

울산지역 (가지산) 상류하천의 어류군집

장 민 호* · 최 기 룡¹ · 주 기 재

(부산대학교 생물학과, ¹울산대학교 생명과학부)

Fish Community of Headwater Streams in Gaji Mountain, Ulsan. Jang, Min-Ho*, Kee-Ryong Choi¹ and Gea-Jae Joo (Department of Biology, Pusan National University, Busan, 609-735, ¹Department of Biological Science, University of Ulsan, 680-749, Korea)

Fish fauna of 13 sites in a main channel and its tributaries of the Taehwa River and 9 sites of other headwater streams in the Ulsan area (Mt. Gaji) were investigated from February 1999 to October 2000. All sites were the 1st to 5th order streams in the Ulsan area, and 10 sites (45.5%) were intermittent streams. A total of 2,696 fish specimens were collected and classified into 14 families and 44 species. Cyprinidae accounted for 40.9% (18 species) of the total fish species collected and 68.4% (1,845 ind.) of the total abundance. Subdominant families were Cobitidae (6 species; 78 ind.), Gobiidae (5 species; 240 ind.), and Gasterosteidae (2 species; 128 ind.). *Zacco temmincki* (RA 23.0%, 14 sites) was the dominant species; subdominant species were *Moroco oxycephalus* (20.2%, 11 sites), *Zacco platypus* (8.0%, 10 sites), *Mugil cephalus* (5.2%, 3 sites). Among the total species, 8 species were endemic species to Korea. The dominant Korean endemic species was *Squalidus chankaensis tsuchigae* (53.6% of Korean endemic species) and subdominant species were *Iksookimia longicorpa* (20.5%), and *S. japonicus coreanus* (6.6%). Due to the intermittent nature of streams in the Ulsan area, a conservation program of fish fauna is strongly needed.

Key words : Fish fauna, Taehwa River, Headwater stream, Intermittent stream, Ulsan, Mt. Gaji

서 론

한반도 담수어류상은 지리적 분포에 따라 동북한아지역, 서한아지역, 남한아지역의 3구역으로 나뉘어진다(전, 1980; 김, 1988). 동해 유입천들은 동한아지역에 속하며, 하천의 길이가 짧고 구배가 급하며 하구역이 구성되지 못하여 중·상류역이 계류형인 채 바다로 유입되는 특징을 보이고 있다(전, 1982). 이러한 특성과 하천어류의 생태분포를 지배하는 중요한 요소인 수온과 하천구배의 차이로 인해 동해 유입천 수계의 어류상은 다른 수계들과 구별된다(손, 1995). 동해 유입천에 대한 어

류상은 주로 강원지역을 중심으로 이루어져, 강원도의 삼척 오십천(최, 1995), 양양 남대천(변 등, 1996), 강릉 남대천(최 등, 1973; 김 등, 1996) 등 북부지역의 중·소 도시를 통과하는 하천에 대한 조사가 이루어졌다. 남부지역의 동해 유입천 중 울진 남대천(양, 1983), 경북의 영덕 오십천(양, 1988), 형산강(양, 1979, 1980; 양과 채, 1994)을 중심으로 어류상에 관한 연구가 이루어졌으며, 대도시를 지나는 태화강에 대한 연구는 어류상(內田, 1939; 최 등, 1977; 양, 1980)과 영남지역의 잉어과 어류에 관한 연구(양, 1982)를 제외하면 학술적 연구는 드문 실정이다.

우리나라의 하천은 유역의 토지 이용 및 형태에 따라

* Corresponding author: Tel: 051) 510-2258, Fax: 051) 583-0172, 582-2962, E-mail: jangmino@hanmail.net; gjjoo@pusan.ac.kr

산지하천, 농경지 하천, 준 도시하천, 공단하천, 도심하천 등으로 구분할 수 있다(주 등, 1997; 박 등, 1999). 산지하천(mountain stream)은 대부분 1~3차의 소하천들로서 하천의 길이가 짧고 폭이 좁아 연중 수위변화가 크며, 하천의 상부부터 교란 요인들이 많아 원형 그대로를 유지하고 있는 하천은 일부 지역으로 제한되어 있다.

가지산은 행정구역상 울산시에 포함되어 있으며, 해발 1,240 m로 태화강(유로연장: 44.7 km; 집수역 면적: 652 km²), 형산강(63.9 km, 1,143 km²)과 낙동강 수계의 하나인 밀양강 수계를 포함하고 있다. 이러한 산들을 집수역으로 하여 울산지역에 흐르는 하천으로는 태화강과 회야강, 외황강 등이 있고, 이들 하천은 4~5차(stream order)로 비교적 적은 차수의 하천들이 동해로 유입된다. 울산지역의 상류하천들은 대부분 1~3차의 소하천들로서 대부분 하천의 길이가 짧고 폭이 좁아 연중 수위변화가 큰 간헐천의 형태를 나타내며, 비교적 양호한 수질을 보여주고 있다. 그러나, 중류역에서 대부분의 하천들은 농경지나 주거지를 통과하여 흐르게 되며, 도심과 공단지역으로부터 유입되는 생활하수나 공단폐수의 영향으로 하류역은 상당한 물리·화학적 교란상태를 보여, 수질 및 서식 어류상에도 산지하천부터 하류에 이르기까지 상당한 변화가 있을 것으로 예상된다. 하지만 80년대 초반이후 울산지역 전체의 어류상에 대한 포괄적인 연구는 수행된 적이 없으며, 지역 확대에 의해 태화강에서 발원하는 가지산 일대의 토지 이용이 급속히 변화하고 있어, 하천 교란으로 인한 어류상의 변화 여부를 파악할 수 없는 실정이다. 따라서, 본 연구는 첫째, 태화강 최상류인 가지산 일대 상류하천 어류의 서식현황을 밝히고, 둘째, 한반도 동남부의 동해로 유입되는 1~3차 하천(산간계류)에 서식하는 어류의 분포 특성을 수계별로 파악하고, 셋째, 어류군집의 장기적인 동태에 영향을 줄 수 있는 요인을 제시하였다.

재료 및 방법

1. 조사지점 및 조사기간

본 조사는 태화강이 발원하는 가지산 일대의 하천을 크게 3개의 수역(형산강 수계, 낙동강 수계, 태화강 수계)으로 구분하여 이루어졌다. 형산강 수계에서는 가지산의 북동사면을 흐르는 하천으로 상류하천만을 4지점(St. 1~4) 선정하였고, 낙동강 수계에서는 가지산의 북사면에서 밀양강을 거쳐 낙동강으로 합수되는 수역에서 4개 지점(St. 5~8)과 가지산의 서사면을 중심으로 원동

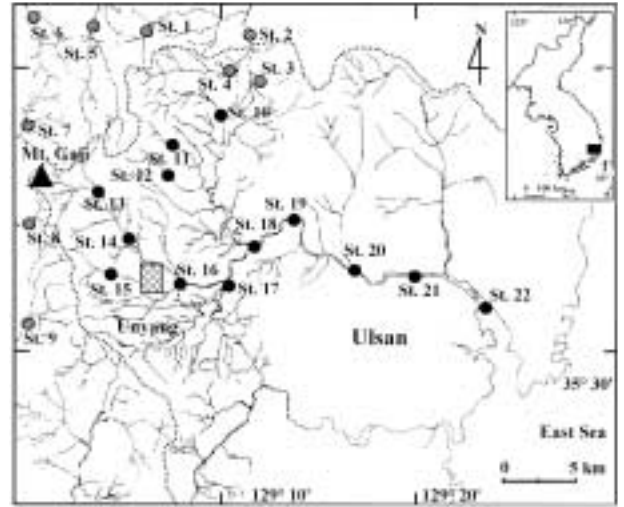


Fig. 1. Map showing sampling sites for ichthyofauna survey in Ulsan, Korea (Feb. 1999~Oct. 2000).

