

경상북도 경주시 저수지에서 채집된 어류상

유동재 · 한경호^{1,*} · 임후순² · 서원일³ · 이성훈¹

경상북도 민물고기연구센터, ¹수산해양대학, ²포항수산사무소, ³영광수산사무소

Ichthyofauna from Reservoirs in Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do, Korea by Dong-Jae Yoo, Kyeong-Ho Han^{1,*}, Hu-Soon Yim², Won-Il Seo³ and Sung-Hoon Lee¹ (Gyeongsangbuk-do Research Center for Freshwater Fishes, Ulljin 767-873, Korea; ¹College of Fisheries & Ocean Sciences, Chonnam National University, Yeosu 550-749, Korea; ²Pohang Fisheries Office, Pohang 791-120, Korea; ³Yeonggwang Fisheries Office, Yeonggwang 513-804, Korea)

ABSTRACT The ichthyofauna in certain reservoirs in Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do were studied from August 17 to September 22, 2005. During the study period, 22,747 individuals belonging to 25 species, 20 genera, 9 families and 4 orders were collected. Of these, 14 species were cyprinid fishes, and the dominant species was *Pseudorasbora parva* (relative abundance 52.28%). There were six Korean endemic species (8.51%), including *Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*, *Squalidus chankaensis tsuchigae*, *Squalidus mulimaculatus*, *Hemiculter eigenmanni*, *Pseudobagrus brevicorpus* and *Odontobutis platycephala* the dominant species was *Squalidus chankaensis tsuchigae* (7.59%). There were six introduced species (25.00%), of which *Hemiculter eigenmanni*, *Pseudobagrus fulvidraco* and *Hypomesus nipponensis* were introduced from other native stream systems (20.99%), and *Cyprinus carpio* (Israeli), *Carassius cuvieri* and *Lepomis macrochirus* were exotic species (4.01%).

Key words : Ichthyofauna, reservoir, Gyeongju

서 론

경상북도 동남부에 위치한 경주시는 면적이 1,319.7km²로 태백산맥의 지맥인 동대산맥과 단석산맥이 동부와 서부를 남북으로 뺨어 있어 동쪽의 해안지역, 중앙의 분지지역, 서쪽의 산악지역으로 구분된다. 이러한 지형적 특성은 경주시의 수계를 서면 인내산 동쪽 계곡에서 발원한 경주시의 중앙을 북류하여 포항시를 지나 동해로 유입하는 형산강 수계와 동쪽의 해안지역에서 바다로 유입하는 독립 소하천 수계로 나누어진다.

경주시는 경지면적의 250.3km² 가운데 69%에 달하는 172.6km²가 논으로서 논농사가 발달해 있으며, 영농에 필요한 용수를 적기에 공급하고, 각종 재난으로부터 각종 시설과 농작물을 보호하기 위하여 경주시에 총 74개의 댐호

와 저수지를 건설하여 관리하고 있다.

이러한 댐호와 저수지의 건립은 유수역에서 정수역으로 수역 성질을 변화시켜 정수역에 적응하지 못하는 어종은 유수역인 상류로 이동하거나 사멸하고, 정수역에 적합한 어종은 우점하게 되어 어류상이 변화하게 된다.

우리나라 정수역의 어류상에 대한 연구는 국내 주요 대형 댐호인 대청호(최 등, 1997), 팔당호(손 등, 1997), 주암호(성 등, 1997), 원동습지(양 등, 2001), 진양호(이와 김, 2002), 소양호(변 등, 1997; 최 등, 2003), 충주호(김 등, 2005), 청평호(김 등, 2005), 의암호(최, 2005), 합천호(이, 2005) 등에서 어류 서식 실태와 군집 변화에 대하여 보고된 바 있다. 경상북도에 위치한 정수역에서의 연구는 임하댐유역(양 등, 1997a), 안동댐유역(양 등, 1997b), 영천호(변 등, 2004) 및 포항시(유 등, 2008)에 분포하는 대형 댐호 및 저수지의 어류상과 군집구조에 대하여 조사된 바 있으나, 경주시 중·대형 저수지의 어류상에 대한 연구는 없는 실정이다.

*교신저자: 한경호 Tel: 82-61-659-3163, Fax: 82-61-655-0244,
E-mail: aqua05@chonnam.ac.kr

최근 국가나 지방자치단체 및 어촌계에서 경제성 어족자원의 증강을 목적으로 외래어종 및 타 수계로부터 도입종에 대해 상호 생태적 관계를 고려하지 않고, 무분별하게 방류하여 생태계 교란의 위험성이 대두되고 있다(유 등, 2008). 외래어종이 새로운 서식지에 도입되면 공생하는 유사종이 존재하지 않는 경우가 많고, 종간 경쟁이 적절하게 이루어지지 않아 생태적 확산이 쉽게 일어나며, 개체군이 급격히 증가하여 토착어종의 감소를 초래한다(Azuma, 1992). 특히 수체의 규모가 작고, 폐쇄적인 호수에 인위적으로 특정 생물을 방류하게 되면 개체군 증가에 따라 종다양성의 감소나 생태계의 혼란을 가중시켜 심각한 환경문제를 야기할 수도 있다(진, 1993; 손, 1994).

