 분포 및 영향에 관한 연구. 한국수자원공사. 258pp.
- 김종국, 오창환, 윤창호. 2003. 용담댐 수질 보전 대책 연구. pp. 2-3.
- 김익수, 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사. 465pp.
- 김익수, 최승호, 이흥헌, 한경호. 2004. 금강에 서식하는 감돌고기 *Pseudopungtungia nigra*의 탁락. 한국어류학회지. 16:75-79.
- 김익수, 최 윤, 이충열, 이용주, 김병직, 김지현. 2005. 원색한국어류대도감. 교학사. 615pp.
- 문태완. 1997. 용담다목적댐 건설사업. 한국수자원학회지. 30:137-145.
- 변화근, 전상린. 1997. 국내에 도입된 파랑볼우럭 (*Lepomis macrochirus*)의 식성. 한국환경생물학회지. 54:165-174.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대 박사학위 청구논문. pp. 1-85.
- 이계안. 1996. 한국산 은어, *Plecoglossus altivelis*의 생물학적 특성 및 영양생리. 부산수산대학교 대학원 박사학위논문. 144pp.
- 최기철. 1995. 봉화군 일대에서 서식하는 육붕형 은어의 생태조사. 봉화군 용역보고서. pp. 5-6.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사. 277pp.
- 한국수자원공사. 2009. 용담 다목적댐 저수지 및 주변지역 생태환경조사. 104pp.
- 환경부. 2005. 멸종위기 야생 동·식물 확보집. 환경부. 247 pp.
- Baxter RM. 1997. Environmental effects of dams and impoundments. Annual Review of Ecology and Systematics 8:255-283.
- Benke AC. 1990. A perspective on America's vanishing streams. Journal of the North American Benthological Society 9:77-88.
- Cummins KW. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis lotic waters. Am. Midl. Nat. 67:477-504.
- Doeg TJ and JD Koehn. 1994. Effects of draining and desilting a small weir on downstream fish and macroinvertebrates. Regulated Rivers: Research and Management 9:263-277.
- Dynesius M and C Nilsson. 1994. Fragmentation and flow regulation of river systems in the northern third of the world. Science 266:753-762.
- McNaughton SJ. 1967. Relationship among functional properties of California Grassland. Nature 216:168-169.
- Pielou EC. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. J. Theoret. Biol. 13:131-144.
- Poff NL and DD Hart. 2002. How dams vary and why it matters for the emerging science of dam removal. Bioscience 52: 659-668.
- Shannon CE and W Weaver. 1949. The mathematical theory of communication. University of Illinois Press. Urbana 177pp.
- Stanley EH, AL Michelle, MW Doyle and DW Marshall. 2002. Short-term changes in channel form and macroinvertebrate communities following low-head dam removal. Journal of North American Benthological Society 21:172-187.
- Ward JV and JA Stanford. 1979. The ecology of regulated streams. Plenum Press, New York.
- 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.

Received: 9 January 2012

Revised: 16 February 2012

Revision accepted: 20 February 2012