천을 거쳐 낙동강으로 유입되는 수역에서 1개 지점(St. 9)을 선정하였다. 태화강 수계는 가지산의 동사면으로 흐르는 하천의 상류 7개 지점(St. 10~16)과 댐 하류의 비교적 하천 폭이 큰 태화강 중·하류 6개 지점(St. 17~22)을 선정하여, 가지산 일대의 상류하천의 어류상을 비교하였다. 이상의 총 22개 지점에서 1999년 2월부터 2000년 10월까지 지점에 따라 4~8회에 걸쳐 조사하였다(Fig. 1). 조사시기는 겨울철을 제외한 시기에 계절별로 실시하였다.

형산강 수계

St. 1: 경주시 내남면 박달리 박달저수지 상부(4회)

St. 2: 경주시 내남면 노곡리 노곡교(4회)

St. 3: 울산광역시 울주군 두동면 월평리 송리(중리천 상류, 4회)

St. 4: 울산광역시 울주군 두서면 활천리 활천교(8회)

낙동강 수계

밀양강

St. 5: 경주시 산내면 의곡리 의곡 2교(동창천 상류, 4회)

St. 6: 경주시 산내면 신원리 신원 1교(4회)

St. 7: 밀양시 산내면 남명리 남명교(얼음골, 4회)

St. 8: 밀양시 담장면 구천리 시천교(4회)

낙동강

St. 9: 양산군 원동면 함포리(영포천 상류, 4회)

태화강 수계(울산광역시)

St. 10: 울주군 두서면 미호리 상동(미호천 상류, 8회)

St. 11: 울주군 두서면 인보리 인보저수지 상부(4회)

- St. 12 : 울주군 두서면 상차리 (구량천 상류, 8회)
 St. 13 : 울주군 상북면 덕현리 소야정교 (석남사, 8회)
 St. 14 : 언양읍 길천리 길천교 (4회)
 St. 15 : 울주군 상북면 등역리 작천교 (작천천 상류, 8회)
 St. 16 : 언양읍 구수리 원구수 (4회)
 St. 17 : 언양읍 구수리 무동 (대암댐 하부, 4회)
 St. 18 : 언양읍 반천리 (국도 옆, 4회)
 St. 19 : 울주군 범서면 망성리 옥천 (4회)
 St. 20 : 남구 무거동 삼호교 (8회)
 St. 21 : 남구 신정동 울산교 (4회)
 St. 22 : 북구 염포동 수중보 (4회)

2. 조사방법

1) 수질

수계별 총 22지점에서 물리·화학적 요인의 분석은 현장조사 및 원수를 채수하여 실험실에서 분석하였다. 현장에서는 기온 및 수온 (YSI Meter, model 58 및 봉상수온 온도계), 용존산소 (YSI Dissolved Oxygen Meter, model 58), pH (Orion pH Meter, model 407A), 전기전도도 (Fisher Conductivity Meter, model 12)를 측정하였고, 각 조사지점에 대한 탁도는 채수하여 실험실에서 Turbidimeter (Shaban, model 20052)를 사용하여 측정하였다. 총질소 (TN), 총인 (TP) 농도는 Wetzel and Likens (1991)와 APHA (1995)에 제시된 방법으로 측정하였다. 측정된 자료는 평균값 (N=4 또는 8)과 표준편차를 구하였다.

2) 어류상

본 지역에서의 어류 채집은 족대 (망목: 5×5 mm), 투망 (7×7 mm), 자망 (20×20, 50×50, 70×70 mm)을 이용하여 가능한 한 조사지역의 모든 종조성을 밝히고자 하였다. 어류조사는 각 조사지점의 상·하 50 m씩 수로를 따라 이동하며 주로 투망을 이용하여 채집하였고, 수변 식물이 발달한 지역은 족대를 이용해 어류를 채집하였다. 하류지역 (St. 20, 21, 22)은 수심이 깊고 하상이 불규칙하여 투망과 더불어 보트를 이용해 자망을 5시간 이상 설치하여 채집하였으며 지점 (St. 20)에 따라서는 야행성 어종을 채집하기 위해 야간에 자망을 설치하였다.

채집된 어류는 현장에서 동정하고 개체수를 파악한 후 다시 놓아주었으나, 이미 죽었거나 동정이 불가능한 개체 및 표본이 필요한 경우는 10% 중성포르말린액에 고정하였다. 동정을 위해서는 최 등 (1990), 김과 강 (1993) 등에 따라 어종을 분류, 동정하였으며, Nelson (1994)의 분류체계에 따라 배열하였다. 조사지역의 어류

군집 분석을 위해 우점도 (Simpson's index, Simpson, 1949), 다양도 (Shannon-Weaver index, Shannon and Weaver, 1949), 균등도 (Pielou evenness index, Pielou, 1969), 풍부도 (Magalef index, Magalef, 1958)를 구하였으며, 상관계수를 이용한 지점별 유사도와 집괴분석은 Ludwig and Reynolds (1988)가 발표한 프로그램을 사용하였다. 하천차수는 Allan (1995)이 제시한 방법을 따랐다. 상류하천은 각 수계별로 3차 이내의 하천을 중심으로 나누어 형산강 수계 (St. 1~4)와 낙동강 수계 (St. 5~9)는 모두 상류하천으로 태화강 수계 중 상류하천은 St. 10~16까지, 중·하류 하천은 St. 17~22로 설정하였다.

결과 및 고찰

1. 물리·화학적 특성

조사기간동안, 전반적인 수질의 지점별 차이는 태화강 중·하류의 해양과 연결되는 지점들을 제외하고는 가지산 일대의 상류하천에서는 큰 차이를 보이지 않았다 (Fig. 2).

