

합천호의 어류상과 어류 군집구조

이 총 렬

군산대학교 자연과학대학 생물학과

Ichthyofauna and Structure of the Fish Community in Hapcheon Lake on the Hwang River

Chung-Lyul Lee

Department of Biology, Kunsan National University,
Jeollabuk-do, Kunsan 573-701, Korea

The ichthyofauna and structure of the fish community of Hapcheon Lake on the Hwang River were surveyed at six localities from May 2004 to Feb. 2005. There were 36 species belonging to 31 genera and 12 families in the Hapcheon Lake system. Of these, 24 species (66.7%) were cyprinids; cobitids and centropomids were next with 2 species (5.6%) each. The dominant species in the Hapcheon Lake system was *Hemiculter eigenmanni* (relative abundance 28.4%), the subdominant species *Hemibarbus labeo* (24.1%). Ten species (28.3%) of the 36 were Korean endemic species. Among the endemic species, *H. eigenmanni* and *Squalidus chankaensis tsuchigae* were abundant at each locality except site 6, but the eight other species were rare.

In biomass, *H. labeo* comprised about 36.5% of the total weight, *H. eigenmanni* 22.3%, *Cyprinus carpio* 7.5%, *Hypomesus nipponensis* 6.9%, *Culter brevicauda* 3.7% and *Lepomis macrochirus* 3.6%. Average dominance, diversity, and evenness index of the fish community collected from six localities in the Hapcheon Lake system were 0.21, 0.85, and 0.67, respectively.

Key words : Ichthyofauna, fish community, Hapcheon Lake, Hwang river

서 론

낙동강의 남부 지류의 하나인 황강은 전북 무주군 무풍면에 위치한 대덕산 (1,290 m)과 투구봉 (1,274.7 m)에서 발원하여 낙동강 본류에 합류된다. 황강의 중상류역에 축조된 합천다목적댐은 낙동강의 하류지역의 상습적인 홍수피해를 경감하고 농경지의 농업용수 공급과 수력에너지 생산을 위하여 1989년 12월에 완공된 콘크리트 중력식댐으로 유역면적은 925 km²이며, 총저수

용량은 790 백만 m³로 10만 KW의 발전설비를 갖춘 다목적댐이다. 댐 아래에 축조한 조정지댐은 발전할 때 저층으로부터 내려온 방류수의 수온을 상승시켜 하류에 방류함으로써 냉수로 인한 하류역의 하천 생태계의 파괴와 하천 주변의 작농피해를 최소화하기 위한 목적으로 축조된 곳이다. 이와 같이 합천댐은 홍수 조절과 전력 발전 및 용수공급이라는 다목적의 측면에서 긍정적인 요인도 있으나, 하천 중류역에 거대한 호수가 형성됨으로써 이 일대 하천에 서식하고 있는 어류 생태계에 커다란 변화를 초래하게 되었을 것으로 사료된다. 그러나 합천댐이 축조된 이후 지금까지 여기에 서식하고 있

*Corresponding author: leecl@kunsan.ac.kr

는 어류에 대한 조사 연구가 수행되지 않아 이 일대에서 출현하고 있는 어류상에 대하여 면밀한 조사가 필요한 상태이다.

따라서 본 조사는 합천다목적댐을 중심으로 어류의 종 분포상과 어류 군집의 구조 및 생태학적 특성을 면밀히 조사 분석하고, 앞으로 합천호의 어류 군집을 보호는 물론 더 나아가 내수면 어족자원을 개발하여 경제적 부가가치를 높이는데 필요한 기초 자료로 이용될 수 있도록 하는데 있다.

연구 방법

본 조사는 2004년 5월부터 2005년 2월까지 합천댐 안에서 4개 지점과 상하류에서 1개 지점 씩 모두 6개 지점에서 조사하였다(Fig. 1). 댐 안에 위치한 St. 2~5의 4곳에서는 정치망(망목 25×25 mm 또는 8×8 mm)을 설치하여 48시간 후에 수거하였다. 그리고 각 조사 지점

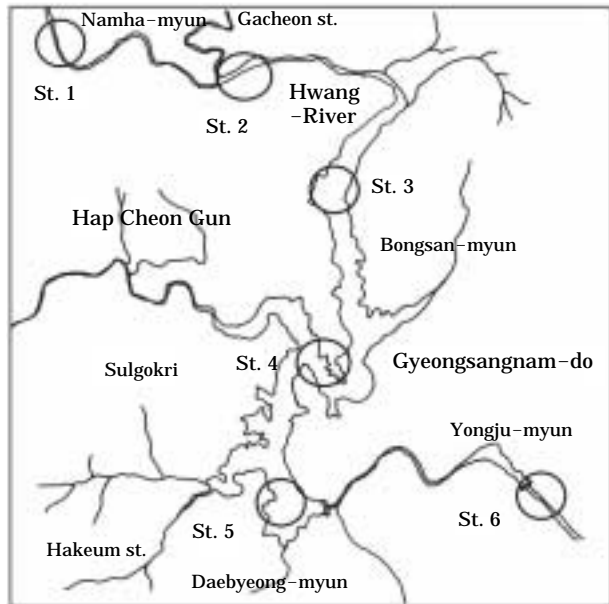


Fig. 1. Map showing the collection localities in Hapcheon Lake. St. 1: Mureung-ri Namha-myeon Geochang-gun Gyeongsangnam-do; St. 2: Sanghyeon-ri Bongsan-myeon Hapcheon-gun Gyeongsangnam-do; St. 3: Songrim-ri Bongsan-myeon Hapcheon-gun Gyeongsangnam-do; St. 4: Gosam-ri Bongsan-myeon Hapcheon-gun Gyeongsangnam-do; St. 5: Youjeon-ri Daeyeong-myeon Hapcheon-gun Gyeongsangnam-do; St. 6: Bonggi-ri Yongju-myeon Hapcheon-gun Gyeongsangnam-do.

과 그 주변에서는 투망(망목 10×10 mm), 족대(망목 4×4 mm), 3중 자망 등을 이용하여 채집하였다.

채집된 어류는 현장에서 동정하면서 필요한 자료 수집이 용이한 표본은 조사가 끝난 후 모두 방류하였고, 보다 면밀한 조사가 필요한 표본은 10% 포르말린에 고정하여 실험실로 운반하여 조사하였다. 어류의 종 동정은 정(1977), 최 등(1990), 최와 이(1994), 김(1997), 김과 박(2002) 등의 방법을 적용하였고, 어류 목록 작성은 김(1997)의 방법을 따랐다. 한편 출현하는 주요 어류의 생체량은 소수점 첫째자리에서 반올림하였고, 주요 분류군의 성장과 연령 관계는 6~8월에 채집된 표본의 체장을 중심으로 피터슨곡선을 내어 추측하였다.

