

만경강의 담수어류 및 외래어종의 분포

이완옥* · 김경환 · 김종화 · 홍관의

국립수산과학원 중부내수면연구소

Study of Freshwater Fish Fauna and Distribution of Introduced Species of Mankyong River, Korea by Wan-Ok Lee*, Kyeong-Hwhan Kim, Jong-Hwa Kim and Kwan-Eui Hong (Central Regional Inland Fisheries Research, NFRDI, Cheongpyeong, Gyeonggi-do 477-815, Korea)

ABSTRACT During studies of the fish fauna and communities of Mankyong River, which flows to the Yellow Sea, 14 families in 44 genera and 63 species of freshwater fishes were caught. *Zacco platypus* (27.7%) was the dominant species and *Z. koreanus* (11.3%) the subdominant species in this river. Twenty-three species of Korean endemic fishes appeared, and two of these, *Pseudopungtungia nigra* and *Liobagrus obesus*, represented endangered Korea species. Community structure of each branch stream was stable, showing appropriate dominant species: *Z. koreanus* in Jeonju Stream, *Z. platypus* in Kosan and Soyang Streams, and *Carassius auratus* in Mankyong main stream. Three introduced species appeared: *C. cuvieri*, *Micropterus salmoides*, and *Lepomis macrochirus*. Among these introduced species, *M. salmoides* expanded its territory from midstream to downstream because of its strong carnivorous tendency and it favoring of lentic waters. This distribution of *M. salmoides* affected the number and distribution of small native freshwater fishes, especially those in the sub-family Acheilognathinae.

Key words : Fish community, introduced species, Mankyong River

서 론

만경강은 전라북도 완주군 동상면 원등산(1,113 m)에서 발원하여 김제시와 군산시를 경계로 총 유로길이 98.5 km, 유역면적 1,602 km²에 달하며, 국가하천으로 분류되는 소양천과 전주천, 지방 1급 하천인 삼천천 등과 합류되어 새만금간척공사의 중심구간에서 서해로 유입 된다(새만금연구사업단, 1999). 만경강은 전라북도지역의 총 수자원량 2,488 백만 m³ 중 780.5백만 m³ (31.4%)을 점하고 있으며, 주로 농업용수(63.0%)로 이용되고, 일부는 생활용수(17.9%)와 공업용수(11.1%)로 이용되고 있으며, 나머지는 하천 유지용수(8.0%)로 이용되는 우리나라에서 6번째로 큰 강이다.

지금까지 만경강의 본류와 만경강으로 유입되는 지류에 서식하는 담수어류 조사는 여러 차례 이루어진 바 있으며(김과 김, 1975; 이 등, 1980; 김과 이, 1998; 황 2006), 이 중

에는 연구 논문으로 전주천의 수질오염과 어류군집의 변화에 관한 연구, 만경강의 일부 수역이나 전체에 대한 어류상을 중심으로 이루어진 보고서들이 다수 있다(국토연구원, 2000; 전북경제사회연구원, 2001; 한국생명공학연구원, 2001, 2002; 전북지역환경기술개발센터, 2002, 2004).

최근 새만금간척공사가 진행됨에 따라 점차 새만금호와 만경강 하구에 회유성 어류의 출현량이 크게 감소하였고, 1960년대 말부터 전국의 하천과 호수에 유입되고 있는 외래어종이 만경강에도 인위적 또는 부주의하게 다수 유입되어 어류분포와 군집에 대한 변화가 예상되고 있지만, 이에 대한 정밀조사가 이루어지지 않았다. 특히 이들 외래종 중에는 1969년 일본에서 도입된 블루길 *Lepomis macrochirus* (정, 1977)와 1973년 미국에서 배스 *Micropterus salmoides* 가 도입된 이후 1990년대까지는 주로 댐 호에 서식하였으나, 2000년대에 들어오면서 대형 하천의 중하류까지 서식처가 확장되면서 우리나라 담수생태계의 큰 위협요인으로 간주되고 있다(전, 1993; 손, 1994; 최 등, 1997; Jang, 2002;

*교신저자: 이완옥 Tel: 82-31-584-0333, Fax: 82-31-585-5310, E-mail: wolee@nfrdi.go.kr

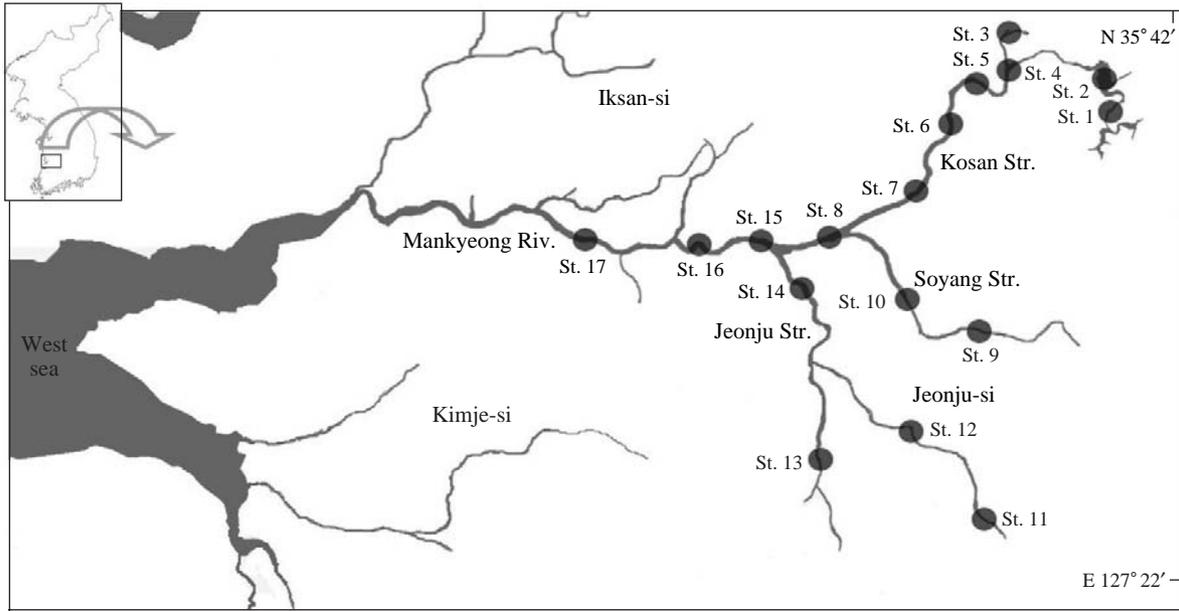


Fig. 1. Map showing the studied stations in the Mankyong River, Korea.

홍과 손, 2003). 특히 만경강 유역은 대부분 경사가 완만한 평야지대로 이루어져 있어서 유속이 느리고 정체된 수역을 선호하는 *Lepomis macrochirus*와 *Micropterus salmoides*가 중상류에까지 그 서식처를 확대할 수 있어서 만경강에 서식하는 기존 담수어류 군집에 큰 영향을 주고 있는 것으로 판단된다. 이에 따라 본 연구에서는 만경강 수역을 대상으로 외래도입종의 서식현황과 함께 이에 따른 만경강의 어류군집 변화를 조사하였다.

재료 및 방법

1. 조사 지점 및 기간

본 조사는 2006년 4월과 6월 그리고 9월 3회에 걸쳐 채집 및 환경조사를 실시하였고, 채집지점은 만경강의 중요한 지류인 고산천 상류에서 소양천, 삼천천, 전주천을 포함하여 본류까지 총 17개 지점이며, 조사일시와 조사장소는 아래와 같다(Fig. 1).