또한 우리나라에는 59종의 고유어종이 서식(김과 박, 2002)하고 있으며, 이중에서 다수의 어종이 천연기념물과 멸종위기종으로 지정되어 있다. 저수지 건립으로 인한 서식 환경 변화와 저수지에 방류된 외래어종과의 먹이경쟁은 고유어종의 서식생태를 위협하고 있는 중요한 요인이므로, 저수지 내에 서식하고 있는 고유어종의 서식현황을 파악하는 것은 매우 중요하다. 현재 생태계 교란의 문제가 되고 있는 일부 외래어종은 토착어종에 비하여 개체의 크기가 크고, 번식력이 높은 육식성 어종이 대부분으로 각종 어란과 치어 등을 포식하여 토착어종의 자원량이 감소하고, 반면 외래어종의 양은 급격히 증가하고 있는 실정이다(유 등, 2008).

따라서 이 연구는 경상북도 경주시의 중·대형 저수지에 서식하고 있는 어류상을 구명하여 우리나라 고유어종 및 외래어종의 서식 실태를 파악하고, 향후 효율적이며 안정적인 내수면 어족자원조성 및 관리를 위한 기초 자료를 얻고자 한다.

재료 및 방법

이 연구는 2005년 8월 17일부터 9월 22일까지 경주시 소재의 만수면적 10ha 이상인 저수지 13개를 선정하여 어류상 연구를 1회에 한하여 실시하였다(Fig. 1, Table 1).

어류의 채집은 저수지의 가장자리에 정치망(망목 5 × 5 mm, 폭 7 m) 2틀을 2일간 정치 후 수거하였으며, 채집된 어류는 현장에서 동정하여 계수와 생체량을 측정 한 후 즉시 방류하였고, 일부 표본은 10% formalin액으로 고정하여 실험실에서 동정하였다. 어류의 동정과 학명 사용은 정(1977), 김(1997), 김 등(2005) 및 이와 노(2006)를 따랐으며, 분류체계는 Nelson(1994)과 한국동물분류학회(1997)를 따랐다.

각 저수지의 군집구조 분석을 위해 다양도(Shanon and Weaver, 1963), 우점도(Simpson, 1949) 및 균등도(Pielou,



Fig. 1. Map showing the studied reservoirs in Gyeongju-si, Gyeongsangbuk-do.

1966) 지수를 산출하였다. 또한 출현한 어종별 개체수에 근거한 주성분 분석(Principal Component Analysis, PCA)을 통해 각 저수지간의 유연관계를 파악하였다.

조사대상 저수지와 하천과의 유연관계를 비교하기 위하여 대상 저수지와 직, 간접적으로 연결되어 있는 주변 하천의 어류상 연구 결과를 비교, 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 출현종 및 종조성

경주시 연구대상 저수지에서 출현한 어류는 총 4목 9과 20속 25종 22,747개체로 이들 중 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어종이 14종으로 가장 많은 출현 종수를 차지하였고, 망둑어과(Gobiidae)가 3종, 동자개과(Bagridae)가 2종, 미꾸리과(Cobitidae), 메기과(Siluridae), 바다빙어과(Osmeridae), 검정우렁과(Centrachidae), 동사리과(Odontobutidae), 가물치과(Channidae)에 속하는 어종이 각각 1종이었다(Table 2).

저수지에서 출현한 25종의 어종 중 참붕어(*Pseudorasbora parva*)가 총 11,893개체(52.28%) 채집되어 우점종이었고,

Table 1. General situation of the studied reservoirs in Gyeongju-si

Station	Reservoir	Location	Storage amount (1,000 ton)		Area (ha)	
			Total	Available	Basin	Reservoir
1	Oksanji	Oksan-ri, Angang-eup	2,361	2,139	750	17
2	Hagokji	Hagok-ri, Angang-eup	4,601	4,557	3,370	79
3	Wangsinji	Wangsin-ri, Gangdong-myeon	1,680	1,660	2,200	39
4	Seongji	Seongji-ri, Ceonbuk-myeon	576	576	803	24
5	Naetaeji	Naetae-ri, Hyeongok-myeon	870	858	400	13
6	Namsaji	Namsa-ri, Hyeongok-myeon	980	970	715	24
7	Simgokji	Simgok-ri, Seo-myeon	3,368	3,368	1,970	69
8	Pumsanji	Sinpyeong-ri, Geoncheon-eup	424	424	567	13
9	Songseonji	Songseon-ri, Geoncheon-eup	1,945	1,945	1,400	25
10	Hwagokji	Hwagok-ri, Naenam-myeon	1,228	1,120	955	23
11	Bakdalji	Bakdal-ri, Naenam-myeon	1,820	1,820	1,450	32
12	Myeonggyeji	Myeonggye-ri, Naenam-myeon	1,672	1,643	1,063	18
13	Hadongji	Hadong, Gyeongju-si	795	792	606	16

Table 2. The number of individual of the collected fishes at each station in Gyeongju-si