각 조사시기에 따른 수온 변화는 계절적인 영향으로 최고 10°C 정도의 차이를 나타냈으나, 조사지점별 차이는 크지 않았다. 수소이온 농도는 St. 9 (함포리)와 14 (길천교)를 제외하고 7~8의 범위를 나타냈다. 용존산소는 전체 조사지점에서 포화 또는 과포화 상태를 유지하였으나, 도심지 인근에서 해수의 영향을 받는 지점 (St. 22)에서는 낮은 값을 기록하였다. 전반적인 과포화상태는 부착조류 및 식물플랑크톤의 번성으로 활발한 광합성에 의한 것으로 사료된다. 또한 상대적으로 낮은 용존산소량을 보인 수중보 지점 (St. 22)은 도심지에서 유출되는 유기물질에 의한 산소량의 저하에 기인한 것으로 보인다. 전기전도도는 해수의 영향을 받는 St. 21과 22를 제외하고는 그 차이가 명확히 나타났다. 상류부는 비교적 낮은 값 (24~98 $\mu\text{s}/\text{cm}$)을 기록하였으며, 도심지 주변의 지점에서는 200~400 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 를 유지하였다. 경상북도 광천 계류 (전체구간 43 km)에서도 상류부에서 하류부로 갈수록 전기전도도가 41~480 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 증가하여 (이와 정, 1993), 본 조사와 유사한 변화 패턴을 보여주었다. 우리나라의 기후 특성상 낙동강과 같은 조절하천의 경우 전기전도도는 여름 집중강우가 빈번히 집중되는 시기와 늦겨울부터 봄까지의 갈수기에 급격히 증가하는 것으로 보고되었다 (Kim *et al.*, 1999). 탁도는 급격한 강우량증가와 유량증가로 하상이 교란되는 시기에 쉽게 변화하는데 (하 등, 1997), 울산지역에서는 상류지역보다 하류지역

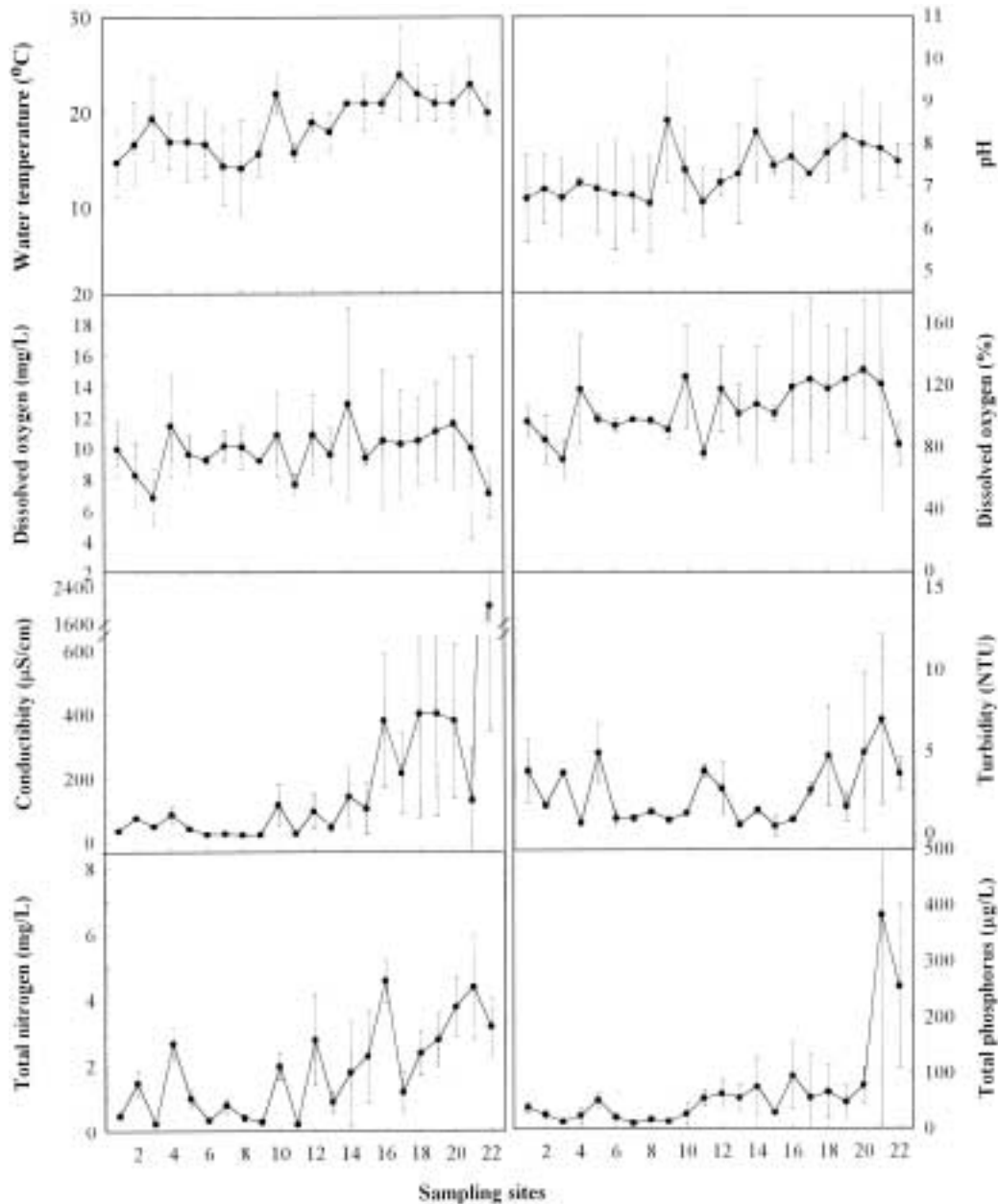


Fig. 2. Physical and chemical parameters of 22 sites in Ulsan area (Feb. 1999~Oct. 2000; N = 4 to 8).

에서 그 변화가 뚜렷하게 나타났다. 도심 인근의 조사지점에서는 조사 기간 중 교량 공사에 의한 토사 유입과 부유성 물질에 의해 높은 탁도를 기록하였다. 본 조사지점에는 수변식생대가 적었으며, 외부에서 유입되는 영양물질의 농도 증가와 해수 유입 등이 탁도를 증가시켜 광합성에 영향을 미칠 것으로 생각된다. 총질소(TN)와 총인(TP)은 하류로 갈수록 증가하는 양상을 보였으며, 조사시기별로 변화의 폭은 시가지와 인접한 태화강

중·하류지점에서 컸다. 총인은 St. 21과 22에서 평균 250 µg/L 이상의 농도를 나타내 울산시의 중심부를 통과한 이후 급격히 증가하는 양상을 나타내었다.

2. 어류

본 조사기간동안 어류는 총 15과 44종 2,696개체가 채집되었다(Table 1). 이 중 가장 많은 종 및 개체수가 채집된 Cyprinidae는 18종 1,845개체가 채집되어

Table 1. Ichthyofauna of Ulsan area (Hyeongsan, Nakdong and Taehwa River; Feb. 1999 ~ Oct. 2000).