1) 조사일시

- 1차 조사 : 2006년 4월 10일~4월 11일
- 2차 조사 : 2006년 6월 21일~6월 22일
- 3차 조사 : 2006년 9월 21일~9월 22일

2) 조사장소

- St. 1 전북 완주군 동상면 대아리 산천(대아댐 상류)
- St. 2 전북 완주군 동상면 대아리(대아댐 안)

- St. 3 전북 완주군 고산면 신상리 댐 퇴수구(고산천)
- St. 4 전북 완주군 고산면 삼기리 남산교(고산천)
- St. 5 전북 완주군 고산면 읍내리(고산천)
- St. 6 전북 완주군 고산면 어우리 보아래(고산천)
- St. 7 전북 완주군 봉동읍 신성리 봉동교(고산천)
- St. 8 전북 완주군 봉동읍 하리 하리보(고산천)
- St. 9 전북 완주군 용진면 상삼리 상삼교(소양천)
- St. 10 전북 전주시 덕진구 호성동 소양교(소양천)
- St. 11 전북 전주시 완산구 색장동 운석골(전주천)
- St. 12 전북 전주시 완산구 교동 한벽루(전주천)
- St. 13 전북 전주시 완산구 구이면 원당리(삼천천)
- St. 14 전북 전주시 덕진구 전미동 용흥리(전주천)
- St. 15 전북 완주군 삼례읍 삼례리 삼례교(본류)
- St. 16 전북 전주시 덕진구 화전동 만경교(본류)
- St. 17 전북 김제시 백구면 백하리 수문(본류)

2. 조사 내용 및 방법

각각의 조사지점에서 서식환경을 조사하고, 어류 서식에 제한 요인이 될 수 있는 간단한 수질요인인 수온, DO, pH, Conductivity 등을 어류채집과 함께 조사하였다(YSI 556 MPS). 어류의 채집은 하천에서는 투망(망목 8×8 mm)을 10회 내외, 죽대(망목 6×6 mm)는 30분간, 유인어망(망목 6×6 mm)은 1시간 동안 가능한 정량적으로 조사하였으며, 대아저수지(St. 2)에서는 삼각망(망목 6×6 mm, 유도망 길이 50 m)과 자망(망목 15×15 mm, 길이 50 m, 폭 1.5 m)을 이용하여 각각 2~3일간에 걸쳐 채집하였다. 채집된 어류

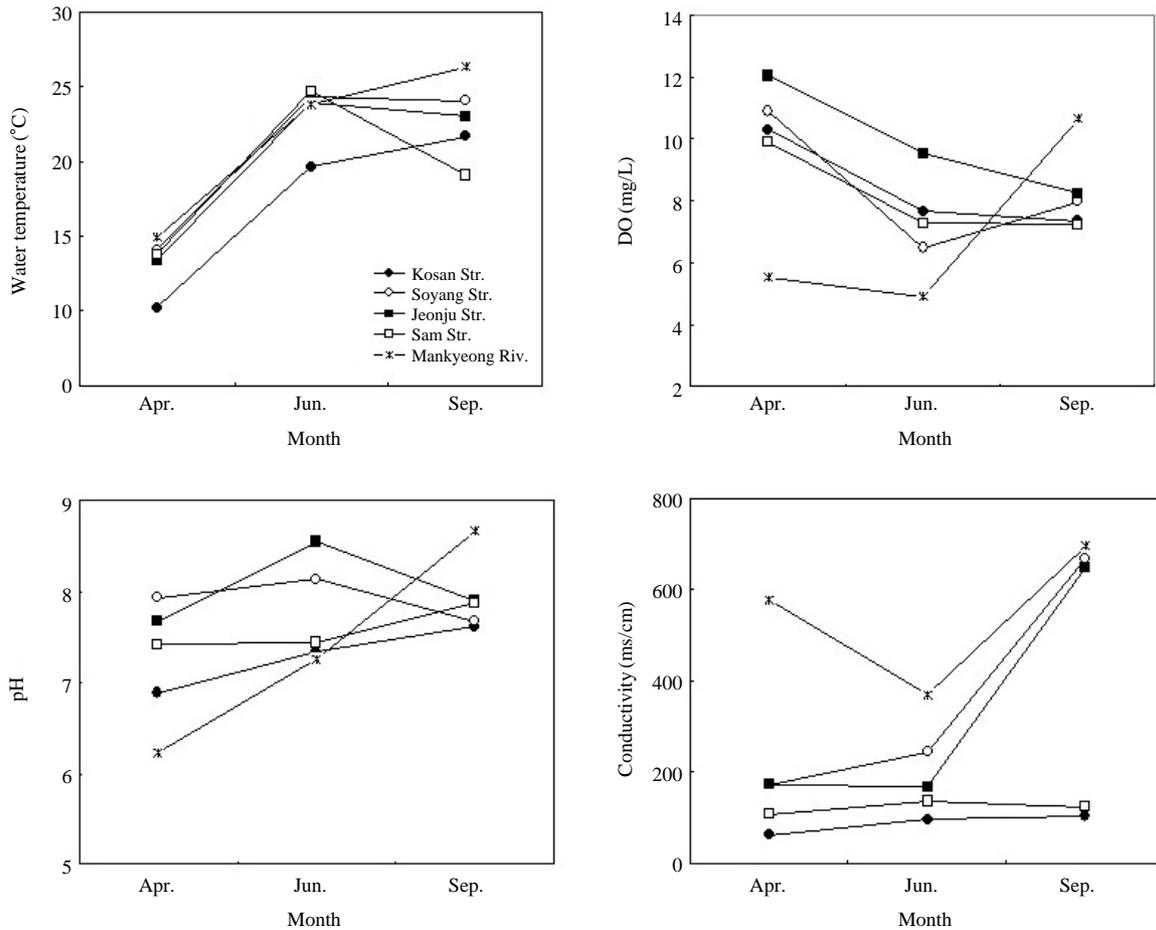


Fig. 2. The quality of water at each stream of Mankyong River, Korea.

는 현장에서 동정 및 계수한 후 즉시 재 방류하였으며, 종 동정은 김(1997)을 이용하였고, Nelson (1994)의 분류체계에 따라 정리하였다. 각 지점의 조사 자료를 근거로 생태지수를 분석하여 조사 지점간의 차이를 비교 분석하였다 (Simpson, 1949; Shannon and Weaver, 1963; Pielou, 1966). 외래도입종인 *Micropterus salmoides*의 분포에 따른 군집 변화는 이전 보고된 연구결과와 비교하여 논의하였다(김과 이, 1975; 이 등, 1980; 김과 이, 1998).

결과 및 고찰

1. 조사지역의 수질환경

조사수역인 만경강의 어류 서식환경을 살펴보면 유입 하천인 전주천은 전주시를 통과하면서 도시 생활오수가 지속적으로 유입되고 있으나, 전주천의 복원사업으로 상류는 양호하였다. 그러나 전주 공단을 지나는 전주천 하류에서는 전주시 팔복동에 위치한 하수종말처리장을 지나면서 많이

악화되었으며, 특히 조사 시 측정된 conductivity가 매우 높았고 이러한 오염원의 유입은 만경강의 전체 수질오염에 주도적인 역할을 하고 있었다(Fig. 2). 고산천은 최상류에 대야댐과 경천댐이 위치하고 있어서 맑은 수역을 유지하고 있으며, 이러한 수자원은 인공수로를 통해 이루어짐으로서 만경강 본류에 중요한 역할을 하고 있었다(조, 2007).