한편 각 조사 지점에 대한 주요 생태적 환경 요인 조사는 기온, 수온, pH (YSI 556 MPS), DO (YSI 556 MPS, Horiba OM-14), BOD, SS, 하상구조 및 하천 형태(可兒, 1944) 등이었고, 각 지점의 어류 군집의 구조 분석은 지점별로 군집의 우점도, 종 다양도, 균등도, 군집유사도 등을 Sorensen (1948), Simpon (1949), Shannon and Weaver (1963), Pielou (1966) 등의 방법으로 산출하여 비교 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 조사 지역의 개황

낙동강 수계의 중남부역에 위치한 황강의 중상류역에 축조된 합천다목적댐을 중심으로 6개의 조사 지점을 선정하였는데, 이 중에서 St. 2~5는 댐 내부이고, St. 1과 St. 6은 호수를 중심으로 위·아래에 위치한 곳이다. 즉 St. 2~5는 수심이 깊은 호수 수환경이고, St. 1과 St. 6은 여울성 하천 지역이다(Table 1).

댐 상류의 하천에 위치한 St. 1은 주변에 농경지가 많고, 하천 제방과 하상은 대부분 정비되어 있으나 군데군데 훼손된 부분이 많이 있었다. 하천에는 어류의 이동이 불가능한 보(물보)가 여러 군데에 설치되어 있다. 하천 주변에는 민가와 농경지가 많고, 인근 가까운 곳에 거창읍이 위치하고 있어 여기에서 발생되는 오염물질이 유입될 가능성이 많은 곳이다. St. 1의 수심은 20~80 cm 정도이고, 용존산소는 7.0~10.5 mg/L로 양호한 편이며, 하상 대부분은 자갈이고, 군데군데 모래가 많이 있는 곳도 있다. 합천댐 내부의 수역 중에서 최상부에 해당하는 St. 2는 가천천이 유입되는 관계로 여울성 하천의 영향을 받기도 한다. 특히 St. 2는 댐 내부이지만 주변의 수심이 얇기 때문에 계절의 영향을 많이 받는 곳으로 갈

Table 1. The environmental characters at six localities of the Hapcheon Lake of the Hwang River from May to October 2004

Characters	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6
Water temp. (°C)	16.7~23.8	17.0~24.6	17.0~25.5	17.3~25.8	17.8~26.3	11.8~18.2
DO (mg/L)	7.6~10.8	7.2~8.9	7.0~8.3	6.9~7.8	7.1~8.5	7.1~10.6
pH	6.7~7.2	6.4~7.4	6.8~7.6	6.8~7.8	6.6~7.4	7.0~8.1
SS (mg/L)	1.9~4.3	2.1~5.6	2.3~6.1	2.3~5.4	2.4~6.4	2.9~6.8
BOD (mg/L)	1.8~1.9	2.3~3.0	2.1~2.8	2.1~2.6	2.0~2.3	1.9~2.1
Bottom structure	Sand, pebble, rock	Pebble, rock	Clay, pebble, rock	Clay, pebble, rock	Clay, pebble, rock	Pebble, rock
River type	Bb	Bc	Bc	Bc	Bc	Bb

수기에는 수량이 줄어들어 바닥을 많이 노출하고, 다우기에는 넓은 수역을 형성하는 곳이다. 그러나 St. 3에서 St. 5까지는 수심이 비교적 깊어 건기나 다우기 때 댐 수심의 변화는 약간 생길 수 있으나, 그 영향이 댐 내부에 서식하고 있는 어류상에는 크게 미치지 않는 것으로 사료된다. 또한 합천댐 내부 수역은 수변의 경사가 심하고 물이 거의 정체하고 있으며, 댐 바닥은 대부분 흙이고, 부분적으로 자갈이나 큰 돌이 박혀 있다. St. 6은 조정지댐의 아래쪽에 위치한 곳으로 하상은 대체로 자갈, 돌 등이 많고 일부 지역에는 흙과 모래가 섞여 있는 곳도 있다. 이 곳은 합천댐에서 발전할 때 방류하는 수량에 따라 수온과 수심, 유량 및 유속 등이 크게 변한다. 특히 연중 수온이 다른 지점보다 5~8°C 정도 낮고, 서식처 수환경이 수시로 변화하기 때문에 안정된 어류 생태계를 이룰 수 없는 곳으로 판단된다. 현재 합천댐의 수질은 DO가 6.9~10.8 mg/L로 높은 편이고, BOD는 1.8~2.6 mg/L로 비교적 낮게 나타났다. Table 1에서 보는 바와 같이 SS는 1.9~6.8 mg/L로 대부분 낮은 값을 나타내고 있으나, 우기철에 상류로부터 많은 부유물이 합천댐 안으로 유입되는 관계로 이 시기에 SS값이 높게 나타나는 현상은 일시적으로 발생하는 계절적인 현상에 해당되며, 수질에는 큰 영향이 없을 것으로 사료된다. 따라서 합천댐 일대의 수환경은 어류 서식을 위한 생태적 여건이 비교적 양호한 상태라고 사료된다.

2. 어류상

2004년 5월부터 2005년 2월까지 합천댐을 중심으로 댐 내부와 주변에서 서식이 확인된 어류는 모두 12과 31속 36종으로 분류되었다 (Table 2). 본 조사 지역에서 출현 빈도가 가장 높은 우점종은 *Hemiculter eigenmanni*로 전체의 약 28.4%였고, 아우점종으로는 *Hemibarbus labeo*가 24.1%로 이들이 전체의 52.5%로 대단히 높은 비율을 나타내고 있었다. 여기에서 비록 계절적으로 출

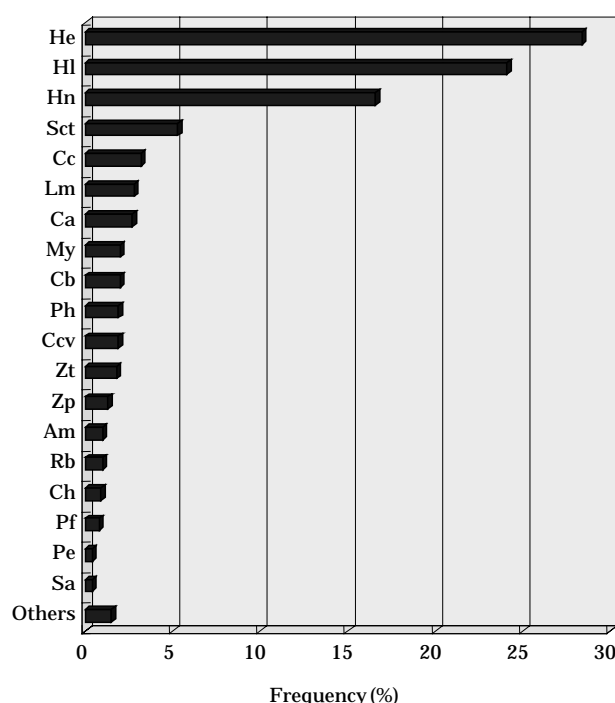


Fig. 2. Relative abundance of important species collected from the Hapcheon Lake. He, *Hemiculter eigenmanni*; Hl, *Hemibarbus labeo*; Hn, *Hypomesus nipponensis*; Sct, *Squalidus gracilis tsuchigae*; Cc, *Cyprinus carpio*; Lm, *Lepomis macrochirus*; Ca, *Carassius auratus*; My, *Microphysogobio yaluensis*; Cb, *Culter brevicauda*; Ph, *Pungtungia herzi*; Ccv, *Carassius cuvieri*; Zt, *Zacco temmincki*; Zp, *Zacco platypus*; Am, *Acanthorhodeus macropterus*; Rb, *Rhinogobius brunneus*; Ch, *Coreoperca herzi*; Pf, *Pseudobagrus fulvidraco*; Pe, *Pseudogobio esocinus*; Sa, *Sulurus asotus*.

