

낙동강 본류의 어류상

장 민 호* · 조 가 익 · 주 기 재

(부산대학교 생물학과)

Fish Fauna of the Main Channel in the Nakdong River. Jang, Min-Ho*, Ga-Ik Cho and Gea-Jae Joo (Department of Biology, Pusan National University, Busan, 609-735, S. Korea)

Longitudinal distribution of the fish fauna of the 20 main channel and tributary sites in the Nakdong River was investigated from July 1999 to December 2000. A total of 4,791 individuals of fishes were collected from three to seven sampling programs of all study sites and 48 species of 17 families were collected. Dominant family was Cyprinidae (25 species, relative abundance (RA): 91.8%). *Zacco platypus* (RA: 18.0%) was found to be the most abundant inhabitant. Subdominant species were *Opsariichthys bidens* (17.1%), *Squalidus chankaensis tsuchigae* (13.2%), *Hemibarbus labeo* (9.9%), and *Z. temmincki* (8.2%). Among the total species, 12 species were identified as endemic species (4 families, 24.5% of 1,172 individuals). Four exotic fishes were collected (*Carassius cuvieri*, 25 indiv.; *Micropterus salmoides*, 214 indiv.; *Lepomis macrochirus*, 14 indiv.; *Oreochromis niloticus*, 6 indiv.). *M. salmoides* was distributed in mid to lower part of the Nakdong River. As the result of cluster analysis, sampling sites were divided into three groups (upper, middle and lower part). Site below Gumi (St. 10) were considered as the lower part of the Nakdong River. Combined with previous surveys, about 80 species are present in the main channel and tributaries of the Nakdong River. Since the middle of 1990s, population density of the *M. salmoides* rapidly increased in the stagnant lower part of the river (RA 8.8% in lower 5 sites). The feeding strategy of *M. salmoides* was "generalized" on *Daphnia* sp. (<100 mm), and "specialization" about Cladocera (<150 mm) and Insecta (<200 mm).

Key words : Nakdong River, Fish fauna, Endemic species, Introduced species, *Micropterus salmoides*, Feeding strategy

서 론

낙동강은 강원도 태백에서 발원하여 남해로 유입되며 총 유로연장 525 km, 유역면적 23,860 km²에 이르는 남한에서 가장 긴 강으로 부산광역시와 대구광역시를 포함해 32개 시·군을 통과하며 이들 도시들의 상수원 및 농·공업용수로 이용되고 있다. 용수의 효율적 이용을 위해 낙동강에는 4개의 다목적 댐이 건설되어 있으며,

하류에는 상수원 및 농·공업 용수의 취수원에 염수유입을 막기 위해 1987년 하구둑이 완공되었다. 하지만 이러한 댐들과 하구둑으로 인한 수문학적 변화는 수질악화 및 식물플랑크톤의 과다번성을 가속시키는 요인이 되었으며, 현재 중·하류의 영양상태는 부영양화단계를 훨씬 초과하여 과영양 단계에 이르고 있다 (Ha *et al.*, 1998; Kim *et al.*, 2001). 이러한 수문, 수질 및 물리적 변화와 더불어 최근 외래 도입어류의 번성은 기존의 생물군집에 많은 변화를 초래할 것으로 예상되며 특히 어류

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

상에 많은 영향을 미칠 것으로 추정된다.

낙동강 본류의 어류상에 대한 학술적인 연구는 1970년대 양(1973)이 18과 55종을 보고하였으며, 전과 주(1977)에 의해 24과 91종이 서식하는 것으로 보고되었다. 지천에 대한 조사는 미천(김, 1977), 영강(최와 전, 1978; 채 등, 1998a), 남강 상류(주 등, 1980), 황강(양과 정, 1984), 감천(김, 1985), 밀양강(Yang and Nam, 1985), 반변천 상류(전, 1985) 등이 있다. 1987년 하구둑이 축조된 이후에는 낙동강의 지천을 중심으로 한 어류상 조사가 대부분으로 금호강(양과 채, 1994), 위천(채 등, 1998b), 밀양강(채 등, 1999) 등의 어류분포에 대한 보고가 있었다. 하지만, 최근의 연구 중에서 낙동강 본류를 중심으로 한 조사는 거의 없는 실정이다. 더욱이 낙동강은 5대강 본류 중 다른 강들에 비해 외래어의 출현이 가장 빈번한 강이지만 초기 유입 경로 및 확산에 대한 구체적인 자료가 없으며, 이로 인한 어류상의 변화에 대한 구체적 평가 또한 제대로 이루어져 있지 않은 실정이다(Jang *et al.*, 2001).