만경강의 수질오염에 대한 우려는 전 국민의 관심을 집중시킨 시화호의 오염문제와 유사하여 추후 새만금 간척사업에서도 수질오염이 해결되기 어려울 것으로 예상되었다. 따라서 최근 만경강의 수질을 향상시키기 위한 노력이 다양한 형태로 진행되고 있으나, 지금과 같이 만경강 지류에서 흘러오는 많은 오염원들의 저감대책이 없으면 새만금간척공사가 완료된 후에도 본류의 수질에는 큰 변화가 없을 것이며, 하류에 위치한 새만금호의 수질도 악화될 것으로 예상되었다. 그러나 조사기간 중에 조사장소에서 측정된 DO와 pH는 중하류에 서식하는 대부분의 담수어류에 영향을 주는 수준까지 악화되지는 않았다(Fig. 2).

Table 1. The list and individual number of collected fishes at each station of Mankyeong River, Korea

Species	Stations																	Total			
	Kosan Str.								Soyang Str.		Jeonju Str.			Sam Str.	Mankyeong Riv.			Indi.	RA (%)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	13	15	16	17				
Anguillidae																					
<i>Anguilla japonica</i> 뱀장어						1			1				1			1	11	15	0.26		
Cyprinidae																					
<i>Cyprinus carpio</i> 잉어		3								2			3			5	3	16	0.28		
<i>Carassius auratus</i> 붕어		28		3				5	6	27	6	5		1		8	100	189	3.30		
° <i>Carassius cuvieri</i> 떡붕어		16								1						1	15	33	0.58		
<i>Rhodeus ocellatus</i> 흰줄납줄개										63	13						23	99	1.73		
* <i>Rhodeus uyekii</i> 각시붕어				5	1	2	3		5									16	0.28		
<i>Rhodeus notatus</i> 떡납줄개				3	2				8						1			14	0.24		
<i>Acheilognathus lanceolatus</i> 납자루				13		9	18	13	2	3							1	59	1.03		
* <i>Acheilognathus koreensis</i> 칼납자루												6						6	0.10		
* <i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루				8	11	4	27	23							2			75	1.31		
<i>Acheilognathus rhombeus</i> 납지리				13		4	12	6	12	67								21	135	2.36	
<i>Acanthorhodeus macropterus</i> 큰납지리														1				1	2	0.03	
* <i>Acanthorhodeus gracilis</i> 가시납지리										28								36	64	1.12	
<i>Pseudorasbora parva</i> 참붕어		28						5	1		1		2					19	56	0.98	
<i>Pungtungia herzi</i> 돌고기		12	36	13	6	18	23	8	26	9	25	21			2	2		201	3.51		
■ <i>Pseudopungtungia nigra</i> 감돌고기							3											3	0.05		
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리				13	11	20			8	4	5	12						73	1.27		
* <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기			3		1	4												8	0.14		
* <i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i> 중고기			5	1			4		4	3						2	1	20	0.35		
<i>Gnathopogon strigatus</i> 줄물개			1					1	11	3								16	0.28		
* <i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개		41	4			2		2	24	3								76	1.33		
* <i>Squalidus japonicus coreanus</i> 물개																		6	6	0.10	
* <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> 참물개													8					3	11	0.19	
<i>Hemibarbus labeo</i> 누치								1	17				25			28	33	104	1.82		
<i>Hemibarbus longirostris</i> 참마자		8	10	10	3	14	3	8	17	25	8	16		42				164	2.86		
<i>Pseudogobio esocinus</i> 브래무치		5	5			3	3		13	31	2	12				15	32	121	2.11		
* <i>Abbottina springeri</i> 왜매치						2	6	2	60									70	1.22		
* <i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자				8		2			37		6							53	0.92		
* <i>Microphysogobio jeoni</i> 뽕경모치																	3	3	0.05		
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 버들치				3		1			17	3	44			6				74	1.29		
<i>Aphyocypris chinensis</i> 왜물개									1									1	0.02		
<i>Zacco temmincki</i> 갈겨니				25		5			15		38							83	1.45		
* <i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니	48		213	7	15	116	48	5	6		62	125						645	11.26		
<i>Zacco platypus</i> 피라미	1	737	21	25	33	34	23	53	88	191	41	40	48	170	1	63	21	1590	27.75		
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> 끄리		134									23		14					34	11	216	3.77
<i>Squaliobarbus curriculus</i> 눈물개																		13	3	16	0.28
<i>Erythroculter erythropterus</i> 강준치																		12	12	0.21	
* <i>Hemiculter eigenmanni</i> 처리																		16	16	0.28	
Cobitidae																					
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> 미꾸리				3	2			1	7	19	1			10	2		13	58	1.01		
* <i>Iksookimia koreensis</i> 참중개	7		23	2	16	4	6	5	65	27	44	4		50	2			255	4.45		
<i>Cobitis lutheri</i> 점줄중개		5	13	2			6	18	27	5				18				94	1.64		
Bagridae																					
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> 동자개		14																14	0.24		
* <i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개		1		1	5	14	1	23		5		2		4				56	0.98		
<i>Leiocassis ussuriensis</i> 대농갱이		3																3	0.05		
<i>Leiocassis nitidus</i> 밀자개																	1	1	0.02		
Siluridae																					
<i>Silurus asotus</i> 메기		6																	6	0.10	
Amblycipitidae																					
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i> 자가사리						3													3	0.05	
■ <i>Liobagrus obesus</i> 통사리					1	1													2	0.03	
Osmeridae																					
<i>Hypomesus nipponensis</i> 빙어		4	1																5	0.09	

Table 1. Continued.

Species	Stations																	Total		
	Kosan Str.							Soyang Str.		Jeonju Str.			Sam Str.			Mankyeong Riv.			Indi.	RA (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	13	15	16	17			
Mugilidae																				
<i>Mugil cephalus</i> 숭어																		1	1	0.02
<i>Chelon haematocheilus</i> 가숭어										3								15	18	0.31
Adrianichthyidae																				
<i>Oryzias sinensis</i> 대륙송사리													2		1				3	0.05
Cottidae																				
<i>Trachidermus fasciatus</i> 꺾정어																		7	7	0.12
Centropomidae																				
<i>Siniperca scherzeri</i> 쏘가리		8								1									9	0.16
* <i>Coreoperca herzi</i> 꺾지						15	8					23			1				47	0.82
Centrarchidae																				
° <i>Lepomis macrochirus</i> 블루길		233										1	2	2	1				239	4.17
° <i>Micropterus salmoides</i> 배스								16		12			2	6		34	13		83	1.45
Odontobutidae																				
* <i>Odontobutis platycephala</i> 동사리		3	5	3	2	4		1				13	1				2		34	0.59
* <i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리					1	4		3	6										14	0.24
<i>Micropercops swinhonis</i> 좁구굴치									1										1	0.02
Gobiidae																				
<i>Rhinogobius brunneus</i> 밀어	19	3	11	2	6	5		8	39	15	2		3	69	3	2	2	189	3.30	
<i>Tridentiger bifasciatus</i> 민물두줄망둑																			15	0.26
<i>Tridentiger brevispinis</i> 민물검정망둑										1				207		3	1	212	3.70	
Total	No. of Individual	75	1,292	393	135	121	332	176	179	625	472	299	267	110	586	18	223	427		5,730
	No. of Species	4	20	19	19	17	25	15	20	27	26	16	12	11	13	11	15	29		63
	No. of Family	3	9	5	5	6	8	4	6	4	8	5	5	5	5	7	4	8		14

* : Korean endemic species, ° : Exotic fish species, ■ : Endangered species, RA : Relative abundance (%).