Species	Stations													Total	RA
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		
Cyprinidae															
<i>Cyprinus carpio</i>		1			2	2	2		3	2	1	3		16	0.07
<i>Cyprinus carpio nudus</i> (Israeli)						1								1	—
<i>Carassius auratus</i>	2	29	2	1	15	1	8	9	8	42	12	6	6	141	0.62
<i>Carassius cuvieri</i>						3								3	0.01
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>													36	36	0.16
<i>Rhodeus ocellatus</i>		43	210	37			2,171							2,461	10.82
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>													76	76	0.33
<i>Pseudorasbora parva</i>	16	321	48	92		1,908	770	42	7,320	376	23	39	938	11,893	52.28
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>		211							84	1,403		12	17	1,727	7.59
<i>Squalidus multimaculatus</i>			29											29	0.13
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>			19						13					32	0.14
<i>Zacco platypus</i>									30			63		93	0.41
<i>Zacco temminckii</i>			53	48								18		119	0.52
<i>Hemiculter eigenmanni</i>							29							29	0.13
Cobitidae															
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>													3	3	0.01
Bagridae															
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>							2		1				4	7	0.03
<i>Pseudobagrus brevicorpus</i>													31	31	0.14
Siluridae															
<i>Silurus asotus</i>		6			1		1	3	12			2		25	0.113
Osmeridae															
<i>Hypomesus nipponensis</i>		123	52	39		637	27		366	3,402			93	4,739	20.83
Centrarchidae															
<i>Lepomis macrochirus</i>	283	29	14	493				29				15	48	911	4.00
Odontobutidae															
<i>Odontobutis platycephala</i>						3	31		9					43	0.19
Gobiidae															
<i>Rhinogobius giurinus</i>	5			16	6	3	6	90	5	8	18			157	0.69
<i>Tridentiger brevispinis</i>							21							21	0.09
<i>Gymnogobius urotaenia</i>				19			12	2	87					120	0.53
Channidae															
<i>Channa argus</i>						22	4			8				34	0.15
Number of family	3	4	3	3	3	5	7	4	6	4	2	4	5	9	
Number of species	4	8	8	6	5	9	12	7	12	7	6	7	10	25	
Number of individuals	306	763	427	710	53	2,583	3,060	112	8,023	5,238	125	95	1,252	22,747	

RA: Relative abundance (%).

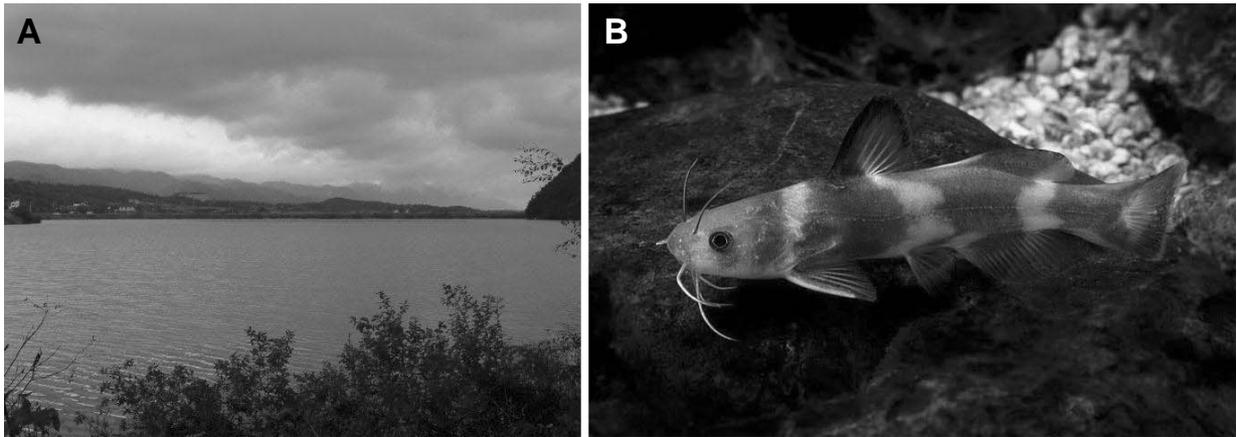


Fig. 2. View of Hadongji (A) and *Pseudobagrus brevicorpus* (B).

4,739개체 (20.83%)가 채집된 빙어 (*Hypomesus nipponensis*)가 아우점종, 흰줄납줄개 (*Rhodeus ocellatus*)가 2,461개체 (10.82%), 참물개 (*Squalidus chankaensis tsuchigae*)가 1,727개체 (7.59%), 블루길 (*Lepomis macrochirus*)이 911개체 (4.00%), 갈문망둑 (*Rhinogobius giurinus*)이 157개체 (0.69%), 붕어 (*Carassius auratus*)가 141개체 (0.62%), 꼭저구 (*Gymnogobius urotaenia*)가 120개체 (0.53%), 갈겨니 (*Zacco temminckii*)가 119개체 (0.52%), 피라미 (*Zacco platypus*)가 93개체 (0.41%), 참중고기 (*Sarcocheilichthys variegatus wakiyae*)가 76개체 (0.33%), 동사리 (*Odontobutis platycephala*)가 43개체 (0.19%) 등의 순이었다. 출현한 어종의 개체수 구성 순위가 높은 상위 5종의 총 개체수 비율은 95.52%이고, 나머지 20종이 4.48%를 차지하였다 (Table 2).