현 빈도의 편차가 심하지만 2월에서 4월 사이에 집중적으로 출현하는 *Hypomesus nipponensis*가 전체 출현 어종의 약 16.6%로 많은 양이 출현하고 있어 본 합천댐에서 이들 3종이 전체의 69.1%의 높은 점유율을 나타내고

Table 2. A list and individual number of the fishes collected in Hapcheon Lake from May 2004 to Feb. 2005

Family and Scientific name (Korean name)	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Total	RA	Remark
Anguillidae (뱀장어과)									
<i>Anguilla japonica</i> (뱀장어)			2	1			3	0.06	Ph
Cyprinidae (잉어과)							0		
<i>Cyprinus carpio</i> (잉어)		29	31	45	63		168	3.2	Pr
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli) (이스라엘 잉어)			1	2			3	0.06	Pr, Ex
<i>Carassius auratus</i> (붕어)	6	25	28	47	36		142	2.7	Pr
<i>Carassius cuvieri</i> (떡붕어)		19	26	28	24		97	1.9	Pr, Ex
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> (납자루)	1	1					2	0.04	Pr
<i>Acheilognathus koreensis</i> (칼납자루)	3		4			1	8	0.2	Pr, E
<i>Acanthorhodeus macropterus</i> (큰납지리)	1	13	13	10	15		52	1.0	Pr
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> (쉬리)	2						2	0.04	Pr, E
<i>Squalidus gracilis majimae</i> (긴물개)	1	3	3				7	0.1	Pr, E
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> (참물개)	39	79	50	56	50		274	5.3	Pr, E
<i>Gnathopogon strigatus</i> (줄물개)						1	1	0.02	Pr
<i>Pseudorasbora parva</i> (참붕어)		6	7	3			16	0.3	Pr
<i>Microphysogobio yaluensis</i> (돌마자)	93	2				8	103	2.0	Pr, E
<i>Pungtungia herzi</i> (돌고기)	8	46	5	13	14	13	99	1.9	Pr
<i>Hemibarbus longirostris</i> (참마자)	1	1	1				3	0.06	Pr
<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)	8	5	5			2	20	0.4	Pr
<i>Hemibarbus labeo</i> (누치)	11	315	290	453	180		1,249	24.1	Pr
<i>Hemiculter eigenmanni</i> (치리)	6	366	358	401	337		1,468	28.4	Pr, E
<i>Culter brevicauda</i> (백조어)		26	20	34	23		103	2.0	Pr
<i>Zacco temmincki</i> (갈겨니)	56	10					66	1.8	Pr
<i>Zacco platypus</i> (피라미)	3	10				52	65	1.3	Pr
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (끄리)						4	4	0.08	Pr
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (버들치)	2					1	3	0.06	Pr
Cobitidae (미꾸리과)									
<i>Niwaella multifasciata</i> (수수미꾸리)	2	2					4	0.08	Pr, E
<i>Cobitis cf. sinensis</i> (기름종개)	1					2	3	0.06	Pr
Siluridae (메기과)									
<i>Silurus asotus</i> (메기)		5	7	8	3		23	0.4	Pr
Bagridae (동자개과)									
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> (동자개)		2	10	12	15		39	0.8	Pr
Amblycipitidae (통가리과)									
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> (자가사리)	1	2					3	0.06	Pr, E
Osmeridae (바다빙어과)									
<i>Hypomesus nipponensis</i> (빙어)		206	250	210	164	31	861	16.6	Ph
Centropomidae (꼭지과)									
<i>Coreoperca herzi</i> (꼭지)		7	9	12	18	1	47	0.9	Pr, E
<i>Siniperca scherzeri</i> (쏘가리)				2	4		6	0.1	Pr
Odontobutidae (동사리과)									
<i>Odontobutis platycephala</i> (동사리)	3					1	4	0.08	Pr, E
Gobiidae (망둑어과)									
<i>Rhinogobius brunneus</i> (밀어)	1	4	28	20		1	54	10.	Ph
Channidae (가물치과)									
<i>Channa argus</i> (가물치)			1	1			2	0.04	Pr
Centrarchidae (검정우럭과)									
<i>Lepomis macrochirus</i> (블루길)		15	23	39	69		146	2.8	Pr, Ex
합 계	249	1199	1172	1397	1015	146	5,178		

Pr, primary fish; Ph, peripheral freshwater fish; Ex, Exotic fish; E, endemic species; RA, relative abundance

있었다. 이들 외에 *Squalidus chankaensis tsuchigae*가 5.2%, *Cyprinus carpio*가 3.2%, *Lepomis macrochirus*가 2.8%, *Carassius auratus*가 2.7%의 등의 순이었다(Table

2; Fig. 2). 본 조사 구역에서 출현하는 어류 중에 과단위의 분류군별로 비교하여 보면 Cyprinidae 어류가 24종으로 전체의 66.7%로 가장 많은 종이 출현하였고, 그외

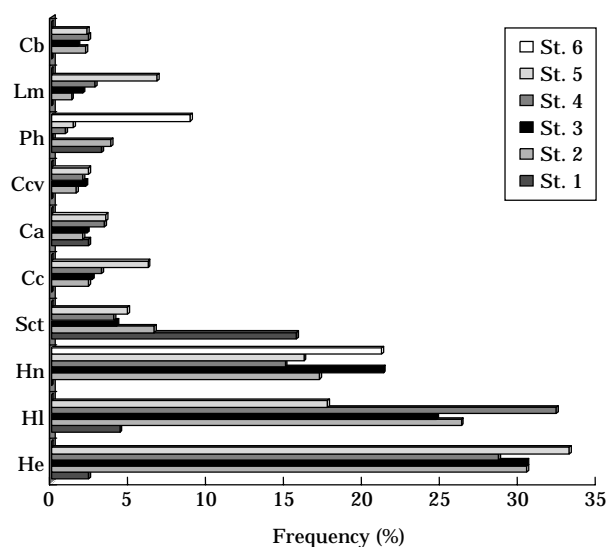


Fig. 3. Comparisons of individual frequency of important species collected from the each localities of Hapcheon Lake in the Hwang river system. Cb, *Culter brevicauda*; Lm, *Lepomis macrochirus*; Ph, *Pungtungia herzi*; Ccv, *Carassius cuvieri*; Ca, *Carassius auratus*; Cc, *Cyprinus carpio*; Sct, *Squalidus gracilis tsuchigae*; Hn, *Hypomesus nipponensis*; Hl, *Hemibarbus labeo*; He, *Hemiculter eigenmanni*.