2. 만경강의 어류상

본 연구기간 동안 채집된 어류는 총 14과 44속 63종 5,730개체이며 (Table 1), 이중 잉어과 Cyprinidae 어류가 37종 (58.7%)으로 가장 많았고, 그 다음으로 동자개과 Bagridae가 4종 (6.3%), 미꾸리과 Cobitidae, 동사리과 Odontobutidae, 망둑어과 Gobiidae가 각각 3종 (4.8%)이었다. 그 외에 통가리과 Amblycipitidae, 숭어과 Mugilidae, 꺾지와 Centropomidae, 검정우럭과 Centrarchidae가 각각 2종 (3.2%), 뱀장어과 Anguillidae, 메기과 Siluridae, 바다빙어과 Osmeridae, 송사리과 Adrianichthyidae, 독중개과 Cottidae가 각각 1종 (1.6%)씩 채집되었다. 이와 같이 Cyprinidae에 속하는 종이 우세하게 분포하는 것은 바닥이 모래와 자갈로 이루어진 여울이 발달되어 있고, 유속이 완만하며 수변이 수초로 덮여 있는 수역의 특성에서 기인하는 것으로 판단된다. 이러한 분포 결과는 우리나라 서남해로 유입하는 다른 강에 서식하는 담수어류상의 특징과 잘 일치하였다(강 등, 2004; 변과 이, 2006). 본 조사에서 보고된 종을 포함하여 만경강 본류와 유입하천에 서식하는 담수어류는 연구논문을 중심으로 총 17과 71종이었으나, 하구와 하류의 어류를 포함하여 정밀조사가 이루어진다면 만경강 전체 수계의 어류는 더욱 많은 종이 추가될 것으로 사료된다(김과 김, 1975;

이 등, 1980; 김과 이, 1998).

본 조사에서 채집된 어류 63종 중에 개체수에서 최우점종은 피라미 *Zacco platypus*로 27.7%를 차지하였고, 다음으로 참갈겨니 *Zacco koreanus* (11.3%), 참종개 *Iksookimia koreensis* (4.5%), 블루길 *Lepomis macrochirus* (4.2%), 끄리 *Opsariichthys uncirostris amurensis* (3.8%)의 순으로 나타났다 (Fig. 3). 이중에 *Lepomis macrochirus*와 *Opsariichthys uncirostris amurensis*의 비율이 높게 나타난 것은 St. 2에서 어부의 정치망에 의한 어획으로 이들 2종이 대량으로 포획되었기 때문이었고, 나머지 3종은 비교적 넓은 분포지역에서 많은 개체수가 출현하였기 때문이다.

특히 우점종인 *Zacco platypus*는 전 조사지점에서 출현하였고, 밀어 *Rhinogobius brunneus*는 2곳, 돌고기 *Pungtungia herzi*와 *Iksookimia koreensis*는 4곳, 참마자 *Hemibarbus longirostris*는 5곳을 제외하고 나머지 모든 채집지점에서 출현하였으며, 붕어 *Carassius auratus*와 모래무지 *Pseudogobio esocinus*는 10곳에서 출현하여 서해로 유입되는 강의 특징과 만경강의 어류분포에 특징을 보여주었다(김, 1995). 출현종중에 0.1% 이하인 1~3개체씩 채집되어 희소종에 속하는 종으로는 큰납지리 *Acanthorhodeus macropterus*, 갑돌고기 *Pseudopungtungia nigra*, 뽕명모치 *Microphysogobio jeoni*, 왜물개 *Aphyocypris chinensis*, 대농갱이 *Leiocassis*

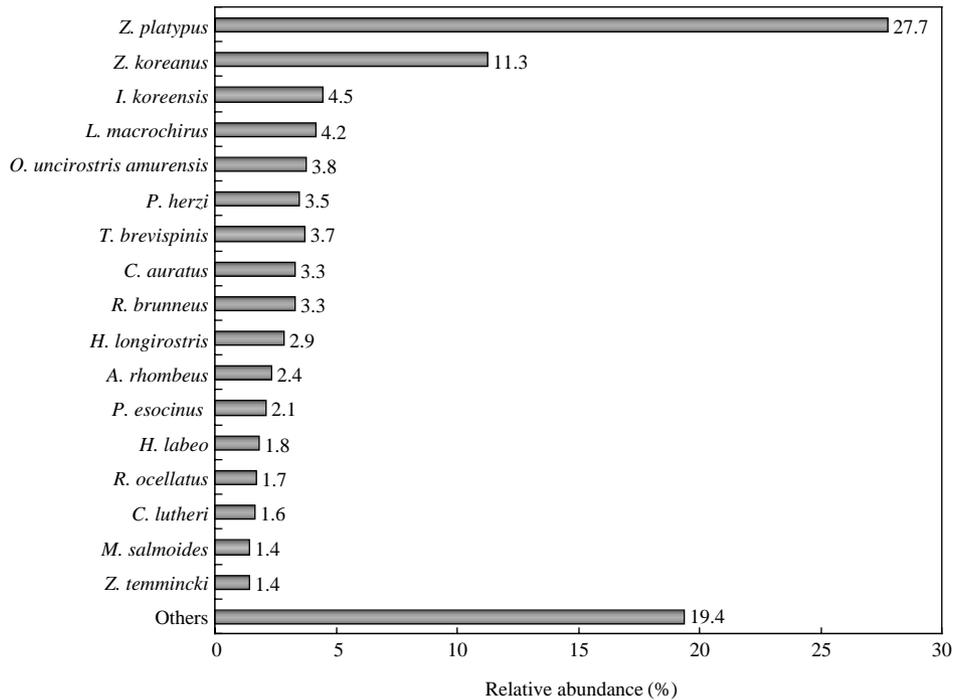


Fig. 3. The relative abundance of collected fishes of Mankyong River, Korea.

ussuriensis, 밀자개 *Leiocassis nitidus*, 자가사리 *Liobagrus mediadiposalis*, 통사리 *Liobagrus obesus*, 줌구굴치 *Micropercopis swinhonis*, 대륙송사리 *Oryzias sinensis*, 송어 *Mugil cephalus* 등 11종이었다. 또한 *Microphysogobio jeoni*, 눈불개 *Squaliobarbus curriculus*, 객정어 *Trachidermus fasciatus*, *Mugil cephalus*, 가송어 *Chelon haematocheilus*, 민물두줄망둑 *Tridentiger bifasciatus*이 소수 개체가 채집된 것은 이들의 서식수역이 주로 강의 하류와 하구 지역인데, 본 조사에서는 이러한 특징을 보이는 수역이 St. 16과 St. 17 두 곳으로 조사수역이 한정되었기 때문이었다.

한국 고유종의 분포는 조사수역의 어류상을 특징짓는 중요한 기준이 되는데(전, 1980), 본 조사에서 출현한 한국고유종은 Cyprinidae에 속하는 종이 16종(25.4%)으로 가장 많았고, Amblycipitidae와 Odontobutidae에 속하는 종이 2종(3.2%), Cobitidae, Centropomidae에 속하는 종이 각각 1종(1.6%)씩으로 총 23종(36.5%)이 출현하여 전국 하천의 평균 분포비율인 28.8%보다 높게 나타났다(Table 2).