2. 한반도 고유어종 서식 실태

본 연구에서 채집된 한반도 고유어종은 참중고기, 참물개, 점물개 (*Squalidus multimaculatus*), 치리 (*Hemiculter eigenmanni*), 꼬치동자개 (*Pseudobagrus brevicorpus*), 동사리 등 6종, 1,935개체로 전체 저수지에서 출현한 어종의 개체수 구성비의 8.51%였고, 이중 참물개가 화곡지 (St. 2), 송선지 (St. 9), 하곡지 (St. 10), 명계지 (St. 12), 하동지 (St. 13) 등 5개의 저수지에서 총 1,727개체 출현하여 전체 개체수 구성비 7.59%를 차지하여 고유어종 중에서 가장 높은 출현율을 나타내었다 (Table 2).

꼬치동자개는 천연기념물 455호와 멸종위기야생동식물 I급으로 지정되어 있는 희귀 어종으로 정 (1977)은 낙동강, 금강 및 한강 상류에 분포한다고 보고하였고, 김과 박 (2002)은 낙동강 수계에만 서식한다고 보고하였다. 하지만, 유 등 (2008)은 경주시와 인접한 포항시 소재의 동해로 유입하는 독립 소하천인 청하천, 서정리천, 곡강천 수계 저수

지에서 꼬치동자개의 서식을 확인하였고, 본 연구에서도 경주시 하동지 (St. 13)에서 꼬치동자개 31개체가 출현하였다 (Table 2, Fig. 2). 하동지 (St. 13)는 대종천으로 유입하는 지류로 앞서 언급한 꼬치동자개 서식처 이외인 대종천 지류에서 꼬치동자개의 서식이 확인된 것은 이번이 최초이다. 하동지 (St. 13)를 관리하고 있는 한국농어촌공사와 인근 주민들에게 꼬치동자개의 방류 여부를 탐문하였으나, 방류 사실은 없었다. 다만 1990년대에 진주 생산을 위한 담수산 폐류를 양식하였고, 양식을 위한 모패 이식 과정에 꼬치동자개가 도입되었을 가능성이 있으며, 추후 대종천 본류 및 지류의 꼬치동자개 미세 분포 및 서식생태에 관한 추가적인 연구가 필요하다고 생각된다.

3. 외래어종 서식 실태

경주시에 위치한 저수지에서 채집된 외래어종은 4목 4과 6종 5,690개체로 전체 저수지에서 출현한 어종의 개체수 구성비의 25.00%를 차지하였다. 이중 국내 타지역에서 도입된 어종은 치리, 동자개 (*Pseudobagrus fulvidraco*), 빙어 3종 4,775개체 (20.99%)였다. 동자개는 남해와 서해로 유입되는 하천중 낙동강 이서에서 압록강까지의 남·서해안으로 흐르는 여러 하천에 분포한다고 하였으나 (정, 1977; 김과 박, 2002), 경제성 어족자원조성을 목적으로 댐호와 저수지에 방류하고 있으며, 심곡지 (St. 7), 송선지 (St. 9), 하동지 (St. 13) 등에서 서식이 확인되었다. 빙어는 우리나라 동해와 서해 바다에 서식하고, 산란을 위해 동해와 서해로 유입되는 하천으로 이동하며, 어족자원조성을 목적으로 지방자치단체에서 수정난을 댐호와 저수지에 이식하여 현재는 전국적으로 출현하며, 이번 연구에서도 하곡지 (St. 2), 왕신지 (St. 3), 성지지 (St. 4), 남사지 (St. 6), 심곡지 (St. 7), 송선지 (St. 9) 및 화곡지 (St. 10) 등에서도 서식이 확인되었다. 치리

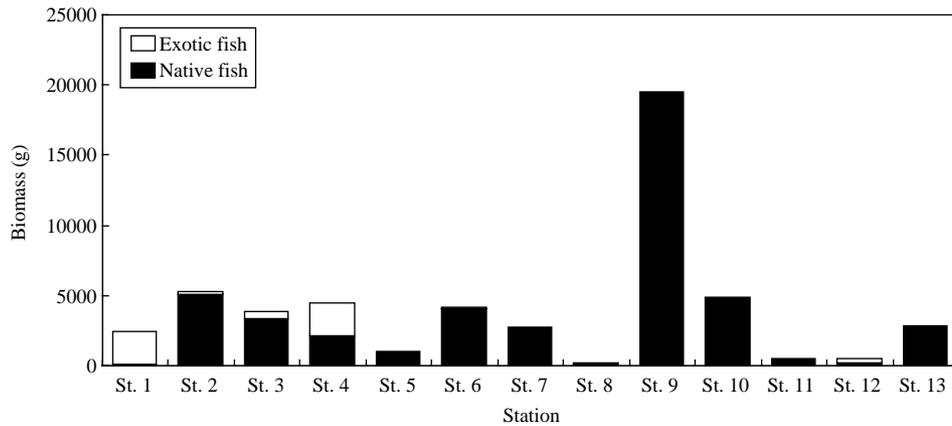


Fig. 3. Comparison of the biomass of collected fishes at each station in Gyeongju-si.