Cobitidae와 Centropomidae가 각각 2종씩으로 5.6%씩이고, 기타 Angullidae, Siluridae, Bagridae, Amblycipitidae, Osmeridae, Odontobutidae, Gobiidae, Channidae, Centrarchidae 등은 각각 1종씩 출현하고 있었다.

합천댐 일대에서 출현하고 있는 어종 가운데 각 지점에서 모두 출현한 어류는 *Pungtungia herzi*였고, 수온이 연중 가장 낮은 St. 6를 제외한 모든 지점에서 출현하고 있는 어류는 *Carassius auratus*, *Acanthorbodeus macropterus*, *S. chankaensis tsuchigae*, *H. labeo*, *H. eigenmanni* 등 5종이었다. 또한 *H. nipponensis*와 *Coreoperca herzi*는 St. 1을 제외한 5개 지점에서 출현이 확인되었으나, 이중 *C. herzi*는 St. 1에서도 출현할 가능성이 매우 높은 종이므로 *C. herzi*도 분포 범위가 매우 넓은 종으로 사료된다 (Fig. 3). 한편 St. 1과 St. 6을 제외한 St. 2~5의 4개 지점에서만 출현한 어종은 *C. carpio*, *C. cuvieri*, *Pseudobagrus fulvidraco*, *L. macrochirus* 등의 5종이었는데, 이들 종은 수량이 풍부하고 수심이 깊은 호수성 수환경을 좋아하는 어류들이므로 앞으로 개체군의 크기가 계속 증가할 것으로 사료된다. 댐 안에서 서식이 확인된 어류 중 *Acheilognathus lanceolatus*, *A. koreensis*, *Coreoleuciscus splendidus*, *S. gracilis majimae*, *Gnathopogon strigatus*, *Microphysogobio yaluensis*, *Zacco temmincki*,

Z. platypus, *Rhynchocypris oxycephalus*, *Niwaella multifasciata*, *Cobitis sinensis*, *Liobagrus mediadiposalis*, *Odontobutis platycephala* 등은 댐 내부 보다는 댐에 유입되는 하천에서 주로 많이 서식할 것으로 사료된다. 댐 내부의 저수량의 변화는 지천의 수량 변화에 크게 영향을 미치게 될 것이므로, 합천댐 일대에 서식하고 있는 어류 군집의 서식 환경을 안정시키기 위해서는 댐 내부의 수량의 변화를 최소화 하여 주변 하천의 수환경 변화를 적게 하는 것이 중요하다고 본다.

한편 각 조사 지점별로 보면, 우점종인 *H. eigenmanni*는 St. 2, 3, 5에서 가장 많이 출현하였고, *H. labeo*는 St. 4에서, *M. yaluensis*는 St. 1에서, *Z. platypus*는 St. 6에서 가장 많이 출현하였으나, 전반적으로 합천호 일대에서는 *H. eigenmanni*와 *H. labeo* 그리고 *H. nipponensis*가 가장 많이 출현하는 어종으로 확인되었다 (Fig. 3).

최근 이 (2003)는 본 합천댐에서 모두 9과 17속 19종을 보고하면서 *Erythroculter erythropterus*가 출현한다고 보고하였으나, 이번 조사에서 확인되지 않았을 뿐 아니라 본 종의 서식환경의 특성으로 보아 본 합천댐에서는 출현하지 않을 것으로 사료된다. 한편 이와 김 (2002)은 황강과 인접해 있는 남강에 축조된 진양호에서 12과 33속 44종을 기록하였으며, 여기에서도 *H. eigenmanni*가 우점종으로 나타난 점은 합천댐과 같았으나 아우점종이 *Pseudorasbora parva*였다는 점이 다소 다르게 나타났다. 또한 양 등 (1997a, b)은 낙동강 수계의 중상류에 위치하고 있는 안동댐에서 38종을, 임하댐에서는 34종을 확인하여 보고한 바 있었는데, 여기에서도 *H. eigenmanni*가 우점종으로 서로 유사한 현상을 나타내고 있었다. 그러나 채 등 (1990)은 낙동강 수계의 하나인 위천에서 40종을 보고하면서 우점종을 *Z. temmincki*로, 아우점종을 *Z. platypus*로 보고하였고, 채 등 (1999)도 밀양강에서 역시 위천과 유사한 결과를 보고하였다. 그러나 합천호 어류상은 주로 호수성 수역인 관계로 여울성 하천과는 어류의 종 조성 및 출현률에서 많은 차이점을 나타내고 있다는 것을 알 수 있었다.

본 조사 구역에서 출현하는 어류 중에서 외국에서 도입되었거나 우리나라의 다른 하천으로부터 유입된 어종은 *C. cuvieri*, *C. carpio* (Israeli), *L. macrochirus*, *P. fulviraco* 등 4종이었고, 그 외 *H. nipponensis*는 내수면 어족자원 육성의 증가를 위하여 합천호가 축조된 이후 인공적으로 치어를 방류하여 형성된 것으로 사료된다. 한편 이와 김 (2002)은 진양호에서 *C. cuvieri*, *L. macrochirus*, *Micropterus salmoides*, *P. koreanus* 등을 확인하였고, 양 등 (1997a, b)은 안동댐에서 *Ctenopharyngodon idellus*, *Aristichthys nobilis*, *C. cuvieri*, *L. macrochirus*,

Micropterus salmoides, *P. fulvidraco* 등을, 그리고 임하댐에서는 *C. cuvieri*와 *Salmo gairdneri irideus* 2종을 보고하였다.

3. 어류의 계절별 출현 현상

어류는 계절적으로 서식처 환경과 체내 생리적 변화 현상이 생길 수 있기 때문에 출현 빈도에서도 계절적인 영향을 많이 받는 동물군에 해당된다. 2004년 5월부터 2005년 2월까지 계절별로 종의 출현 빈도는 종에 따라

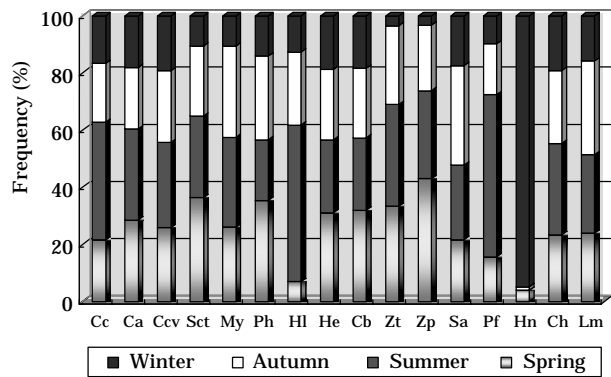


Fig. 4. Comparisons of seasonal variation of important species collected from the each localities of the Hapcheon Lake in the Hwang River. Cc, *Cyprinus carpio*; Ca, *Carassius auratus*, Ccv, *Carassius cuvieri*; Sct, *Squalidus chankaensis tsuchigae*; My, *Microphysogobio yaluensis*; Ph, *Pungtungia herzi*; Hl, *Hemibarbus labeo*; He, *Hemiculter eigenmanni*; Cb, *Culter brevicauda*; Zt, *Zacco temmincki*; Zp, *Zacco platypus*; Sa, *Sulurus asotus*; Pf, *Pseudobagrus fulvidraco*; Hn, *Hypomesus nipponensis*; Ch, *Coreoperca herzi*; Lm, *Lepomis macrochirus*.