Species name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Total Fr.	RA (%)				
Site no.																												
Clupeidae																												
Konosirus punctatus																						37	37	1	1.4			
Cyprinidae																												
Cyprinus carpio																			1	3	5				9	3	0.3	
# Cyprinus carpio (introduced from Israel)			2	1																						1	1	0.0
Carassius auratus									1				2	2	4	4	2	5	7	24	5				52	9	1.9	
* Rhodeus uyekii																1									1	1	0.1	
Acheilognathus lanceolatus													2	2			1	1							4	3	0.1	
Acheilognathus rhombeus																13				26	2				41	3	1.5	
Acanthorhodeus macropterus																	1			5					6	2	0.2	
Pseudorasbora parva			19						6	2		1	1	1	1	5	1	1		3				39	9	1.4		
Hemibarbus labeo																				50	10				60	2	2.2	
Pungtungia herzi		6					18	2																	26	3	1.0	
* Squalidus japonicus coreanus																			9	2					11	2	0.4	
* Squalidus multimaculatus	1	10	18									1	22	17	6	19	12	4						110	10	4.1		
Tribolodon hakonensis																						5			5	1	0.2	
Moroco oxycephalus	2	118					1	2	77	11	99	86	121	12					15					544	11	20.2		
Zacco platypus	44	62	4	2					5					40	11	11	17	31						227	10	8.4		
Zacco temmincki	32	168	38	15	57	7	63	103	6	6				92	1	5	26							619	14	23.0		
Hemiculter eigenmanni																	1								85	3	3.2	
Culter breviceauda																		1			3	1			5	3	0.2	
Cobitidae																												
Misgurnus anguillicaudatus				14					6	1															21	3	0.8	
Misgurnus mizolepis	8	1								5				1					1					16	5	0.6		
Cobitis sinensis														1					1	1				3	3	0.1		
* Koreocobitis rotundicaudata													1											1	1	0.0		
* Iksookimia longicorpa	3	18							2	1	2	3	4					1						34	8	1.3		
Lefua costata				2					1															3	2	0.1		
Siluridae																												
Silurus asotus																			1	2					3	2	0.1	
Amblycipitidae																												
* Liobagrus mediadiposalis	1											1												25	3	0.9		

Table 1. Continued.

Species name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	Total	Fr. (%)		
Osmeridae																										
<i>Osmerus dentex</i>																				1	1	8	10	3	0.4	
<i>Hypomesus olidus</i>	28				5																			33	2	1.2
Plecoglossidae																										
<i>Plecoglossus altivelis</i>																				30	2		32	2	1.2	
Mugilidae																										
<i>Mugil cephalus</i>																				2	96	43	141	3	5.2	
Hemiramphidae																										
<i>Hemiramphus sajori</i>																						1	1	1	0.0	
Gasterosteidae																										
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	1																				15		16	2	0.6	
<i>Pungitius kaibarae</i>			107									5											112	2	4.2	
Moronidae																										
<i>Lateolabrax japonicus</i>																					2	10	12	2	0.4	
Centropomidae																										
* <i>Corsoperca herzi</i>					2			4															7	3	0.3	
Odontobutidae																										
* <i>Odontobutis platycephala</i>					1																1	3	6	1	0.4	
Gobiidae																										
<i>Synechogobius hasta</i>																				1	19	71	91	3	3.4	
<i>Rhinogobius giurinus</i>																					1	61	62	2	2.3	
<i>Rhinogobius brunneus</i>	7	5	1					6	4	13	4	4							24	1	1	2	72	12	2.7	
<i>Tridentiger obscurus</i>																			3	2		3	4	12	4	0.4
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>																					3		3	1	0.1	
Centrarchidae																										
# <i>Micropterus salmoides</i>																					3	2		36	4	1.3
# <i>Lepomis macrochirus</i>										1											3			56	4	2.1
Total ind.	80	130	72	475	61	15	58	9	69	207	14	28	114	106	153	166	90	72	88	271	181	2372	696	100		
Species no.	4	10	3	12	5	1	2	2	3	10	3	6	3	10	6	6	15	14	11	20	18	9	44			

Fr.= frequency; RA= relative abundance; * = Korean endemic species; #= introduced species

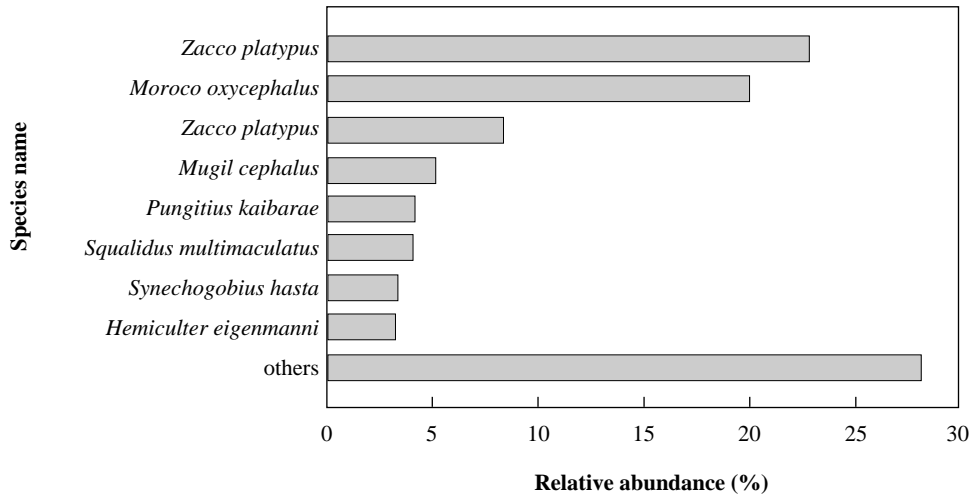


Fig. 3. Relative abundance of the fish collected from Ulsan area (Hyeongsan, Nakdong and Taehwa River; Feb. 1999~Oct. 2000).

68.4%의 상대풍부도를 나타냈다. 이는 양 (1980)의 태화강 조사에서 채집된 Cyprinidae 어류 13종보다 9종이 더 채집되고 4종 (*Rhodeus ocellatus*, *Pseudogobio esocinus*, *Sarcocheilichthys nigripinnis*, *Pungtungia* sp.)이 채집되지 않은 결과이다. Cobitidae는 6종으로 잉어과 다음으로 많은 종이 채집되었으나, 개체수는 78개체로 2.9%의 상대풍부도를 보였으며, Gobiidae가 5종 240개체로 8.9%의 상대풍부도를 나타내었다. Gasterosteidae가 2종 128개체 (4.7%), Osmeridae는 2종 43개체 (1.6%)로 각각 나타났다. 외래도입종인 Centrarchidae는 2종 92개체로 3.4%의 상대풍부도를 나타냈다. 이 외의 8과는 각각 1종씩 모두 270개체 (10.0%)가 채집되었다.

조사기간동안 가장 많은 개체가 채집된 종은 *Zacco temmincki*로 14개 지점에서 619개체가 채집되어 23.0%의 상대풍부도를 나타냈다 (Fig. 3). 아우점종은 *Moroco oxycephalus*와 *Zacco platypus*로 각각 11개 지점 544개체 (20.2%)와 10개 지점 227개체 (8.4%)로 나타났다. 이외에도 *Mugil cephalus*는 3개 지점에서 141개체 (5.2%)로 나타났으며, *Pungitius kaibarae*는 2개 지점에서 112개체가 채집되었다. 가장 많은 출현빈도를 보인 종 역시 *Z. temmincki*로 14개 지점에서 채집되었고, 12개 지점에서 채집된 종은 *Rhinogobius brunneus* (72개체, 2.7%), *M. oxycephalus*는 11지점, *Z. platypus*와 *Squalidus multimaculatus*는 각각 10지점에서 채집되었다.