본 연구는 이제까지 지류를 중심으로 이루어진 어류분포 연구와는 달리 본류를 중심으로 어류상을 밝힘으로써 하구둑 축조 이후 낙동강 어류상의 변화를 알아보고, 외래어의 분포와 그들의 먹이원 조사를 통해 토착종에 미치는 영향과 수질의 변화에 따른 어류상의 변화와 지리적 분포를 파악하여 영남 지역의 주요 식수원인 낙동강의 장기적 생태 모니터링 자료로 활용할 수 있는 기초 자료로서 이용하고자 하는데 그 목적이 있다.

조사 및 방법

1. 조사기간 및 조사지점

본 연구는 1999년 7월부터 2000년 12월까지 낙동강 본류 15개 지점과 지류 5개 지점(내성천, 위천, 감천, 금호강, 남강)을 조사지점으로 선정하여 3회 또는 7회 조사(St. 10, 14, 16, 17, 19, 20: 7회)를 계절별로 실시하였으며 조사지점별 하구둑으로부터의 거리는(RK: river kilometer from estuary barrage) 다음과 같다(Fig. 1). 조사지점들은 대체로 수변 및 수중식생이 빈약하며 상류의 일부지역을 제외하고는 대부분 하상이 모래로 구성되어 단순하였다.

St. 1: 경상북도 봉화군 소천면 현동 소수력발전소 앞(3회, RK 442)

St. 2: 경상북도 봉화군 명호면 명호초등학교(3회, RK 413)

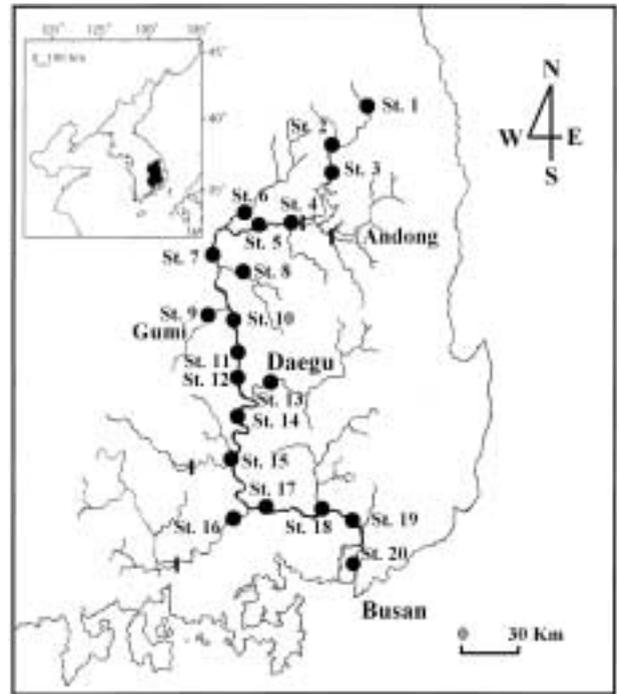


Fig. 1. Map showing sampling sites for ichthyofauna survey of the Nakdong River (■: multipurpose dam).

St. 3: 경상북도 안동시 도산초등학교 상부(3회, RK 392)

St. 4: 경상북도 안동시 남후면 회곡리 석문정(3회, RK 332)

St. 5: 경상북도 예천군 풍천면 구담리 구담교(3회, RK 303)

St. 6: 경상북도 예천군 호오면 오천리 내성교(3회, RK 299) - 지류

St. 7: 경상북도 예천군 풍양면 들마리 삼풍교(3회, RK 271)

St. 8: 경상북도 의성군 안계면 위천교(3회, RK 257) - 지류

St. 9: 경상북도 구미시 선산읍 감천리 감천교(3회, RK 228) - 지류

St. 10: 경상북도 구미시 공단동 구미대교(7회, RK 204)

St. 11: 경상북도 칠곡군 왜관읍 왜관철교(3회, RK 190)

St. 12: 대구광역시 달성군 성산면 강정리 성주대교(4회, RK 178)

St. 13: 대구광역시 달성군 박곡리 해량교(3회, RK 182) - 지류

St. 14: 경상남도 고령군 강정리 고령교(7회, RK 152)

St. 15: 경상남도 합천군 덕곡면 울지 울지교(3회, RK

120)

St. 16 : 경상남도 함안군 구례리 남강(7회, RK 92) - 지류

St. 17 : 경상남도 창령군 남지읍 남지교(7회, RK 81)