서 상당한 차이를 나타내고 있었다 (Fig. 4). 대부분 어류의 출현은 봄철에 특히 다양한 어종이 출현하고 있는 것으로 나타났는데, 이 점은 거의 대부분 어류들이 겨울에 활동하지 않다가 봄에 수온이 상승하여 먹이 섭취 및 산란행동으로 활동 영역이 넓어짐으로 인해 출현 빈도가 높게 나타나고 있는 것으로 사료된다. 또 여름철은 수온이 상승하면서 어류들의 성장이 가장 많이 일어나는 시기이므로 먹이 섭취활동이 증가되고, 5~6월에 산란된 알의 부화와 함께 자치어들의 성장력이 크게 증가하면서 출현률이 증가하는 계절에 해당된다. 한편 가을에는 여름철에 나타난 출현률과 유사하나 전반적으로 낮게 나타났고, 겨울철이 되면 수온의 강하로 어류들이 호수 저층으로 내려가 월동하기 때문에 출현률이 감소하였다 (Fig. 4). 반면에 *H. nipponensis*는 냉수시기인 1~3월 중순사이에는 집중적으로 출현하고 있어 계절적으로 큰 차이를 나타내고 있었다 (Fig. 4).

4. 특산어종

본 조사에서 출현하고 있는 어류 중에서 우리나라의 특산어종은 모두 10종으로 우리나라의 전체 특산어종의 약 20.4%에 해당되고, 본 조사구역에서 출현하는 전체 어종의 약 28.3%의 비중을 나타내었다 (Table 2). 본 조사에서 출현한 우리나라의 특산 어종 중에서 *H. eigenmanni*와 *S. chankaensis tsuchigae*는 St. 1~5까지 분포 구역이 넓었고, 이 중 *H. eigenmanni*는 특산어종이면서도 본 조사 지역의 우점종으로 나타나고 있다. 또 *C. herzi*도 St. 2~6까지 역시 분포 구역이 넓었으나, 개체 출현률은 0.9%로 비교적 낮게 나타났다. 그 외 *A. koreensis*는 St. 1, 3, 6 등의 3개 지점에서, *S. gracilis maji-*

Table 3. Korean endemic species collected from Hapcheon Lake of the Hwang river

Family and scientific name	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Remark
Cyprinidae							
<i>Acheilognathus koreensis</i>	+		+			+	
<i>Coreoleuciscus splendidus</i>	+						
<i>Squalidus gracilis majimae</i>	+	+	+				
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	+++	+++	+++	+++	+++		
<i>Microphysogobio yaluensis</i>	+++	+				++	
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	++	+++	+++	+++	+++		
Cobitidae							
<i>Niwaella multifasciata</i>	+	+					
Amblycipitidae							
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>	+	+					
Centropomidae							
<i>Coreoperca herzi</i>		++	++	+++	+++	+	
Odontobutidae							
<i>Odontobutis platycephala</i>	+					+	

Abbreviation: +, below 5 individuals; ++, below 10; +++, over 11

mae는 St. 1, 2, 3에서, *M. yaluensis*, *N. multifasciata*, *L. mediadiposalis*는 St. 1과 2에서, *O. platycephala*는 St. 1과 St. 6에서, *C. splendidus*는 St. 1에서만 출현하고 있었다 (Table 3). 이들 중 *H. eigenmanni*와 *S. chankaensis tsuchigae*를 제외한 나머지 대부분 특산어종은 출현 지점도 협소할 뿐만 아니라 출현 개체 수에서도 매우 적은 편이었다. 그러나 *M. yaluensis*는 St. 1에서 다량 출현하고 있는 점으로 보아 황강의 여울성 수계에서는 널리 서식하고 있을 것으로 사료된다. 즉 *M. yaluensis*는 하상이 모래가 많고 자갈이 섞여 있으며, 물이 맑고 흐름이 약간 있는 곳을 좋아 하는 생태적 습성을 가지고 있어 St. 1과 같은 서식 환경이 조성되는 곳에서는 많이 출현할 수 있는 종으로 생각된다. 한편 본 조사 구역에서 확인된 특산어류 중에 St. 1에서는 9종이 출현하여 6개 조사 지점 중에 가장 많은 종이 서식하고 있었고, 다음으로는 St. 2가 7종, St. 3과 St. 6은 각각 4종씩, 그 외 St. 4와 5는 각각 3종씩이 출현하였는데, 이 점은 St. 1은 황룡강 중상류의 여울성 하천이었고, St. 2는 인접한 가천천이 접하고 있어 비교적 서식처 구조가 다양하기 때문에 댐 내부의 단순한 환경보다 다양한 어종이 출현하면서 특산어종도 많이 출현하였던 것으로 판단된다. 이 일대에서 출현한 특산 어종 중에 *H. eigenmanni*의 출현률이 가장 높았고, 그 다음은 *S. chankaensis tsuchigae*, *M. yaluensis*, *C. herzi*, *A. koreensis*의 순으로 나타났다.

한편 이와 김 (2002)은 진양호에서는 모두 17종의 특산어종을, 양 등 (1997a, b)은 안동댐에서는 11종을, 임하댐에서는 15종 등의 우리나라의 특산어종을 확인하여 보고한 것에 비하면 합천댐에서는 비교적 적은 종수가 확인되었다. 이점은 본 조사 지점 선정이 유입되는 하천보다는 댐 내부를 중심으로 수행된 점과도 관련이 있을 것으로 사료되며, 대체로 정체성 수계보다는 여울성 하천에서 다양한 어종과 특산어종이 출현하고 있다는 것은 잘 알려져 있다.