각 수계별 어류상은 형산강 수계에서 7과 18종 757개체 (전체의 28.1%)로 나타났으며, 밀양강 수계는 3과 6종 212개체 (7.9%), 태화강 수계는 15과 42종 1,727개체

(64.0%)로 나타났다. 이러한 결과는 태화강의 조사지점이 많은 것과 상류에서 하류까지를 고루 조사한 때문이다. 채집된 종 중 *P. kaibarae*는 형산강 수계와 태화강 수계에서만 채집되었으며, 이스라엘에서 도입된 어종인 *Cyprinus carpio* (introduced from Israel, 향어; Jang *et al.*, 2001)는 형산강에서만 채집되었고, *Pungtungia herzi*는 형산강과 밀양강 수계에서만 채집되었다. *Squalidus japonicus coreanus*는 태화강 수계에서만 채집되었으며, *S. multimaculatus*는 밀양강 수계에서는 채집되지 않았다. 각 수계별 조사에서 3차 이내의 상류하천 만을 비교한 결과 동해로 유입되는 태화강 수계와 형산강 수계에서 채집된 어류는 각각 18종, 남해로 유입되는 낙동강 수계는 6종으로 나타났다.

각 지점별 가장 많은 종이 채집된 지점은 20종이 채집된 하류의 St. 20 (삼호교)이었다. 이는 조사지점이 일부 지역 (삼호교 하부)에서만 해수의 영향을 받고 삼호교 상부지역은 해수의 영향을 거의 받지 않고 있어 담수와 기수역에 서식하는 어종이 다양하게 분포하고 있는 결과로 사료된다. St. 8은 거의 모든 시기에 일부 웅덩이를 제외하고는 수로의 대부분이 말라 건천을 이루어 채집에 어려움이 있어 가장 적은 9개체 (2종)만이 채집되었다.

조사기간 중 채집된 한국고유종 (Korean endemic species)은 모두 5과 8종 201개체로 7.5%의 상대풍부도를 나타냈으며, 고유화 빈도는 19.0%로 김 (1995)의 한국 고유 담수어류의 고유화 빈도 25.9%보다는 낮게 나타났다. Cyprinidae의 한국고유종은 *S. multimaculatus*,

Table 2. Comparison between previous surveys and this study on fish fauna in Ulsan area (Hyeongsan, Nakdong and Taehwa River).

Species name	A	B	C	D	E	This study
Anguillidae						
<i>Anguilla japonica</i>					+	
Clupeidae						
<i>Konosirus punctatus</i>						+
Cyprinidae						
<i>Cyprinus carpio</i>	+		+			+
# <i>Cyprinus carpio</i> (introduced from Israel)						+
<i>Carassius auratus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhodeus ocellatus</i>			+			
* <i>Rhodeus uyekii</i>						+
<i>Acheilognathus lanceolatus</i>						+
<i>Acheilognathus rhombeus</i>					+	+
<i>Acanthorhodeus macropterus</i>						+
<i>Pseudogobio esocinus</i>			+	+		
<i>Pseudorasbora parva</i>	+		+	+	+	+
<i>Hemibarbus labeo</i>						+
<i>Pungtungia herzi</i>	+		+	+	+	+
* <i>Squalidus japonicus coreanus</i>		+	+	+		+
* <i>Squalidus majimae</i>	+	+	+			
* <i>Squalidus multimaculatus</i>					+	+
<i>Tribolodon hakonensis</i>	+		+			+
<i>Moroco lagowskii</i>		+				
<i>Moroco oxycephalus</i>	+		+	+	+	+
<i>Zacco platypus</i>	+		+	+	+	+
<i>Zacco temmincki</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Hemiculter eigenmanni</i>						+
<i>Culter brevicauda</i>						+
Cobitidae						
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>				+	+	+
<i>Misgurnus mizolepis</i>				+	+	+
<i>Cobitis sinensis</i>				+		+
* <i>Koreocobitis rotundicaudata</i>						+
* <i>Iksookimia longicorpa</i>				+	+	+
<i>Lefua costata</i>					+	+
Siluridae						
<i>Silurus asotus</i>					+	+
Amblycipitidae						
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>					+	+
Osmeridae						
<i>Osmerus dentex</i>						+
<i>Hypomesus olidus</i>						+
Plecoglossidae						
<i>Plecoglossus altivelis</i>						+
Mugilidae						
<i>Mugil cephalus</i>						+
Adrianichthyoidae						
<i>Oryzias latipes latipes</i>					+	
Hemiramphidae						
<i>Hemiramphus sajori</i>						+
Gasterosteidae						
<i>Gasterosteus aculeatus</i>						+
<i>Pungitus kaibarae</i>				+	+	+
Moronidae						
<i>Lateolabrax japonicus</i>						+

Table 2. Continued.

Species name	A	B	C	D	E	This study
Centropomidae						
* <i>Coreoperca herzi</i>						+
Odontobutidae						
* <i>Odontobutis platycephala</i>						+
Gobiidae						
<i>Chaenogobius urotaenia</i>				+		
<i>Synechogobius hasta</i>						+
<i>Rhinogobius giurinus</i>						+
<i>Rhinogobius brunneus</i>					+	+
<i>Tridentiger obscurus</i>						+
<i>Tridentiger trigonocephalus</i>						+
Centrarchidae						
# <i>Micropterus salmoides</i>						+
# <i>Lepomis macrochirus</i>				+	+	+
Species no.	9	6	12	15	19	44

*: Korean endemic species; #: introduced species; A: Uchida (1939); B: Choi *et al.* (1977); C: Yang (1980, 3 sites); D: Ministry of Environment (1997, Taehwa and Hyeongsan River, 6 sites); E: Ulsan Metropolitan City (1997, 43 sites).

S. japonicus coreanus (11개체), *Rhodeus uyekii* (1개체) 등 3종 122개체로 고유종 중 가장 많은 종과 개체가 채집되었으며, Cobitidae는 *Iksookimia longicopa*와 *Koreocobitis rotundicaudata* (1개체) 등 2종 35개체, Amblycipitidae는 *Liobagrus mediadiposalis*만이 25개체가 채집되었다. Odontobutidae의 *Odontobutis platycephala*가 12개체, Centropomidae의 *Coreoperca herzi*가 7개체가 채집되었다. 각 수계별 한국고유종은 태화강 수계가 9종으로 가장 많았으며, 형산강 수계는 3종, 낙동강 수계는 2종으로 나타났다. 3차 이내의 상류하천에서는 태화강 수계의 상류에서 5종이 채집되어 다른 수계보다는 높게 나타났다.