는 서해와 남해로 유입하는 하천 가운데 수원, 안성천, 금강, 만경강, 영산강과 섬진강에 서식한다고 보고하였으나 (김과 박, 2002), 낙동강의 대형 댐호와 지류에도 서식이 확인되었으며 (양 등, 1997a, b; 채와 박, 1998), 이 연구에서 형산강으로 유입하는 지류인 탐곡천 수계인 심곡지 (St. 7)에서도 서식이 확인되었다 (Table 2). 치리가 출현한 심곡지 (St. 7)는 타지역에서 도입된 동자개와 빙어가 함께 출현하였으며, 이들 어종의 이식 또는 방류시 함께 도입된 것으로 생각된다.

경주시 저수지에서 채집된 외래어종 중 국외에서 도입된 어종은 이스라엘잉어 (*Cyprinus carpio* (Israeli)), 떡붕어 (*Carrasius cuvieri*) 및 블루길 등 3종 915개체 (4.01%)가 출현하였다. 이스라엘잉어와 떡붕어가 남사지 (St. 6)에서 출현하였고, 환경부에서 생태계교란야생동·식물로 지정한 블루길은 이번 연구에서 옥산지 (St. 1), 하곡지 (St. 2), 왕산지 (St. 3), 성지지 (St. 4), 품산지 (St. 8), 명계지 (St. 12) 및 하동지 (St. 13) 등에서 출현하였으며, 전체 개체수 구성비의 4.00%를 차지하였다. 특히 옥산지 (St. 1)와 성지지 (St. 4)에서는 블루길의 구성비가 각각 92.48%와 69.44%로 매우 높게 나타났다 (Table 2). 또한 블루길이 출현한 저수지에서는 하동지 (St. 13)을 제외하고 각 저수지별 전체 출현개체수가 타 저수지에 비하여 비교적 적어 외래종인 블루길이 저수지 내 어류군집에 영향을 끼치고 있는 것으로 생각된다.

4. 생체량

연구대상 저수지에서 채집된 어류의 생체량은 모두 52,376.79g이었으며, 각 저수지별로 송선지 (St. 9)가 외래어종의 출현없이 토착어종이 19,513.4g (37.26%)로 가장 많은 생체량을 나타내었고, 다음은 화곡지 (St. 2)가 5,299.2g (10.12%), 하곡지 (St. 10)가 4,842.3g (9.25%), 성지지 (St. 4)가 4,503.9g (8.60%), 남사지 (St. 6)가 4,170.6g (7.96%), 왕

신지 (St. 3)가 3,851.8g (7.35%), 하동지 (St. 13)가 2,851.4g (5.44%), 심곡지 (St. 7)가 2,699.3g (5.15%), 옥산지 (St. 1)가 2,473.8g (4.72%)를 차지하였으며, 그 외 다른 연구대상 저수지에서는 1,000g 이하의 적은 생체량을 나타내었다 (Fig. 3).

송선지 (St. 9)의 생체량이 월등히 높았던 이유는 타 저수지와 비교하여 출현한 어류의 개체수도 많았지만, 중대형 메기가 12개체 출현하였기 때문이다.

경주시의 총 13개소 연구대상 저수지에서 외래어종이 출현한 저수지는 옥산지 (St. 1), 화곡지 (St. 2), 왕산지 (St. 3), 성지지 (St. 4), 남사지 (St. 6), 품산지 (St. 8), 명계지 (St. 12), 하동지 (St. 13) 총 8개소로서 이중 옥산지 (St. 1)에서는 외래어종이 2,350.3g을 차지하여 옥산지 (St. 1) 전체 생체량의 95.01%를 차지하였으며, 다음은 성지지 (St. 4)가 2,394.8g (53.17%), 명계지 (St. 12)가 262.5g (55.16%) 등의 순으로 높은 외래어종 생체량을 나타내었다 (Fig. 3).

5. 군집분석

1) 우점도, 종다양도 및 균등도 지수

우점도 지수는 0.46~1.00 범위로 하동지 (St. 13)에서 가장 낮았고, 하곡지 (St. 10)에서 가장 높았다. 대부분의 저수지에서 우점도 지수가 0.6 이상으로 높은 편이었으며, 이는 흰줄납줄개, 참붕어, 참몰개, 빙어와 같은 일부 어종이 다량으로 출현하였기 때문이다 (Table 3).

종다양도 지수는 0.01~1.93 범위로 심곡지 (St. 7)에서 가장 낮았고, 우점도 지수가 가장 낮은 하동지 (St. 13)에서 가장 높았으나 대체적으로 연구대상 저수지에서 2.0 이하의 낮은 종다양도 지수를 나타내었다 (Table 3).

균등도 지수는 0.01~0.84 범위로 우점도 지수가 가장 높은 하곡지 (St. 10)에서 가장 낮았고, 우점도 지수가 가장 낮은 하동지 (St. 13)에서 가장 높았다 (Table 3).