만경강에 분포하는 한국 고유종 23종 중 조사 지점별 출현 종은 고산천에서 17종으로 가장 많았고, 소양천 11종, 삼천천 2종, 전주천 10종 그리고 만경강 본류에 10종이 분포하여 중상류인 고산천과 소양천에서 많은 종이 분포하였다. 한편 김과 이(1998)는 소양천에 미유기 *Silurus microdorsalis*가 서식한다고 보고 하였으나, 본 조사에서는 확인하지 못하였다. 만경강 수계에서의 고유종 분포에 대해 김

과 김(1975)은 14종, 이 등(1980)은 16종, 김과 이(1998)는 18종이 분포한다고 기록한 것과 비교하여 최근에 새로운 종으로 기재된 *Zacco koreanus*를 비롯하여 참물개 *Squalidus chankaensis tsuchigae*, *Microphysogobio jeoni*, 얼룩동사리 *Odontobutis interrupta* 등 4종이 확인되었다(Table 2). 또한, 이전의 조사에서 소수의 개체가 확인되었던 환경부 지정 멸종위기야생동·식물의 어류I급으로 지정되어 보호되는 *Pseudopungtungia nigra*, *Liobagrus obesus*도 본 조사에서 3개체와 2개체가 확인되어 만경강에서 희소하게 분포하는 이들 종에 대한 특별한 관심과 보호 대책이 필요하다.

3. 조사지점별 우점종

조사기간 동안 만경강 전체 조사수역에서의 우점종은 *Zacco platypus* (27.7%)이었고, 아우점종은 *Zacco koreanus* (11.3%)로 나타났다. 하천별 우점종은 전주천에서는 *Zacco koreanus*가 고산천과 소양천은 *Zacco platypus*, 삼천천은 민물점정망둑 *Tridentiger brevispinis* 그리고 만경강 본류에서는 *Carassius auratus*이었다. 아우점종은 전주천과 삼천천 그리고 만경강 본류에서 *Zacco platypus*가 고산천에서 *Zacco koreanus*, 소양천에서 흰줄납줄개 *Rhodeus ocellatus*로 나타났다(Table 3). 전주천과 고산천, 소양천에서는 유속이 빠른 여울에 주로 서식하는 종인 *Zacco platypus*가 우점종으로 출현하였으며, 만경강 본류에서는 유속이 느리고 정체된 수

Table 2. The list of Korean endemic species collected from the Mankyeong River, Korea

Family/Species	Stations																
	Kosan Str.				Soyang Str.			Sam Str.			Jeonju Str.			Mankyeong Riv.			
	'75*	'80	'98	'06	'80	'98	'06	'75	'98	'06	'75	'98	'06	'75	'80	'98	'06
Cyprinidae 잉어과																	
<i>Rhodeus uyekii</i> 각시붕어	1	32	2038	11	9	118	5		162			19		1			
<i>Acheilognathus koreensis</i> 칼납자루		5	1										6				
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> 줄납자루	7	17	2308	73	4	3						2		2		7	2
<i>Acanthorhodeus gracilis</i> 가시납지리	3	6	312		3	27	28	1	488			11		71	1	33	36
<i>Pseudopungtungia nigra</i> 감돌고기	2	1	2	3													
<i>Coreoleuciscus splendidus</i> 쉬리	5	12	1	44		184	12				43		17				
<i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i> 참중고기		3	4	8	1												
<i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i> 중고기		3	18	10		7	7	3	2			3		6		16	3
<i>Squalidus gracilis majimae</i> 긴물개	2	1	338	49	3	21	27		128				7	2			
<i>Squalidus japonicus coreanus</i> 물개	1	1									1	2		1			6
<i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i> 참물개														8			3
<i>Abbottina springeri</i> 왜매치			9	10		1	60		1								
<i>Microphysogobio yaluensis</i> 돌마자		3	11	10		4	37		1		17		6			24	
<i>Microphysogobio jeoni</i> 뽕경모치																	3
<i>Zacco koreanus</i> 참갈겨니				452			6							187			
<i>Hemiculter eigenmanni</i> 치리						1					6	6		59			16
Cobitidae 미꾸리과																	
<i>Iksookimia koreensis</i> 참종개	1	2	7	63	1	23	92			50	3	48	1				2
Bagridae 동자개과																	
<i>Pseudobagrus koreanus</i> 눈동자개			42	45			5			4			2				
Siluridae 메기과																	
<i>Silurus microdorsalis</i> 미유기						1											
Amblycipitidae 통가리과																	
<i>Liobagrus mediadiposalis</i> 자가사리	1			3	1												
<i>Liobagrus obesus</i> 통사리				2	1												
Centropomidae 꺾지과																	
<i>Coreoperca herzi</i> 꺾지	4	12	6	23									23				1
Odontobutidae 동사리과																	
<i>Odontobutis platycephala</i> 동사리	1	4	7	18		1					1	2	14				2
<i>Odontobutis interrupta</i> 얼룩동사리				8			6										
No. of Species	11	14	15	17	8	12	11	2	6	2	5	9	9	8	1	4	10
No. of Family	5	4	5	6	3	4	4	1	1	2	2	3	5	2	1	1	4

*Kim and Kim (1975), Lee et al. (1980), Kim and Lee (1998), present study (2006)

역에 서식하는 *Carassius auratus*가 우점종이었다. 이것은 서식환경에 따른 어류분포의 차이를 잘 보여주는 결과로 판단된다.

4. 어류 군집분석

만경강의 조사수역별 어류군집에 대한 구조를 분석한 결과는 Fig. 4와 같다. 종다양도 지수는 0.91~2.80으로 나타났으며, 27종의 어류가 채집된 St. 9에서 2.80으로 가장 높았고, 최상류인 St. 1에서는 4종이 채집되어 0.91로 가장 낮게 나타났다. 또한 하천별로는 만경강 본류가 38종이 채집되어 2.94로 높았으며, 다음으로 28종이 채집되어 2.87인 소양천, 2.53인 고산천, 2.45인 전주천순이었고 13종이 채집된 삼천천은 1.72로 가장 낮았다. 종의 균등도 지수는 0.50

~0.97의 범위로 나타났으며, 약간의 차이는 있으나 종다양도 지수와 반대였다. 종풍부도 지수는 0.69~4.62로 종다양도 지수와 비슷하게 나타나서 종의 균등도와 종풍부도는 채집된 종수가 많고, 일부종의 개체수가 많이 포획되지 않고 비교적 균등하게 채집된 수역에서 높게 나타났다(Table 4).

종다양도 지수와 종풍부도 지수는 유속이 빠르고 전반적으로 수온이 낮아 몇 종의 계류성 어종이 우점하게 출현하는 상류지역에 비하여 유량이 풍부하고, 유기물의 유입이 많고 다양한 서식처가 확보되어 많은 종의 서식에 유리한 중·하류로 갈수록 높게 나타나는 것으로 알려져 있는데(최 등, 2004), 본 연구도 이러한 결과와 잘 일치하였다(Fig. 4).