가장 많은 한국고유종이 채집된 지점은 St. 17과 18로 각각 4종씩 채집되었으며, St. 3, 6, 7, 8, 11, 21, 22에서는 단 한 종도 채집되지 않았다. 한국고유종은 상류에서 높은 출현빈도를 나타내었다. 하천차수(2~5차)에 따른 한국고유종의 출현 정도를 보면, *S. multimaculatus*는 2~5차 하천 모두에서 서식하는 것으로 나타났으며, *I. longicopa*는 2~5차 하천 모두에서 채집되어 모든 차수에서 서식할 것으로 사료된다. *L. mediadiposalis*는 4차 이내의 하천에서만 채집되어 최 등(1982)의 군집구분에서 주로 상류하천에 서식하는 것으로 나타난 결과와 유사하였고, *R. uyekii*는 중류 및 중·하류에 서식하는 종으로 4차 이후 하천에서 서식하는 것으로 나타났다. *C. herzi*는 하천차수가 비교적 높은 4차와 5차 하천에서 채집되어 그 이상의 하류하천에서는 서식이 어려울 것으로 사료된다.

조사기간 중 채집된 외래도입종은 모두 2과 3종 93개체로 약 3.4%의 상대풍부도를 나타냈으며, St. 1에서 16까지에서 저수지인 St. 3과 St. 4, 10을 제외하고는 출현하지 않았다. Cyprinidae인 *C. carpio* (introduced from Israel)는 St. 4에서 한 개체만이 채집되었다. 하지만 본 조사지점에서는 이 종이 서식하기에는 부적절한 장소로 수심은 얇고 유량의 변동이 심하여 주변 저수지로부터 유입됐을 가능성이 매우 높다. Centrarchidae는 2종으로 *Micropterus salmoides*는 4개 지점에서 36개체가 채집되었으며, *Lepomis macrochirus*는 3개 지점에서 56개체가 채집되었다. *M. salmoides*는 5차 이상의 하천에서만 채집되었으며, 이는 이들이 주로 정체 수역(호수나 댐, 흐름이 느린 강)을 선호하는 경향이 있으므로 유속이 느린 5차 이상의 하류하천에서 채집된 것으로 사료된다. 형산강과 태화강 수계에서는 각각 2종, 낙동강 수계는 외래도입종이 한 종도 채집되지 않았다. 낙동강 중·하류의 경우 외래어가 4종 5.4%의 상대풍부도를 나타내 본 조사지역보다 종 및 상대풍부도에서 높게 나타났다(장, 미발표자료). 이러한 종은 다른 어류를 포식하는 육식성으로 태화강 수계에서는 저수지 등을 통하여 서식처가 하천의 중·하류역으로 확대될 것으로 사료되며 현 상황에서 더 증가한다면 토착종들에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다.

울산지역의 어류상 조사는 内田(1939)에 의해 태화강의 잉어과 어류 9종을 보고한 것이 처음이었으며, 최 등(1977)은 이보다 적은 6종을 보고하였다(Table 2). 양(1980)은 잉어과 어류 12종을 보고하였고(*Pungtungia*

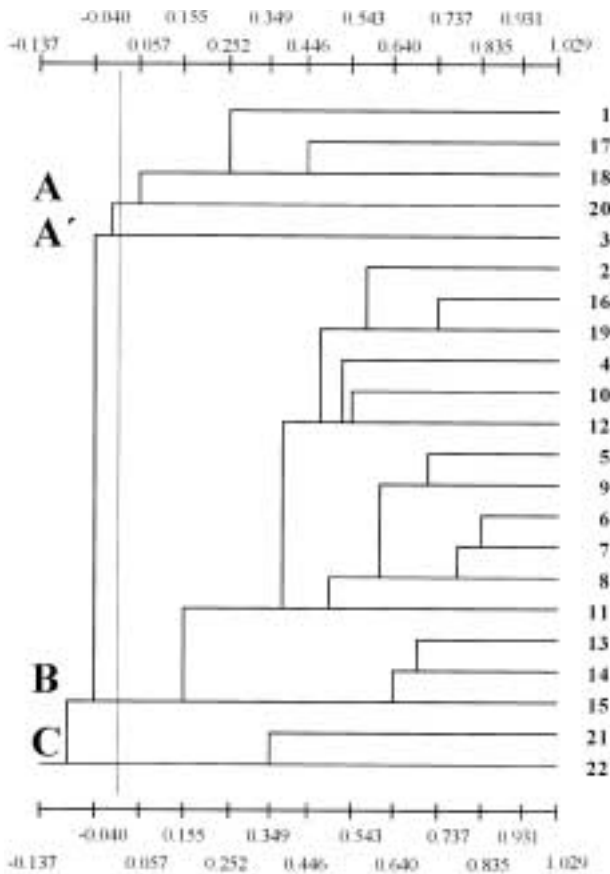


Fig. 4. Cluster analysis of collected fish at 22 sites in Ulsan area (Feb. 1999~ Dec. 2000).

sp.는 제외), 환경부(1997) 조사에서 태화강은 8종, 동천은 7종, 형산강은 13종으로 모두 15종이 보고되었다. 이러한 출현 종수의 차이는 과거의 조사가 조사지점(3~6 지점) 수가 적었던 반면, 본 조사에서 상류와 하류를 모두 조사한 결과로 사료된다. 과거에 채집된 종 중 본 조사에서 채집되지 않은 종은 *R. ocellatus*, *P. esocinus*, *Squalidus majimae*, *Moroco lagowskii*, *Chaenogobius urotaenia* 등 5종으로 이중 환경부(1997) 조사에서도 채집되지 않은 종인 *R. ocellatus*, *S. majimae*, *M. lagowskii*가 채집되었다. 울산광역시외의 보고서(1997)에 의하면 상류하천에서 채집된 종은 모두 19종으로 본 조사보다 적게 채집되었다. 1997년 조사지점은 44지점으로 광범위하였으나 조사지점이 상류로 제한되었기 때문이며, 본 조사의 조사지점들이 낙동강과 형산강 상류, 태화강 상류부터 하류까지의 전역이 포함되었기 때문이다. 한국 고유종은 과거의 조사에서는 모두 5종(*S. japonicus coreanus*, *S. majimae*, *S. multimaculatus*, *L. mediadipo-*

salis, *I. longicopa*)으로 나타났으나, 본 조사에서는 8종이 채집되어 고유종의 수와 고유화 빈도는 증가하였다. 외래도입종 역시 1997년 조사에서 1종이 채집되었으나, 본 조사기간 동안에는 3종이 채집되었다.