5. 어류의 생산량 분석

본 조사에서 출현하는 어류 가운데 주요 어종의 출현률과 생산량 관계를 비교한 결과는 Table 4에 나타내었다. *H. eigenmanni*의 출현률은 28.4%로 가장 높는데 반해, 생산량은 22.3%로, 출현률 24.1%인 *H. labeo*의 36.5%의 생산량에 비하여 약 14.2% 낮았다. 이 점은 비록 출현 빈도에서 *H. eigenmanni*가 높게 나타났으나, 개체별 체중이 *H. labeo*보다 작기 때문에 전체 생산량에서 *H. labeo*에 이르지 못하는 것으로 판단된다. 본 합천댐 수계에서 출현하는 *H. eigenmanni*와 *H. labeo*의 2종의 개체 출현률은 전체의 약 52.5%인데 반해 이들의 생산량의 합은 전체의 약 58.8%로 더 높은 비율을 차지하고 있었다 (Table 4). 한편 *C. carpio*는 비록 출현량에서는 3.2%로 적은 양이지만, 생산량에서는 전체 생산량의 7.5%로 높은 편이었고, 반면에 *H. nipponensis*는 출현률이 16.6%로 본 조사 구역 내에서 세 번째 많은 어종이지만 생산량에서는 *C. carpio*보다 적은 6.9%로써 역시 개체별 체중의 차이에 의한 결과라고 볼 수 있다. 이외에 *C. herzi*도 개체 출현률에서는 낮은 편이지만 댐 내부의 수역에서는 개체 크기가 큰 것들이 주로 출현한 관계로 전체 어류의 4.3%의 생산량을 나타내었다. 한편 *S. chankaensis tsuchigae*, *M. yaluensis*, *C. brevicauda*, *Z. temmincki*, *Z. platypus*, *R. brunneus* 등은 비교적 많은 수의 개체가 확인되었으나, 이런 종들은 종 자체의 크기가 소형이기 때문에 전체 생산량에는 큰 영향을 미치지 못하고 있다. 본 조사 구역에서 출현하는 어류 가운데 도입어종인 *C. cuvieri*와 *L. macrochirus*는 출현량과 생산량에서 상당히 큰 비중을 차지하고 있었다. 특히 일본이 원산지인 *C. cuvieri*는 출현량에서는 *C. auratus*보다 약간 낮게 나타났지만 생산량에서는 *C. auratus*보다 더 높게 나타났다 (Table 4). 또한 *L. macrochirus*는 우리나라에 도입된 이래 엄청나게 증가하여 우리나라의 거의 모든 하천과 호수에 정착하고 있다고 본다. 특히 육식 어류인 *L. macrochirus*는 *M. salmoides*와 더불어 우리

Table 4. Relationships between individual number and their biomass of the fishes

Division	Aj	Cc	Ccv	Ca	Pn	My	Hl	Am	He	Cb	Zt	Zp	Sct	Sa	Pf	Cz	Hn	Lm
No. of individual	3	168	97	142	99	103	1,249	52	1,468	103	94	65	274	23	39	47	861	146
%	0.06	3.2	1.9	2.7	1.9	2.0	24.1	1.0	28.4	2.0	1.8	1.3	5.3	0.4	0.8	0.9	16.6	2.8
Biomass (g)	1,360	6,856	2,040	1,850	700	384	33,235	347	20,337	3,390	593	607	714	1,939	1,080	3,933	6,292	3318
%	1.5	7.5	2.2	2.0	0.8	0.4	36.5	0.4	22.3	3.7	0.7	0.7	0.8	2.1	1.2	4.3	6.9	3.6

Aj, *Anguilla japonica*; Cc, *Cyprinus carpio*; Ccv, *Carassius cuvieri*; Ca, *Carassius auratus*; Ph, *Pungtungia herzi*; My, *Microphysogobio yaluensis*; Hl, *Hemibarbus labeo*; Am, *Acanthorhodeus macropterus*; He, *Hemiculter eigenmanni*; Cb, *Culter brevicauda*; Zt, *Zacco temmincki*; Zp, *Zacco platypus*; Sct, *Squalidus chankaensis tsuchigae*; Sa, *Silurus asotus*; Pf, *Pseudobagrus fulvidraco*; Cz, *Coreoperca herzi*; Hn, *Hypomesus nipponensis*; Lm, *Lepomis macrochirus*

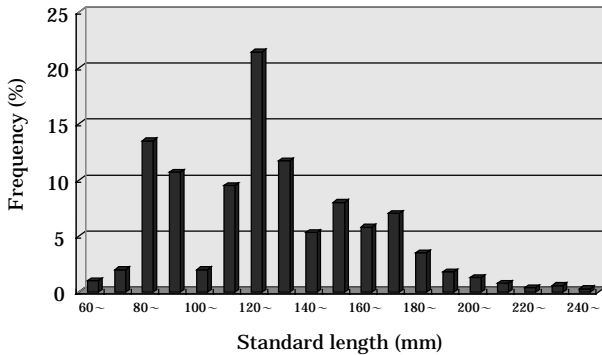


Fig. 5. Distribution of standard length of *Hemibarbus labeo*.

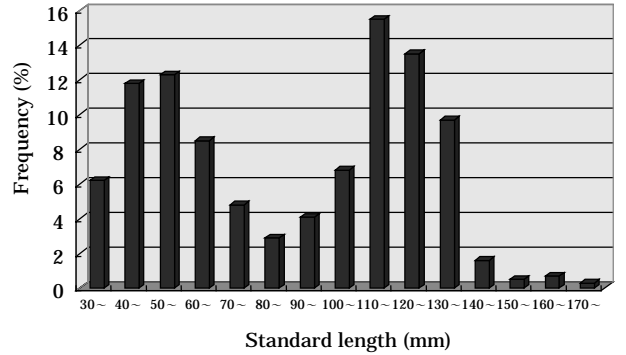


Fig. 6. Distribution of standard length of *Hemiculter eigenmanni*.

나라의 토종 어류의 생태계와 어류의 종 분포에 심각한 영향을 끼치고 있다고 본다.

6. 주요 어종의 연령 분포

어류의 성장 속도는 서식처 환경 요인에 의해서 크게 영향을 받고 있으며, 또 연령에 따라 체장 분포가 다르게 나타난다. 합천댐을 중심으로 주변 수계에 서식하는 어류 중에서 출현 빈도가 높은 *H. labeo*, *H. eigenmanni* 및 *H. nipponensis*를 대상으로 체장에 의한 연령 분포를 조사하였다.

1) 누치 *Hemibarbus labeo* (Pallas, 1776)

주로 수량이 많고 수심이 깊은 저수지나 유속이 느린 큰 강의 모래와 자갈이 깔려 있는 곳을 좋아 하는 *H. labeo*는 본 합천댐에서 연중 다량으로 출현하고 있었다. 본 조사 기간 동안에 채집된 표본을 중심으로 체장 분포를 보면 Fig. 5와 같다. 당 년생은 체장 100mm까지, 2년생은 100~140 mm, 3년생은 140~160 mm, 4년생 이상은 170 이상인 것으로 추정되며, 대형인 개체는 체장이 356 mm 이상인 것도 확인되었다. 본 합천댐에서는 체장이 80~90 mm인 1년생과 체장 110~130 mm인 2년생 개체가 가장 많이 출현하고 있었고, 140~180 mm인 3~4년생 개체들도 상당량이 출현하고 있었다.