Table 3. Ecological characteristics of the fish communities at each reservoirs in Gyeongju-si

Station	No. of species	No. of individuals	Dominance	Diversity	Evenness
St. 1	4	306	0.98	0.33	0.24
St. 2	8	763	0.70	1.47	0.71
St. 3	8	427	0.62	1.57	0.75
St. 4	6	710	0.82	1.02	0.57
St. 5	5	53	0.66	1.29	0.80
St. 6	9	2,583	0.97	0.30	0.14
St. 7	12	3,060	1.00	0.01	0.01
St. 8	7	112	0.96	0.33	0.16
St. 9	12	8,023	0.64	1.57	0.63
St. 10	7	5,238	1.00	0.02	0.01
St. 11	6	125	0.92	0.97	0.47
St. 12	7	95	0.60	1.60	0.82
St. 13	10	1,252	0.46	1.92	0.84

Table 4. Loadings of the principal components for collected species in Gyeongju-si

Species	PCA 1	PCA 2	PCA 3
<i>Cyprinus carpio</i>	0.459	-0.130	-0.123
<i>Cyprinus carpio</i> (Israeli)	0.098	-0.054	-0.299
<i>Carassius auratus</i>	0.305	-0.029	-0.279
<i>Carassius cuvieri</i>	0.099	-0.053	-0.298
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>	0.078	0.440	-0.014
<i>Rhodeus ocellatus</i>	0.136	0.028	-0.03
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	0.078	0.439	-0.016
<i>Pseudorasbora parva</i>	0.325	-0.036	0.185
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>	0.154	-0.05	-0.302
<i>Squalidus multimaculatus</i>	0.035	-0.018	0.12
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	0.181	-0.059	0.271
<i>Zacco platypus</i>	0.162	-0.054	0.147
<i>Zacco temmincki</i>	0.045	-0.012	0.119
<i>Hemiculter eigenmanni</i>	0.13	0.029	-0.042
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	0.077	0.439	-0.014
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	0.192	0.401	0.032
<i>Pseudobagrus brevicorpus</i>	0.077	0.437	-0.013
<i>Silurus asotus</i>	0.311	-0.09	0.245
<i>Hypomesus nipponensis</i>	0.181	-0.055	-0.338
<i>Lepomis macrochirus</i>	0.026	0.045	0.028
<i>Odontobutis platycephala</i>	0.212	0.000	0.010
<i>Rhinogobius giurinus</i>	0.318	-0.098	0.252
<i>Tridentiger brevispinis</i>	0.027	-0.009	0.011
<i>Chanogobius urotaenia</i>	0.290	-0.080	0.275
<i>Channa argus</i>	0.164	-0.065	-0.401
Eigenvalues	8.132	5.234	3.83
Percentage (%)	26.563	17.097	12.509
Cumulative (%) of eigenvalue	26.563	43.66	56.17

2) 주성분 분석

각 연구대상 저수지별 유사도 및 정량적인 분석을 위하여 주성분(PCA) 분석을 수행하여 각 그룹을 결정하는 요인을 추출한 결과 총 8개의 주성분을 얻었으며, 고유값(eigenvalues)은 8.132에서 1.154의 분포를 나타내었다. 주요 2개의 주성분은 총 분산에 대한 누적 공통 분산의 비율이 43.660% 이었고, 제1주성분과 제2주성분은 전체 분산의

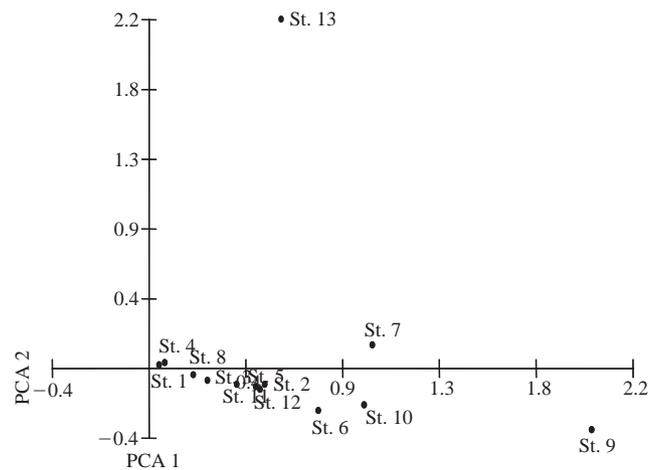


Fig. 4. Scattered diagram showing the fish species composition by 1-2 principal components from analysis of the quantitative characters in the reservoirs, Gyeongju-si.

각각 26.563%과 17.097%을 차지하였다(Table 4).

주성분 분석 결과 옥산지(St. 1), 화곡지(St. 2), 왕신지(St. 3), 성지(St. 4), 내태지(St. 5), 남사지(St. 6), 심곡지(St. 7), 품산지(St. 8), 하곡지(St. 10), 박달지(St. 11), 명계지(St. 12)의 그룹과 송선지(St. 9), 하동지(St. 13)로 구분되었다(Fig. 4).

제1주성분은 잉어(*Cyprinus carpio*), 붕어, 참붕어, 메기(*Silurus asotus*), 갈분망둑 등이 양의 주요한 벡터 요인이었다. 제2주성분은 큰납지리(*Acanthorhodeus macropterus*), 참중고기, 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 동자개, 꼬치동자개 등이 주요한 양의 벡터 요인이었으며, 잉어, 이스라엘잉어, 떡붕어, 참물개, 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*), 빙어 등은 주요한 음의 벡터 요인이었다(Table 4).