전체 채집 어류 중 순수담수어는 29종으로 나타났으며 산란을 위해 담수역으로 회귀하는 어종은 3종(*Tribolodon hakonensis*, *Plecoglossus altivelis*, *Gasterosteus aculeatus*), 기수역에 서식하는 어종은 8종, 순수 해산어는 2종으로 각각 나타났다. 기수성 어종과 회유성 어종은 모두 St. 2, 20, 21, 22에서만 채집되었으며, 특히 회유성 어종인 *T. hakonensis*가 St. 21(울산교)에서 채집된 것이 특이할만한 일로 강원지역의 동해로 흐르는 하천에서 산란을 위해 봄철에 강으로 오르는 경우나 여름철 이후에 연안대에서 채집되는 경우를 제외하고는 드문 경우이다. 아마도 장마 이후 수질이 개선된 상황에서 *T. hakonensis*가 태화강 하류역으로 이동했기 때문으로 사료된다. 기수성 어종은 오염에 내성이 강한 *Gobiidae*(5종 170개체; 민물에 서식하는 *R. brunneus*는 제외)와 *M. cephalus*(3개 지점 141개체)가 대부분을 차지하였으며, 봄철에 산란을 위해 올라온 *G. aculeatus*도 St. 2와 21에서 16개체가 채집되었다. *P. altivelis*는 전기간 동안 지속적으로 St. 20과 21에서 32개체가 채집되었다.

상류하천의 조사지점에서 채집된 어류를 중심으로 지점별 유사도를 산출한 결과 동해로 유입되는 형산강 수계와 태화강 상류는 0.817로 가장 높게 나타났으며, 낙동강과 형산강 수계는 0.414, 태화강 상류와 낙동강 수계는 0.409로 낮게 나타나 동해 유입천과 남해 유입천의 차이를 보였다. 태화강 하류는 형산강 수계와는 0, 낙동강 수계와는 0.021, 태화강 상류와는 0.015로 매우 낮게 나타났다. 가장 유사도 지수가 높은 지점은 St. 6과 7로 0.99로, St. 7과 8은 0.95로 채집된 종은 한 종 및 2종이 채집되었다. 가장 유사도가 낮은 지역은 St. 1과 21, 22를 비롯해서 상류와 하류간의 유사도는 모두 0으로 채집된 종과 개체수에서 대조적인 상태를 나타냈다.

전체 조사지점별 유사도에 따른 지점별 집괴분석 결과 4개의 집단으로 구분되었다(Fig. 4). 유사도 지수가 0.05인 시점을 중심으로 구획을 했을 때 네가지 집단으로 나누어졌다. 첫째 집단(A)은 St. 1, 17, 18, 20으로 중류 및 저수지의 성향 즉 유속이 완만하거나(St. 1) 간헐천으로 인해 호를 형성한 지역들로 어류상에서도 차이를 나타냈으며, 둘째 집단(A')은 St. 3이 저수지 지역으로 A집단과 유사하게 나타났다. 셋째 집단(B)은 St. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 19로 산지하천과 흐름이 있는 중·상류지역으로 나타났다. 마지막 집단

Table 3. The dominance, diversity, richness and evenness index of fish in Ulsan area (Hyeongsan, Nakdong and Taehwa River; Feb. 1999 ~ Oct. 2000).

Index	Site		Taehwa River	Taehwa River	Total
	Hyeongsan River	Nakdong River	River (<3rd order)	River (>3rd order)	
Dominance	0.423	0.943	0.818	0.247	0.419
Diversity	2.214	0.592	1.318	2.979	2.812
Richness	2.564	0.933	2.643	5.113	5.488
Evenness	0.766	0.330	0.456	0.831	0.743

(C)은 St. 21과 22로 기수 및 해수지역으로 나타났다. 이들 지역은 다른 지역과는 달리 *Osmerus mordax dentex*, *Hemiramphus sajori*, *M. cephalus*와 같은 종에 의해 나누어진 것으로 사료된다.

각 조사지점에서 어류군집의 분석을 위한 지수분석 결과 상류하천이 하류하천보다 우점도가 높게 나타났으며, 다양도는 하류부가 높게 나타났다(Table 4). 낙동강 수계는 우점도가 가장 높았고, 풍부도와 균등도는 하류 지역이 높았으며, 낙동강 수계가 가장 낮은 값을 보였다. 전 지점에 대한 우점도 지수는 0.43으로 낮게 나타나 절대 우점종이 없는 상태로 분석되었으며, 다양도는 2.63으로 높게 나타나 채집된 개체수가 유사한 지점보다는 상대적으로 종 수가 많음을 보였다. 풍부도 역시 5.44로 매우 높게 나타났으며, 균등도 지수는 1.60으로 비교적 높은 편으로 나타났다. 우점도 지수가 가장 높은 지점은 지점 6, 7, 8로 모두 1.00으로 나타나 한 종(St. 6)이나 2종(St. 7과 8)만이 채집된 결과이며 St. 13(3종)이 0.98로 나타났다. St. 16 이하 태화강 하류 지점에서는 다양한 종의 출현으로 우점도가 전반적으로 낮았다. 다양도 지수가 가장 높은 지점은 2.05로 나타난 St. 20으로 조사지점 중 가장 많은 20종이 채집되어 개체수가 종 수에 비해 상대적으로 다른 지점보다 적은 결과 때문으로 사료된다. 균등도 역시 St. 11이 2.11로 종 수와 개체수가 다른 지점에 비해 적게 채집된 결과이다. 풍부도는 상류하천 보다는 중·하류에서 다소 높게 나타났다.

울산지역은 동해안의 다른 하천 수계처럼 수량 변동이 심하며 연중 거의 대부분이 건천화되어 하천수의 고갈이 매우 심각한 상태이며, 이는 어류서식에 큰 영향을 미치고 있다. 울산광역시 토지이용현황은 1999년 현재 총 1,055백만 m² 중 임야가 약 66%, 전답이 약 15%를 차지하고 있고, 약 10%의 토지가 목장, 과수원, 농업용지 등으로 사용되고 있어 많은 양의 용수가 요구되며

이를 위해 태화강 수계에 두 개의 댐이 건설되어있다. 따라서 갈수기에 상·중류 하천에서 물이 말라 건천화(예: 울산 동천)하고 하천이 복류하고 있어 수자원 관리 및 중 하천 서식생물의 다양성 유지 문제에 대한 대책이 시급하다. 현재 울산지역의 하천은 갈수기 동안 하천에 설치된 보유역에서만 하천수가 호를 형성해 어류 및 수서생물들의 서식처를 제공하고 있는 것으로 나타났다. 본 조사에서도 조사지점의 약 45%가 간헐천으로 개체군이 급격히 감소하고 있거나, 희귀하거나 위기종으로 알려져 있으나 정보가 충분하지 않은 미확정종(Indeterminate, 김, 1995; 예: 잔가시고기)이 수온이 낮고 하상이 자갈인 하천의 일부 보구간에만 서식하는 경우가 있어, 건천화의 정도가 어류상에 미치는 영향과 이 지역 하천에서 보의 생태적 역할에 대한 학술적인 평가가 요구된다. 또한 하천수의 지속적인 유지를 위해서는 집수역의 지하수 개발과 하천수의 이용 등에 대한 정량적인 평가 및 하천 생태계에 미치는 영향 평가가 필요할 것으로 사료된다.