2) 치리 *Hemiculter eigenmanni* (Jordan and Metz, 1913)

우리나라의 특산어종인 *H. eigenmanni*는 물 흐름이 완만한 곳이나 정체되어 있는 저수지의 표층에서 주로 서식하는 어류로, 대개 6~7월에 산란한다. 본 조사에서 다량 출현한 *H. eigenmanni*의 체장 분포를 보면 Fig. 6과 같다. 조사 구역에서는 당년생의 체장은 30~80 mm 정도이고, 2~3년생은 90~130 mm 정도인 것으로 추측

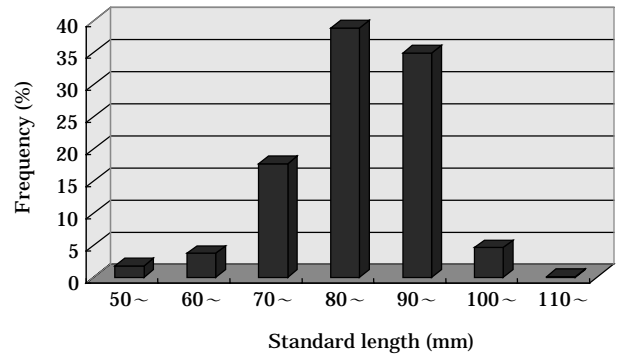


Fig. 7. Distribution of standard length of *Hypomesus nipponensis*.

된다. 한편 본 합천댐에서 서식하는 *H. eigenmanni*의 성장은 정 (1977)의 기재 내용과도 거의 비슷한 양상을 나타내고 있었다. 본 합천호에서는 당 년생을 포함하여 2~3년생이 주로 많이 서식하고 있었고, 이 중에 체장 100~130 mm 정도 되는 2~3년생 개체가 다량으로 출현하고 있었다.

3) 빙어 *Hypomesus nipponensis* McAllister, 1963

*H. nipponensis*는 합천호에서 내수면 어족 자원으로 중요한 역할을 하고 있는데, 대개 1월에서부터 4월 중순까지 많은 양이 출현하였다가 산란기가 되면 수심이 얕은 호수 주변으로 이동하여 바닥의 수초나 자갈에 산란하고 죽는다.

본 합천댐에서 출현하고 있는 *H. nipponensis*는 Fig. 7에서 나타난 바와 같이, 주로 체장 70~90 mm의 개체가 대량으로 나타나고 있었는데, 이들은 대부분 만 1년생으로 4~5월에 합천호의 수심 20~60 cm 정도 되는 모래, 자갈 바닥이나 수초에 산란 후 죽으며, 알은 침성,

Table 5. Biological indices of the fish community in 6 localities of Hapcheon Lake of the Hwang River

Division	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	Total
No. of species	21	25	23	20	15	14	36
No. of individual	249	1,199	1,172	1,397	1,015	146	5,178
Dominance	0.22	0.20	0.21	0.22	0.18	0.22	0.21
Diversity	0.85	0.87	0.86	0.84	0.89	0.79	0.85
Evenness	0.64	0.65	0.63	0.64	0.76	0.69	0.67

부착성란이다. 체장 10 mm 이상의 개체는 출현 빈도가 매우 낮았다.

7. 어류 군집구조 분석

생물군집 biotic community은 일정 지역이나 서식처에서 생활하고 있는 개체군의 집합체라고 규정할 수 있다. 일반적으로 군집은 독자적인 영양구조와 에너지 흐름을 갖춘 기능상의 특징을 가지고 있을 뿐만 아니라 구조상의 특징도 갖추고 있어서 특정 종의 생물들이 일정한 확률로 공존하고 있다. 그러나 종 개체군은 시간적으로나 공간적으로 어느 정도 교체될 수 있으므로 기능적으로는 같은 군집이라 하더라도 종 구성이 다를 수가 있다. 우리나라의 하천에는 많은 수의 댐이 축조되어 있으며, 여기에는 어류를 비롯하여 다양한 생물종이 서식하고 있다. 이들 생물 군집 중에 어류만을 중심으로 비교하여 본다고 하더라도 그 종 구성과 비율이 서식처의 환경과 지리적 위치, 먹이 생물의 분포 등의 많은 요인에 의하여 각각 많은 차이점을 나타내고 있는 것이 보통이다.

1) 우점도, 다양도, 풍부도 관계

합천댐 일대에 서식하고 있는 어류 군집 구조를 분석한 결과 평균 우점도 지수는 0.21, 다양도 지수는 0.85, 균등도 지수는 0.66으로써 전반적으로 종 분포가 다양한 편이고, 종 출현이 어느 한 개체군에 극단적으로 치우쳐 있지 않은 상태로 비교적 균등하게 분포되어 있다고 평가할 수 있다 (Table 5). 각 조사 지점별로 비교해 보면 우점도 지수는 St. 5에서 가장 낮은 0.18로 나타났는데, 이곳은 출현하는 종수는 비록 적었지만 종간 출현량의 편차가 크지 않았기 때문에 다양도 지수는 0.89이고, 균등도는 0.76으로 높게 나타난 것으로 사료된다. 그러나 St. 5를 제외한 지점에서는 주로 *H. eigenmanni*와 *H. labeo*의 출현률이 다른 종보다 월등히 많아 St. 5보다 약간 높은 우점도와 낮은 다양도 값을 나타내고 있는 것으로 판단된다. 그러나 전반적으로 우점도 지수

Table 6. Comparison of the similarity indices of the fish community at 6localities in Hapcheon Lake of Hwang River

Sites	1	2	3	4	5	6
1	1.00					
2	0.53	1.00				
3	0.33	0.66	1.00			
4	0.21	0.55	0.79	1.00		
5	0.21	0.54	0.58	0.75	1.00	
6	0.40	0.26	0.19	0.13	0.12	1.00

가 0.18~0.22로 나타난 것을 보면 본 조사 구역에서 출현하고 있는 어종들의 출현률이 어느 한종에 극단적으로 치우쳐 있지 않은 것으로 본다 (Table 5). 실제로 St. 1과 St. 6을 제외하고는 *H. eigenmanni*, *H. labeo*, *H. nipponensis*가 가장 많이 출현하면서도 서로 비슷한 값을 나타낸 것도 우점도 값이 낮게 작용한 것으로 사료된다. 반면에 각 조사 지점에서 출현하는 어류 군집 구조에서 다양도가 0.79~0.89이고, 균등도 지수가 0.63~0.76으로 비교적 높은 값이 나타났는데, 이런 현상은 각 지점에서 출현하는 어류 군집을 이루고 있는 어종들의 구성이 다양하게 구성되어 있고 균등한 종 분포를 유지하고 있다는 것을 말해주고 있다. 즉 St. 2~5까지 각 지점에서 다량으로 출현하였던 *H. eigenmanni*는 전체 출현 어종의 28.7~33.2%였고, *H. labeo*는 17.7~32.4%, *H. nipponensis*는 15.0~21.3%인 값이 서로 극단으로 치우치는 것을 완충 작용하였을 것으로 사료된다.

따라서 본 조사 구역에서 출현하고 있는 어류 군집 구조는 현재 상당히 양호한 상태로 평가할 수 있으며, 이것은 합천댐 일대 주변의 수환경 구조가 비교적 양호하게 유지되고 있는 결과라고 말할 수 있다.