6. 하천과의 유연관계

경주시의 연구대상 저수지와 하천과의 유연관계를 분석

Table 5. Comparison of ichthyofauna between streams and reservoirs in Gyeongju-si

Species	Stream			Reservoir
	Chae and Yun (2002)*	Byeon and Bae (2003)*	Yang and Go (2004)*	Present study
Petromyzontidae				
<i>Lampetra reissneri</i>	•			
Cyprinidae				
<i>Cyprinus carpio</i>		•		•
<i>Cyprinus carpio nudus</i> (Israeli)				•
<i>Carassius auratus</i>	•	•	•	•
<i>Carassius cuvieri</i>				•
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>			•	•
<i>Rhodeus ocellatus</i>	•			•
<i>Acheilognathus rhombeus</i>		•		
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakyae</i>				•
<i>Pseudorasbora parva</i>	•		•	•
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>				•
<i>Squalidus multimaculatus</i>	•	•	•	•
<i>Pungtungia herzi</i>	•			
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	•	•		•
<i>Zacco platypus</i>	•	•	•	•
<i>Zacco temminckii</i>	•	•	•	•
<i>Hemiculter eigenmanni</i>			•	•
Balitoridae				
<i>Lefua costata</i>	•	•		
<i>Orthrias nudus</i>		•		
Cobitidae				
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	•	•	•	•
<i>Misgurnus mizolepis</i>		•	•	
<i>Cobitis hankugensis</i>	•		•	
<i>Iksookimia yongdokensis</i>	•	•	•	
Bagridae				
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>				•
<i>Pseudobagrus brevicorpus</i>				•
Siluridae				
<i>Silurus asotus</i>	•	•	•	•
Amblycipitidae				
<i>Liobagrus mediadiposalis</i>	•			
Osmeridae				
<i>Hypomesus nipponensis</i>				•
Adrianichthyidae				
<i>Oryzias latipes</i>		•		
Gasterosteidae				
<i>Pungitius kaibarae</i> ssp.	•			
Centrarchidae				
<i>Lepomis macrochirus</i>				•
Odontobutidae				
<i>Odontobutis platycephala</i>		•		•
<i>Odontobutis interrupta</i>			•	
Gobiidae				
<i>Rhinogobius giurinus</i>	•			•
<i>Rhinogobius brunneus</i>		•	•	
<i>Tridentiger brevispinis</i>	•			•
<i>Gymnogobius urotaenia</i>		•		•
Channidae				
<i>Channa argus</i>				•
Number of family	8	7	5	9
Number of species	18	17	14	25

* : This paper was written by Korean

하기 위하여 내남면과 탑정동 소재의 형산강 본류와 유입하는 소하천의 어류상(채와 윤, 2002), 황룡동, 천군동, 보문

동, 동방동, 실동, 시래동, 하동, 마동 소재의 형산강 수계 어류상(변과 배, 2003), 서면과 건천읍의 형산강 수계 어류상

(양과 고, 2003)을 이 연구의 결과와 비교하였다.

채와 윤(2002), 변과 배(2003) 및 양과 고(2003)의 결과에 의하면 경주시의 연구대상 저수지 주변 하천에는 총 6목 10과 26속 29종의 어류가 출현하여 저수지의 총 4목 9과 20속 25종 보다 4종이 더 많은 출현 종수를 나타내었다(Table 5).

하천과 저수지에서 모두 출현한 어종은 붕어, 큰납지리, 흰줄납줄개, 참붕어, 점물개, 버들치, 피라미, 갈겨니, 치리, 미꾸리, 메기, 동사리, 갈문망둑, 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*), 꼭저구 등 15종이었다. 하천에서만 출현한 어종은 다목장어(*Lampetra reissneri*), 납지리(*Acheilognathus rhombus*), 돌고기(*Pungtungia herzi*), 쌀미꾸리(*Lefua coastata*), 대륙종개(*Orthrias nudus*), 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*), 기름종개(*Cobitis hankugensis*), 동방종개(*Iksookimia yongdokensis*), 자가사리(*Liobagrus mediodiposalis* ssp.), 송사리(*Oryzias latipes*), 잔가시고기(*Pungitius kaibarae*), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*), 밀어(*Rhinogobius brunneus*) 등 13종으로 수계의 특성상 여울과 소가 반복되는 하천에는 하상구조가 자갈이나 모래의 저질 및 유수역의 환경을 선호하는 어종들이 다량 출현하였다. 저수지에서만 출현한 어종은 떡붕어, 참종고기, 참물개, 동자개, 꼬치동자개, 빙어, 블루길, 가물치(*Channa argus*) 등 8종이었고, 외래어종인 떡붕어, 동자개, 블루길 등 3종이 저수지에서만 출현하여 정수역을 선호하는 이들 종이 저수지내의 어류상에 영향을 끼쳤음을 알 수 있었다(Table 5).

요 약

2005년 8월 17일부터 9월 22일까지 경주시 소재의 만수면적 10ha 이상인 저수지 13개를 선정하여 어류상 연구를 실시하였다.

연구대상 저수지에서 출현한 어류는 총 4목 9과 20속 25종 22,747개체로 잉어과에 속하는 어종이 14종으로 가장 많은 출현 종수를 차지하였고, 참붕어가 총 11,893개체(52.28%) 채집되어 가장 우점하였다.