적 요

가지산에서 발원하는 태화강의 본류 및 지천을 중심으로 1~5차 하천인 22개 지점(간헐천 45%; 낙동강 수계 5개 지점, 형산강 수계 4개 지점, 태화강 수계 13개 지점)에서 1999년 2월부터 2000년 10월까지 4~8회 어류상을 조사한 결과 총 14과 44종 2,696개체가 채집되었다. Cyprinidae (18종, 1,845개체; 상대풍부도 (RA), 40.9%)가 우점과로 나타났고, *Zacco temmincki* (RA 23.0%, 14개 지점)는 우점종으로 나타났으며, 아우점종은 *Moroco oxycephalus* (20.2%, 11개 지점), *Zacco platypus* (8.0%, 10개 지점), *Mugil cephalus* (5.2%, 3개 지점) 순으로 나타났다. 채집된 종 중 한국고유종은 모두 8종으로 나타났다(5과, 166개체, 6.2%). 한국고유종중 우점종은 *Squalidus chankaensis tsuchigae* (한국고유종 중 53.6%)며, 아우점종은 *Iksookimia longicorpa* (20.5%)와 *S. japonicus coreanus* (6.6%)로 나타났다. 본 조사에서 외래도입종은 모두 3종, *Micropterus salmoides* (36개체), *Lepomis macrochirus* (5개체), *Cyprinus carpio* (introduced from Israel, 1개체)이 채집되었다. 형산강과 태화강 수계의 상류하천에서는 *S. multimaculatus*, *Coreoperca herzi*, *Pungitius kaibaraya*가 채집되어 낙동강 수계와는 차이를 보였다.

사 사

본 연구는 울산광역시 및 울산지역 환경기술개발센터와 부산대학교 환경기술산업개발연구소 연구과제(과제번호: 00-10-12-99-B1)의 연구비 지원에 의하여 이루어졌습니다.

인 용 문 헌

- 김용익, 명정구, 한경호, 고종락. 1996. 강릉 남대천의 어류상. 한국육수학회지 **29**: 262-266.
- 김익수, 강언중. 1993. 원색한국담수어류도감. 아카데미서적 pp. 477.
- 김익수. 1988. 한국산 담수어류의 생물지리. 생물과학심포지움 강연록 **9**: 11-25.
- 김익수. 1995. 한국의 위기 담수어류의 서식현황과 보존. 1995 한국생태학회 · 어류학회 공동 심포지움 발표 논문집 p. 31-50.
- 内田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第1冊. 朝鮮總督府水試報 (6), 釜山.
- 박성배, 이지영, 장민호, 김현우, 정종문, 김종원, 주기재. 1999. 보 구간 (양산천)에서의 수질과 식물플랑크톤 군집에 관한 연구 (1993~1996). 한국육수학회지 **32**: 331-340.
- 변화근, 최재석, 최준길. 1996. 양양 남대천의 어류상과 소하성 어류의 분포 특성. 한국육수학회지 **29**: 159-166.
- 손영목. 1995. 우리나라 도서지방 담수어류의 생물지리. 1995 한국생태학회 · 어류학회 공동 심포지움 발표 논문집 p. 51-62.
- 양홍준, 채병수. 1994. 형산강 하류수역의 어류상과 어류군집 구조. 한국육수학회지 **27**: 23-32.
- 양홍준. 1979. 형산강산 잉어과 어류상. 한국수산학회지 **12**: 65-70.
- 양홍준. 1980. 태화강의 어류상에 관하여. 경북대학교 논문집 **29**: 419-424.
- 양홍준. 1982. 영남지역 (낙동강, 형산강, 태화강)의 잉어과 어류에 관한 연구. 부산대학교 박사학위논문, 부산대학교 pp. 41.
- 양홍준. 1983. 울진 남대천의 어류상에 관하여. 자연보호연구 보고서 **5**: 63-70.
- 양홍준. 1988. 오십천 (경북, 영덕)의 어류상과 주요 어종의 생태에 관하여. 경북대학교 논문집 **45**: 253-268.
- 울산광역시. 1997. 울산광역시 환경오염조사 및 환경중기 종합계획수립-생태계분야 p. 107-196.
- 이정호, 정 준. 1993. 광천 (경상북도 울진군)의 부착규조의 군집구조. 한국육수학회지 **26**: 223-233.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 학위청구논문, 중앙대학교 pp. 90.
- 전상린. 1982. 동해로 유입되는 소하천수계의 어류상에 관하여. 자연보존연구보고서 **4**: 109-118.
- 주기재, 김현우, 하 경. 1997. 하천생태학의 발전과 우리나라 하천 연구의 현황. 한국생태학회지 **20**: 69-78.
- 최기철, 김익수, 최은희. 1973. 강릉 남대천의 어류상에 관하여. 한국육수학회지 **6**: 21-28.
- 최기철, 양홍준, 전상린, 김익수, 최은희, 장기상, 이강복. 1977. 한국산 담수어 분포도. 한국담수생물연구보고서, 서울.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색 한국담수어도감. 향문사. 서울.
- 최기철, 전상린, 김익수. 1982. 한국산 담수어 분포도 (제6판). 한국담수생물연구소 p. 1-91.
- 최재석. 1995. 오십천의 하천 특성과 어류군집에 관한 연구. 한국육수학회지 **28**: 263-270.
- 하 경, 박성배, 김현우, 김진수, 주기재. 1997. 부산 · 경상남도 상류하천의 물리 · 화학적 특성과 부착조류 생체량의 분포. 한국육수학회지 **30**: 393-403.
- 환경부. 1997. 자연생태계 전국조사 -담수어류-. 환경부 p. 21-458.
- APHA. 1995. Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater), American Public Health Association.
- Allan, J.D. 1995. Stream Ecology-Structure and function of running waters. Chapman & Hall, New York.
- Jang, M.H., J.G. Kim, S.B. Park, K.S. Jeong, G.I. Cho, and G.J. Joo. 2001. The current status of the distribution of introduced fish in large river systems of S. Korea. *Int. Rev. Hydro.* (in press).
- Kim, H.W., S.J. Hwang, and G.J. Joo. 1999. Grazing rates of rotifers and their contribution to community grazing in the Nakdong River. *Korean J. Ecol.* **22**: 337-342.
- Ludwig, J.A. and J.F. Reynolds. 1988. Statistical Ecology - A primer on methods and computing. John Wiley & Sons, New York.
- Margalef, D.R. 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.* **3**: 36-71.
- Nelson, J.S. 1994. Fishes of the world (3rd ed). John Wiley & Sons, New York.
- Pielou, E.C. 1969. Shannon's formula as a measure of specific diversity: its use and misuse. *Amr. Nat.* **100**: 463-465.
- Shannon, C.E. and W. Weaver. 1949. The Mathematical Theory of Communication. University of Illinois press, Urbana.
- Simpson, E.H. 1949. Measurement of diversity. *Nature* **163**: 688.
- Wetzel, R.G. and G.E. Likens. 1991. Limnological analyses. (2nd ed.) Springer-Verlag, New York.