Table 3. Dominant and sub-dominant species at each stations of the Mankyong River, Korea

Stations	Dominant species (%)		Sub-dominant species (%)	
Kosan Str.	St. 1	<i>Zacco koreanus</i> (64.0)	<i>Rhinogobius brunneus</i> (25.3)	
	St. 2	<i>Zacco platypus</i> (57.0)	<i>Lepomis macrochirus</i> (18.0)	
	St. 3	<i>Zacco koreanus</i> (54.2)	<i>Pungtungia herzi</i> (9.2)	
	St. 4	<i>Zacco temmincki</i> (18.5)	<i>Pungtungia herzi</i> (9.6)	
	St. 5	<i>Zacco platypus</i> (27.3)	<i>Iksookimia koreensis</i> (13.2)	<i>Zacco koreanus</i> (16.7)
	St. 6	<i>Zacco koreanus</i> (34.9)	<i>Zacco platypus</i> (10.2)	
	St. 7	<i>Zacco koreanus</i> (27.3)	<i>Acheilognathus yamatsutae</i> (13.1)	
	St. 8	<i>Zacco platypus</i> (29.6)	<i>Pseudobagrus koreanus</i> (12.8)	
Soyang Str.	St. 9	<i>Zacco platypus</i> (14.1)	<i>Iksookimia koreensis</i> (10.4)	<i>Rhodeus ocellatus</i> (6.9)
	St. 10	<i>Zacco platypus</i> (40.5)	<i>Pseudogobio esocinus</i> (6.6)	
Jeonju Str.	St. 11	<i>Zacco koreanus</i> (20.7)	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (14.7)	
	St. 12	<i>Zacco koreanus</i> (46.8)	<i>Zacco platypus</i> (15.0)	<i>Zacco platypus</i> (19.1)
	St. 14	<i>Zacco platypus</i> (43.6)	<i>Hemibarbus labeo</i> (22.7)	
Sam Str.	St. 13	<i>Tridentiger brevispinis</i> (35.3)	<i>Zacco platypus</i> (29.0)	
Mankyong Riv.	St. 15	<i>Rhinogobius brunneus</i> (16.7)	<i>Acheilognathus yamatsutae</i> (11.1)	
	St. 16	<i>Zacco platypus</i> (28.3)	<i>Carassius auratus</i> (16.2)	<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (15.2)
	St. 17	<i>Carassius auratus</i> (23.4)	<i>Acanthorhodeus gracilis</i> (8.4)	<i>Zacco platypus</i> (12.7)
Total	<i>Zacco platypus</i> (27.8)		<i>Zacco koreanus</i> (11.3)	

Table 4. The number of species and community indices at each stream in the Mankyong River, Korea

Stations	Kosan Str.	Soyang Str.	Jeonju Str.	Sam Str.	Mankyong Riv.	Total
No. of Species	44	38	26	13	38	63
Diversity index	2.53	2.87	2.45	1.72	2.94	3.03
Evenness index	0.67	0.79	0.75	0.67	0.81	0.73
Richness index	5.44	5.29	3.84	1.88	5.69	7.16

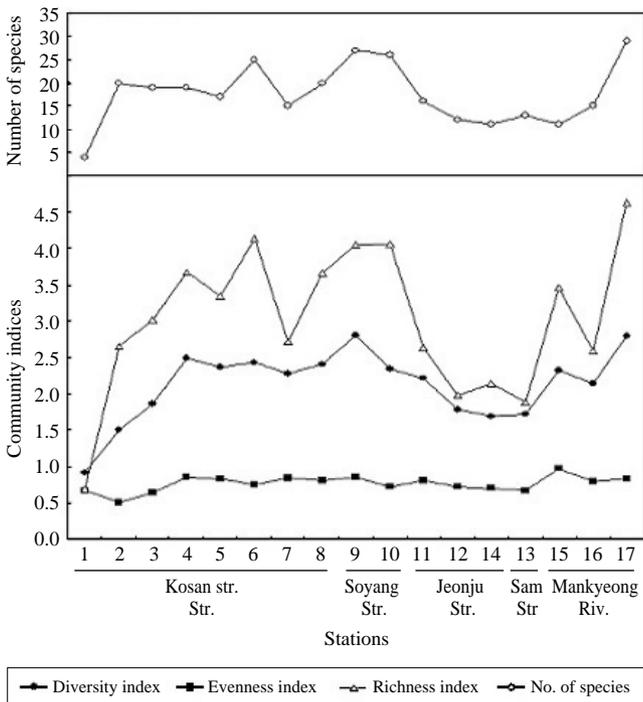


Fig. 4. The number of species and community indices at each station in the Mankyong River, Korea.

5. 외래어종의 분포에 따른 어류의 군집변화

본 연구에서 확인된 어류 가운데 국외에서 도입된 외래어종은 떡붕어 *Carassius cuvieri*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus* 등 3종이었다. 특히 강한 육식성으로 우리나라 담수어류 군집에 많은 영향을 주는 것으로 알려진 *Micropterus salmoides*가 만경강의 중하류의 6개 조사 장소에서 출현하였으며, *Lepomis macrochirus*은 대아저수지와 일부 하류 조사수역 본류와 삼천천, 전주천에 분포하였다.

1998년 김과 이의 만경강 조사 이전에는 *Micropterus salmoides*가 출현하지 않았으며, *Lepomis macrochirus*는 지류인 전주천에서 한 개체만이 채집되었던 것과 비교하여 보면 고산천, 소양천, 삼천천, 전주천, 만경강 본류 등 모든 만경강 수계에 이들 어종의 분포가 확산되었으며, 특히 *Micropterus salmoides*는 본류인 St. 16과 중류인 St. 8에서 2~3번째의 우점종으로 생태적 지위를 확고히 차지하고 있었다. 이러한 수역의 서식환경을 살펴보면 외래종들은 유속의 흐름이 느리고 수질이 오염되어 우리나라 기존 담수어류의 서식이 점차 줄어드는 곳에 주로 분포하고 있기 때문에, 추후 수질과 서식환경에 대한 대책이 개선되지 않는다면 이들 외래종의 분포지역과 개체수는 더욱 확대될 것으로