한반도 고유어종은 참종고기, 참물개, 점물개, 치리, 꼬치동자개, 동사리 등 6종이 1,935개체가 채집되어 전체 저수지에서 출현한 어종의 개체수 구성비 8.51%였고, 이중 참물개가 하곡지(St. 2), 송선지(St. 9), 화곡지(St. 10), 명계지(St. 12) 및 하동지(St. 13)에서 총 1,727개체(7.59%) 출현하여 고유어종 중 가장 높은 출현율을 나타내었다.

외래어종은 국내 타지역에서 도입된 어종이 치리, 동자개, 빙어 등 3종 4,775개체(20.99%)이었고, 국외에서 도입된 어종이 이스라엘잉어, 떡붕어, 블루길 등 3종 915개체(4.01%)이었다. 환경부에서 생태계교란야생동·식물로 지

정한 블루길이 911개체 채집되어 전체 개체수 구성비의 4.00%를 차지하였고, 옥산지(St. 1) 외 6개의 저수지에서 출현하였다.

사 사

이 연구는 경상북도 민물고기연구센터의 경상북도 내수면 어류상 연구사업에 의하여 지원되었으며, 어류 채집에 많은 도움을 주신 경상북도 민물고기연구센터 직원들께 감사의 뜻을 포함합니다.

인 용 문 헌

- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.
- 김익수·박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 477pp.
- 김익수·최 윤·이충렬·이용주·김병직·김지현. 2005. 한국어류도감. 교학사, 서울, 615pp.
- 김치홍·이완옥·이중관·홍관의. 2005. 청평호의 어류군집. 한국어류학회지, 17: 124-130.
- 김치홍·이완옥·홍관의·전형주. 2005. 충주호의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 17: 264-270.
- 변화근·전상린·김도한. 1997. 소양호의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 30: 352-335.
- 변화근·배욱이. 2003. 경주·포항, 만성리재 일대의 담수어류. 2003년 전국자연환경조사보고서(담수어류편).
- 변화근·이완옥·김동섭. 2004. 영천호의 어류상과 어류군집. 한국어류학회지, 16: 234-240.
- 성치남·백근식·최지혁·조현욱·김종홍. 1997. 주암호 지천의 수질과 어류군집. 한국어류학회지, 30: 107-118.
- 손영목. 1994. 외래어종에 의한 담수생태계 교란. 자연보존, 88: 30-33.
- 손영목·송호복·변화근·최재석. 1997. 팔당호의 어류군집 동태. 한국어류학회지, 9: 141-152.
- 양홍준·채병수·황수욱. 1997a. 임하댐유역의 어류상과 어류군집구조. 한국어류학회지, 30: 145-154.
- 양홍준·채병수·남명모. 1997b. 안동댐유역의 어류상과 어류군집구조. 한국어류학회지, 30: 347-356.
- 양홍준·금지돈·이용호. 2001. 원동습지의 어류상과 군집구조. 한국어류학회지, 13: 261-266.
- 양 현·고명훈. 2003. 영천·경주, 운주산 지역의 담수어류. 2003년 전국자연환경조사보고서(담수어류편).
- 유동재·한경호·이성훈·임후순·황재호·이진희·강경완. 2008. 경상북도 포항시 저수지에서 채집된 어류상. 한국수산학회지, 41: 363-370.
- 이충렬·김용호. 2002. 진양호 일대의 어류상과 어류군집 구조. 한국어류학회지, 14: 173-182.
- 이충렬. 2005. 합천호의 어류상과 어류 군집구조. 한국어류학회지,

- 17: 131-141.
- 이완옥 · 노세윤. 2006. 특징으로 보는 한반도 민물고기. 지성사, 서울, 432pp.
- 전상린. 1993. 한국산 담수어류의 현황과 보존대책. 자연보존, 84: 25-29.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, 727pp.
- 채병수 · 박상민. 1998. 포항, 내연산 그 일대의 담수어류. 1998년 전국자연환경조사보고서 (담수어류편).
- 채병수 · 윤희남. 2002. 경주 · 울산, 금오산 일대의 담수어류. 2002년 전국자연환경조사보고서 (담수어류편).
- 최신석 · 송호복 · 황수옥. 1997. 대청호의 어류 군집. 한국육수학회지, 30: 155-166.
- 최재석 · 이광열 · 장영수 · 고명훈 · 권오길 · 김범철. 2003. 소양호의 어류군집 동태. 한국어류학회지, 15: 95-104.
- 최재석. 2005. 의암호와 어류군집. 한국어류학회지, 17: 73-83.
- 한국동물분류학회. 1997. 한국동물명집. 아카데미서적, 489pp.
- Azuma, M. 1992. Ecological release in feeding behavior: the case of Bluegill in Japan. Hydrobiologia, 244: 269-276.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World (3rd ed.). John Wiley & Sons, New York. 600pp.
- Pielou, E.C. 1966. An Introduction to Mathematical Ecology. Wiley & Sons, Inc, New York, 286pp.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1963. The Mathematical Theory of Communication. Uni. Illinois Press, Urbana, 177pp.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of Diversity. Nature, 163: 688.