2) 어류 군집 유사도

합천호를 중심으로 6개 조사 지점에서 출현하는 어류 군집간의 유사도 관계는 Table 6과 같다. 각 지점간의 군집 유사도를 보면 St. 3과 St. 4 사이 유사도가 0.79이고, St. 4와 St. 5는 0.75로, 3개 지점간의 유사도가 가장 높고 유사하게 나타난 것은 St. 3과 St. 4 그리고 St. 4와 St. 5는 합천댐의 내부이면서 위치상으로 서로 인접하고 있는 관계로 서식처 수환경의 여건과 구조가 유사하기 때문에 여기에 서식하는 어종에서도 공통점이 많은 결과라고 해석된다. 그러나 St. 3과 St. 5는 같은 호수 안쪽에 있으면서도 두 지점간의 유사도가 0.58로 댐 내부의 지점 간에서 가장 높게 나타났다. 이는 합천호에 유입되는 물이 거의 St. 3쪽에서 St. 5쪽으로 이동하여 오기 때문에 서로 인접하고 있는 지점인 St. 3과 St. 4 사이 또

St. 4와 St. 5 사이는 서로 직접 인접해 있고, 반면에 St. 3과 St. 5 사이는 같은 호수 내부이지만 거리의 차이가 있고, 호수 내 물 이동과 수심 등에서 차이가 있어 두 지점간의 수환경 구성 상태에서 실제로 많은 차이점이 있다는 것을 의미하는 것이다. 한편 조사 지점 6곳에서 출현하는 어종을 비교하여 보면 댐 내부에 위치한 St. 2, 3, 4, 5와 댐 외부에 위치한 St. 1과 St. 6 사이에는 출현하는 어류 군집의 조성과 군집 구조에서 많은 차이를 보였다. 즉 댐 외부에 해당되는 St. 1과 St. 6 사이의 군집 유사도는 0.40인데 반해 St. 1과 댐 내부에 해당되는 지점인 St. 3~5 사이의 유사도는 0.21~0.33으로 서로 낮은 관계를 나타내었다. 그러나 St. 1과 St. 2에서는 0.53으로 다른 지점과는 비교적 높게 나타났는데, 이 점은 St. 2에서는 가천천이 유입되어 여울성 어류 일부가 출현하고 있었기 때문인 것으로 사료된다. 그러나 댐 아래쪽에 해당되는 St. 6을 중심으로 St. 2~5 사이의 유사도 관계는 0.12~0.26의 매우 낮은 유사도를 나타내고 있고, 심지어는 유사한 여울성 하천인 St. 1과도 0.40으로, St. 6은 합천호 다른 지점의 어류 군집 구성과는 많은 차이가 있다는 것을 말해 주고 있었다. 이와 같이 St. 6의 어류 군집이 다른 지점과 많은 차이점을 나타내는 가장 큰 원인은 수온이라고 판단되며, 그 외 불규칙한 수량과 수심 및 유속에 의한 불안정한 서식처 환경 조성에 의한 결과라고 사료된다. 합천댐을 중심으로 이 일대 수계에서 서식하고 있는 어류 군집의 구조를 분석한 결과 댐 내부의 어류 군집은 서로 유사한 개체군으로 조성되었으나 여울지역의 어류 군집 구성과는 상당히 다르다는 것을 알 수 있었다.

적 요

본 연구는 2004년 5월부터 2005년 2월까지 합천호를 중심으로 댐 내부에서 4곳, 댐 상·하류 하천에서 각각 1곳씩 모두 6개 지점을 중심으로 어류상을 조사 분석하였다. 그 결과 모두 12과 31속 36종으로 확인되었다. 본 조사 기간동안에 출현한 어류 가운데 우점종으로는 *H. eigenmanni*로 전체 어류의 28.4%의 출현률을 나타내었고, 아우점종으로는 *H. labeo*가 24.1%였다. 또한 출현한 어류 중 생산량이 가장 높은 어종은 *H. labeo*로서 전체의 36.5%의 비중을 차지하였고, 다음으로는 *H. eigenmanni* 22.3%, *C. carpio* 7.5%, *H. nipponensis* 6.9%의 순이었다.

합천댐 일대에서 종별 출현빈도가 가장 높은 분류군은 Cyprinidae 어류가 24종으로 전체의 66.7%였고, 그

다음으로는 Cobitidae와 Centropomidae가 각각 2종씩이고, 나머지는 1종씩이었다. 본 조사 구역에서 출현하는 우리나라의 특산어종은 모두 10종, *A. koreensis*, *C. splendidus*, *S. gracilis majimae*, *S. chankaensis tsuchigae*, *M. yaluensis*, *H. eigenmanni*, *N. multifasciata*, *L. mediadiposalis*, *C. herzi*, *O. platycephala* 등이며, 이중 *H. eigenmanni*와 *C. herzi*는 출현 개체수가 많았으나, 그 외의 종은 비교적 희소하였다. 본 합천댐에서 출현하는 어류 중에서 외래어종은 *C. carpio* (Israeli), *C. cuvieri*, *L. macrochirus*이었고, 우리나라의 다른 하천에서 유입된 *P. fulviraco*가 확인되었다.

사 사

본 연구는 한국수자원공사의 2004년도 연구용역비의 도움을 받아 합천다목적댐 저수지 및 주변 지역 생태환경 조사연구의 일환으로 수행된 것임.

인 용 문 헌

- Pielou, E.C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collection. *J. Theoret. Biol.* 13 : 131~144.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Sorensen, T. 1948. A method of establishing group of equal amplitude in plant society based on similarity of species content. *K. Danske Vidensk. Selsk.* 5 : 1~34.
- Sympson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163 : 688.
- 可兒藤吉. 1944. 溪流昆蟲の生態. 研究社. 東京
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편 (담수어류). 교육부, 629 pp.
- 김익수·박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 462 pp.
- 양홍준·채병수·남명모. 1997a. 안동댐 유역의 어류상과 어류군집 구조. *한국육수학회지*, 30(4) : 437~356.
- 양홍준·채병수·황수옥. 1997b. 임하댐유역의 어류상과 어류군집구조. *한국육수학회지*, 30(2) : 145~154.
- 이종은. 2003. 합천댐 치어방류 효과 모니터링 보고서. 한국수자원공사 합천댐관리단.
- 이충렬·김용호. 2002. 진양호 일대의 어류상과 어류군집 구조. *한국어류학회지*, 14(3) : 173~182.
- 정문기. 1977. *한국어도보*. 일지사, 727 pp.
- 채병수·강영훈·양홍준. 1990. 낙동강수계 위천의 어류 군

- 집 구조. 한국어류학회지, 10(1) : 77~86.
- 채병수 · 남명모 · 강영훈 · 양홍준. 1999. 낙동강수계 밀양강의 어류군집구조. 한국육수학회지, 32(1) : 58~68.
- 최기철 · 이원규. 1994. 우리 민물고기 백가지. 현암사, 532 pp.
- 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목. 1990. 원색 한국담수어도감. 향문사, 277 pp.

Received May 1, 2005
Accepted June 4, 2005