Table 5. The change of the ichthyofauna in the Mankyeong River, Korea

Species	Year		Kim and Kim 1975		Lee <i>et al.</i> , 1980		Kim and Lee 1998		Present study 2006		Total	
	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)
Anguillidae												
<i>Anguilla japonica</i>									15	0.26	15	0.05
Cyprinidae												
<i>Cyprinus carpio</i>			1	0.08	10	0.05	16	0.28	27	0.10		
° <i>Cyprinus carpio</i> (Israeli type)					1	0.01			1	0.004		
<i>Carassius auratus</i>	361	24.76	415	34.70	416	2.20	189	3.30	1381	5.06		
° <i>Carassius cuvieri</i>					14	0.07	33	0.58	47	0.17		
<i>Rhodeus ocellatus</i>	6	0.41	8	0.67	397	2.10	99	1.73	510	1.87		
* <i>Rhodeus uyekii</i>	2	0.14	41	3.43	2337	12.35	16	0.28	2396	8.77		
<i>Rhodeus notatus</i>	7	0.48	2	0.17	2652	14.01	14	0.24	2675	9.79		
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>	26	1.78	2	0.17	1158	6.12	59	1.03	1245	4.56		
* <i>Acheilognathus koreensis</i>			5	0.42	1	0.01	6	0.10	12	0.04		
* <i>Acheilognathus yamatsutae</i>	9	0.62	21	1.76	2320	12.26	75	1.31	2425	8.88		
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	2	0.14	1	0.08	2	0.01	135	2.36	140	0.51		
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>							2	0.03	2	0.01		
* <i>Acanthorhodeus gracilis</i>	75	5.14	10	0.84	871	4.60	64	1.12	1020	3.73		
<i>Pseudorasbora parva</i>	13	0.89	2	0.17	223	1.18	56	0.98	294	1.08		
<i>Pungtungia herzi</i>	30	2.06	56	4.68	340	1.80	201	3.51	627	2.30		
■* <i>Pseudopungtungia nigra</i>	2	0.14	1	0.08	2	0.01	3	0.05	8	0.03		
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>	48	3.29	12	1.00	185	0.98	73	1.27	318	1.16		
* <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>			4	0.33	4	0.02	8	0.14	16	0.06		
* <i>Sarcocheilichthys nigripinnis morii</i>	9	0.62	3	0.25	46	0.24	20	0.35	78	0.29		
<i>Gnathopogon strigatus</i>	14	0.96	2	0.17	93	0.49	16	0.28	125	0.46		
* <i>Squalidus gracilis majimae</i>	4	0.27	4	0.33	494	2.61	76	1.33	578	2.12		
* <i>Squalidus japonicus coreanus</i>	3	0.21	1	0.08	2	0.01	6	0.10	12	0.04		
* <i>Squalidus chankaensis tsuchigae</i>							11	0.19	11	0.04		
<i>Hemibarbus labeo</i>					1	0.01	104	1.82	105	0.38		
<i>Hemibarbus longirostris</i>	46	3.16	35	2.93	20	0.11	164	2.86	265	0.97		
<i>Pseudogobio esocinus</i>	43	2.95	10	0.84	173	0.91	121	2.11	347	1.27		
<i>Abbottina rivularis</i>	2	0.14							2	0.01		
* <i>Abbottina springeri</i>					11	0.06	70	1.22	81	0.30		
* <i>Microphysogobio yaluensis</i>	17	1.17	3	0.25	40	0.21	53	0.92	113	0.41		
* <i>Microphysogobio jeoni</i>							3	0.05	3	0.01		
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i>	10	0.69			1978	10.45	74	1.29	2062	7.55		
<i>Aphyocypris chinensis</i>	2	0.14	1	0.08	256	1.35	1	0.02	260	0.95		
<i>Zacco temmincki</i>					287	1.52	83	1.45	370	1.35		
* <i>Zacco koreanus</i>							645	11.26	645	2.36		
<i>Zacco platypus</i>	569	39.03	506	42.31	3619	19.12	1590	27.75	6284	23.01		
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i>	40	2.74			71	0.38	216	3.77	327	1.20		
<i>Squaliobarbus curriculus</i>							16	0.28	16	0.06		
<i>Erythroculter erythropterus</i>							12	0.21	12	0.04		
* <i>Hemiculter eigenmanni</i>	65	4.46			7	0.04	16	0.28	88	0.32		
<i>Hemiculter leucisculus</i>			2	0.17					2	0.01		
Balitoridae												
<i>Lefua costata</i>					1	0.01			1	0.004		
Cobitidae												
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	11	0.75	2	0.17	9	0.05	58	1.01	80	0.29		
<i>Misgurnus mizolepis</i>			1	0.08					1	0.004		
* <i>Iksookimia koreensis</i>	2	0.14	3	0.25	33	0.17	255	4.45	293	1.07		
<i>Cobitis lutheri</i>	15	1.03	1	0.08	11	0.06	94	1.64	121	0.44		
Bagridae												
<i>Pseudobagrus fulvidraco</i>	9	0.62	1	0.08	2	0.01	14	0.24	26	0.10		
* <i>Pseudobagrus koreanus</i>					42	0.22	56	0.98	98	0.36		
<i>Leiocassis ussuriensis</i>							3	0.05	3	0.01		
<i>Leiocassis nitidus</i>							1	0.02	1	0.004		
Siluridae												
<i>Silurus asotus</i>			1	0.08	2	0.01	6	0.10	9	0.03		
* <i>Silurus microdorsalis</i>					1	0.01			1	0.004		

Table 5. Continued.

Species	Year	Kim and Kim 1975		Lee <i>et al.</i> , 1980		Kim and Lee 1998		Present study 2006		Total	
		Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)	Indi.	R.A (%)
Amblycipitidae											
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>		1	0.07	1	0.08			3	0.05	5	0.02
■* <i>Liobagrus obesus</i>				1	0.08			2	0.03	3	0.01
Osmeridae											
<i>Hypomesus nipponensis</i>						12	0.06	5	0.09	17	0.06
Mugilidae											
<i>Mugil cephalus</i>								1	0.02	1	0.004
<i>Chelon haematocheilus</i>								18	0.31	18	0.07
Adrianichthyidae											
<i>Oryzias sinensis</i>				16	1.34	591	3.12	3	0.05	610	2.23
Cottidae											
<i>Trachidermus fasciatus</i>								7	0.12	7	0.03
Centropomidae											
<i>Siniperca scherzeri</i>				1	0.08			9	0.16	10	0.04
* <i>Coreoperca herzi</i>		4	0.27	12	1.00	6	0.03	47	0.82	69	0.25
Centrarchidae											
○ <i>Lepomis macrochirus</i>						1	0.01	239	4.17	240	0.88
○ <i>Micropterus salmoides</i>								83	1.45	83	0.30
Odontobutidae											
* <i>Odontobutis platycephala</i>		2	0.14	4	0.33	10	0.05	34	0.59	50	0.18
* <i>Odontobutis interrupta</i>								14	0.24	14	0.05
<i>Micropercops swinhonis</i>						5	0.03	1	0.02	6	0.02
Gobiidae											
<i>Rhinogobius giurinus</i>						104	0.55			104	0.38
<i>Rhinogobius brunneus</i>		7	0.48			64	0.34	189	3.30	260	0.95
<i>Tridentiger bifasciatus</i>								15	0.26	15	0.05
<i>Tridentiger brevispinis</i>								212	3.70	212	0.78
Belontiidae											
<i>Macropodus ocellatus</i>		1	0.07	2	0.17	2	0.01			5	0.02
Channidae											
<i>Channa argus</i>		1	0.07	3	0.25	2	0.01			6	0.02
Total	No. of Individual	1,458		1,196		18,929		5,730		27,313	
	No. of Family	9		10		13		14		17	
	No. of Species	35		38		50		63		71	

※ : Korean endemic species, ○ : Exotic fish species, ■ : Endangered species, RA: Relative abundance (%)

로 보인다. 대아저수지에서도 *Lepomis macrochirus*가 *Zacco platypus* 다음으로 많은 개체수가 채집되었으며, 아직 *Micropterus salmoides*는 출현하지 않고 있었으나, 인근 수계의 다른 농업용 저수지나 댐 호와 비교하여 보면 차후에 쉽게 유입 될 가능성이 상존하고 있었다.

새롭게 분포하기 시작한 외래종의 영향은 전체 어류상의 군집을 살펴보면 쉽게 알 수 있는데, 최근의 조사결과(김과 이, 1998)와 본 조사를 비교하여 보면, 가장 크게 감소한 종은 각시붕어 *Rhodeus uyeekii* (12.4% → 0.28%), 떡납줄갱이 *Rhodeus notatus* (14.0% → 0.2%) 등 납자루아과 중에 소형종인 *Rhodeus* 속 어류 2종이었다. 다른 납자루아과 어류도 개체수가 많이 줄었지만, 특히 고유종인 줄납자루 *Acheilognathus yamatsutae* (12.3% → 1.3%), 가시납지리 *Acanthorho-*

deus gracilis (4.6% → 1.1%), 긴물개 *Squalidus gracilis majimae* (2.6% → 1.3%) 그리고 소형종이면서 정체된 수역에 서식하는 *Oryzias sinensis* (3.1% → 0.05%), *Rhodeus ocellatus* (2.1% → 1.7%)가 1차적으로 가장 많은 영향을 받고 있었다(Table 5). 또한 외래종의 출현이 확인되기 시작한 본 조사수역이 이들 외래종이 선호하는 서식환경을 가지는 수역으로 지속적으로 분포지역을 확대하게 되어 정체된 수역에 서식하는 어류들을 중심으로 더 많은 종들이 감소되거나 어류의 군집의 변화를 야기할 가능성이 있다. 그러나 본 조사 결과는 이전의 조사에 비하여 출현 종수가 가장 많은 14과 63종이 출현하여, 이전 조사 결과인 9과 35종(김과 김, 1975)과 10과 38종(이 등, 1980)보다 월등하게 많은 종이 채집되었고, 최근 조사인 김과 이(1998)가 확인한 13과

50종보다도 13종이 더 많은 종이 확인되었다. 그러나 2000년 이후 전주천이나 만경강 일부 하천생태계의 복원과 모니터링 결과에 대한 조사가 수시로 이루어지면서 이들에 대한 결과 보고서에 만경강의 여러 지점에서 외래종인 *Micropterus salmoides*와 *Lepomis macrochirus*의 출현이 기록되었으며, 1999년에서 2000년 사이에 15개 조사지점에서 조사한 결과 59종(국토연구원, 2000), 2001년에 14개 조사지점에서 50종(전북경제사회연구원, 2001), 전주천과 삼천을 중심으로 10개 조사지점에서 37종(전북지역환경기술개발센터, 2004)의 출현이 기록되었고, 만경강 하구에서는 기수와 연안에 출현하는 종을 중심으로 13목 32과 72종의 출현이 기록되기도 하였다(황, 2006).

이러한 결과로 볼 때 본 조사가 이전의 연구결과에 비하여 비교적 넓은 수역에서 정밀한 조사가 이루어졌기 때문에 많은 종이 확인되었을 것으로 보이며, 외래종인 *Micropterus salmoides*와 *Lepomis macrochirus*의 유입이 이루어지기 시작한 초기단계로 본격적인 확산이 이루어지기 전이라 많은 종이 출현하는 것으로 판단되며, 지속적인 연구가 요구된다. 추후 생태계 위해외래동식물로 지정되어 관리되고 있는 *Micropterus salmoides*와 *Lepomis macrochirus*가 만경강에 본격적으로 확산되는 시기에 어떠한 영향을 줄 것인지 지속적인 모니터링이 필요하고, 만경강 하구에 새만금 공사가 완공된 후에 조성될 대규모 정수역인 호수에 이들 종의 확산을 방지할 대책이 필요하였다.

요 약

서해로 유입되는 만경강에 대한 어류상과 어류군집을 조사한 결과 총 14과 63종의 담수어류를 채집하였으며, 이중에 우점종은 *Zacco platypus* (27.7%)이었고, 아우점종은 *Zacco koreanus* (11.3%)로 나타났다. 한국고유종은 23종(36.5%)이 출현하였고, 멸종위기야생동·식물에 속하는 종은 *Pseudopungtungia nigra*, *Liobagrus obesus* 등 2종이었다. 만경강의 지류별 우점종은 전주천은 *Zacco koreanus*, 고산천·소양천은 *Zacco platypus*, 삼천천은 *Tridentiger brevispinis*이었고, 만경강 본류는 *Carassius auratus*로 안정된 군집구조를 보이고 있었다.

도입된 외래종은 *Carassius cuvieri*, *Micropterus salmoides*, *Lepomis macrochirus* 등 3종이 출현하였다. 이중 강한 육식성인 *Micropterus salmoides*는 분포지역이 확대되면서 중·하류의 정수지역에 널리 분포함에 따라 이곳에 주로 서식하는 납자루아과 어류와 고유종을 비롯한 소형 어류의 개체수와 분포에 직접적인 영향을 주고 있었다.

사 사

본 연구는 국립수산과학원 중부내수면연구소 경상과제인 「내수면생물자원 보존연구」사업의 일환으로 수행되었으며, 국립수산과학원 간행물등록번호는 RP-2008-FR006호입니다. 본 조사기간 동안 현지조사에 협조하여 주신 중부내수면연구소 변덕규, 박중용님을 비롯한 직원 여러분들에게 감사합니다.

인 용 문 헌

- 강영훈 · 서준원 · 금지돈 · 양홍준. 2004. 낙동강 중류의 어류군집. 한국육수학회지, 37: 227-235.
- 국토연구원. 2000. 만경강 일대 하천 어류상 및 저서동물상(만경강 일대 하천복원사업 I) 보고서. 86pp.
- 김병만 · 이충렬. 1998. 만경강 수계에 서식하는 어류군집에 관한 연구. 한국육수학회지, 31: 191-203.
- 김익수. 1995. 한국 담수생태계의 특성과 어류상. '95 한국생태학회, 한국어류생태학회 공동 심포지엄, pp. 31-50.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편(담수어류). 교육부, 629pp.
- 김익수 · 김환기. 1975. 전주천의 수질오탁과 어류군집의 변화에 관한 연구. 한국육수학회지, 8: 7-14.
- 변화근 · 이완옥. 2006. 임진강 하류역의 어류상과 어류군집. 한국육수학회지, 39: 32-40.
- 새만금연구사업단. 1999. 만경강 상류유역의 기초조사.
- 손영목. 1994. 외래어종에 의한 담수생태계 교란. 자연보존, 88: 30-33.
- 이충렬 · 윤일병 · 김익수. 1980. 만경강 어류군집의 동태에 관한 연구. 한국육수학회지, 13: 23-38.
- 전북경제사회연구원. 2001. 만경강(상류지역) 생태하천 가꾸기 기본계획 수립연구 과업-수중동물 다양성 과 서식환경 조사 보고서. 94pp.
- 전북지역환경기술개발센터. 2002. 전주천, 삼천천 하천 조성 현장 모니터링-전주천 및 삼천천 자연형 하천 조성에 따른 생물모니터링 최종보고서. 86pp.
- 전북지역환경기술개발센터. 2004. 전주천 및 덕진공원 호소 모니터링 최종보고서. 95pp.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대 박사학위논문. 서울, pp. 14-19.
- 전상린. 1993. 한국산 담수어류의 현황과 보존대책. 자연보존, 84: 25-29.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사, 371pp.
- 조성욱. 2007. 만경강의 역할과 의미 변화. 한국지역지리학회지, 13: 187-200.
- 최신석 · 송호복 · 황수욱. 1997. 대청호의 어류군집. 한국육수학회지, 30: 155-166.
- 최재석 · 김재구. 2004. 홍천강의 어류상 및 어류군집. 한국생물학

- 회지, 18: 446-455.
- 한국생명공학연구원. 2001. 하천의 어류상 및 모니터링 (만경강 상류) 보고서. 30pp.
- 한국생명공학연구원. 2002. 하천의 어류상 조사 및 모니터링 사업 (담수어류) 보고서. 23pp.
- 홍영표 · 손영목. 2003. 외래어종 베스를 포함하는 군집의 종간 Association에 관한 연구. 한국어류학회지, 15: 61-68.
- 황선완. 2006. 금강과 만경강 하구 어류의 출현양상과 서식처 이용. 충남대학교 박사학위논문, 144pp.
- Jang, M. 2002. Ecological study of freshwater fish in Korea: Fish fauna, prey-predator interaction and the responses of cyanobacteria to fish grazing; Fish fauna and food item analysis of exotic fish in major rivers of south Korea. A doctoral dissertation, Pusan National Univ., Pusan, pp. 77-155.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the World. John Wiley & Sons, New York, 465pp.
- 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, 117pp.
- Shmpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. Nature, 163: 688pp.