St. 18 : 경상남도 김해시 생림면 마사리 낙동철교(3회, RK 45)

St. 19 : 경상남도 김해시 대동면 매리취수장 부근(7회, RK 19)

St. 20 : 부산광역시 사하구 일운도(7회, RK 2)

2. 조사방법

물리·화학적 요인의 분석은 현장조사 및 원수를 채수하여 실험실에서 분석하였다. 현장에서는 기온 및 수온(YSI Meter 및 봉상 수온 온도계), 용존산소(YSI Dissolved Oxygen Meter, model 58), pH(Orion pH Meter, model 407A), 전기전도도(Fisher Conductivity Meter, model 12)를 측정하였고, 채수한 원수를 실험실로 운반해 탁도(Shaban Turbidimeter model 20052)를 측정 후 알칼리도, 화학적 산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP) 등을 Wetzel and Likens (1991)와 APHA (1995)에 제시된 방법으로 측정하였다. 측정된 자료는 평균값(N=3 또는 7)과 표준편차를 구하였다.

어류 채집은 족대(망목: 5×5 mm), 투망(10×10 mm), 자망(gill net, 20×20, 50×50, 70×70 mm)을 이용하여 가능한 한 조사지역의 모든 종조성을 밝히고자 하였다. 어류조사는 각 조사지점에서 수로를 따라 상·하로 약 50 m씩 이동하며 주로 투망을 이용하여 채집하였고, 수변식물이 발달한 지역에서는 족대를 이용해 어류를 채집하였다. 하류지역은 수심이 깊고 하상이 불규칙하여 투망과 함께 보트를 이용해 자망을 5시간 이상 설치하여 채집하였으며 지점에 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) 등을 구하였으며 상관계수를 이용하여 지점별 유사도와 집괴분석

은 Ludwig and Reynolds (1988)가 발표한 프로그램을 이용하여 측정하였다.

외래도입종의 먹이원을 알아보기 위해 낙동강 전역에서 포획하여 포르말린에 고정해 둔 *Micropterus salmoides*의 복부를 절개하여 위와 장을 적출하였고, 그 내용물을 분류가 가능한 수준(속, 종)까지 분류, 동정하였다(정, 1993; 조, 1993; 윤, 1995). 이미 소화가 완료되거나 진행 중이어서 동정이 불가능한 먹이원은 배제하였다. *M. salmoides*의 먹이 이용에 대한 분석은 Costello method (1990)를 따랐다.

결과 및 고찰

1. 물리·화학적 요인

조사기간동안, 전반적인 수질은 계절적인 경향을 보여 시기별로 많은 차이를 나타내었으나 지점별 분석에서는 상·중·하류지역간 차이는 크게 나타나지 않았다(Fig. 2). 이는 조사기간 중 하계의 집중강우 기간이 포함되었기 때문으로 사료된다.

각 조사시기에 따른 수온 변화는 계절적인 영향으로 최고 10°C 정도의 차이를 나타냈으나, St. 8과 9를 제외하고 각 조사지점에 따른 차이는 크지 않았다. St. 8과 9는 조사기간 중 동절기가 포함되었고 하절기 조사가 적었던 것으로 사료된다. 수소이온 농도는 St. 9(감천교)와 12(성주대교)를 제외하고 7~8의 범위를 나타냈다. 전기전도도와 알칼리도는 St. 13(해량교)에서 가장 높게 나타나 대구시를 통과한 금호강에서 많은 양의 이온물질이 유입된 결과로 사료된다. 탁도는 급격한 강우량증가와 유량증가로 하상이 교란되는 시기에 쉽게 변화하는데(박, 1998; Ha *et al.*, 1998), 상류지역보다 하류지역에서 그 변화가 크게 나타났다. 또한 중·하류에서 이루어지고 있는 골재채취 및 플랑크톤의 번성도 중요한 역할을 한 것으로 사료된다. 화학적 산소요구량은 금호강이 유입된 이후 크게 증가하였고 하류로 내려올수록 서서히 감소하는 양상을 나타냈다. 총질소는 St. 13과 St. 8, 9에서 높게 나타나 낙동강 본류보다는 지천에 질소유기물이 더 많은 것으로 나타났다. 총인은 St. 10(구미)과 15(울지)에서 가장 높게 나타났다.

2. 어류

본 조사기간 동안 낙동강 본류와 지류에서 채집된 어류는 총 17과 48종 4,791개체로 나타났다(Table 1). 이

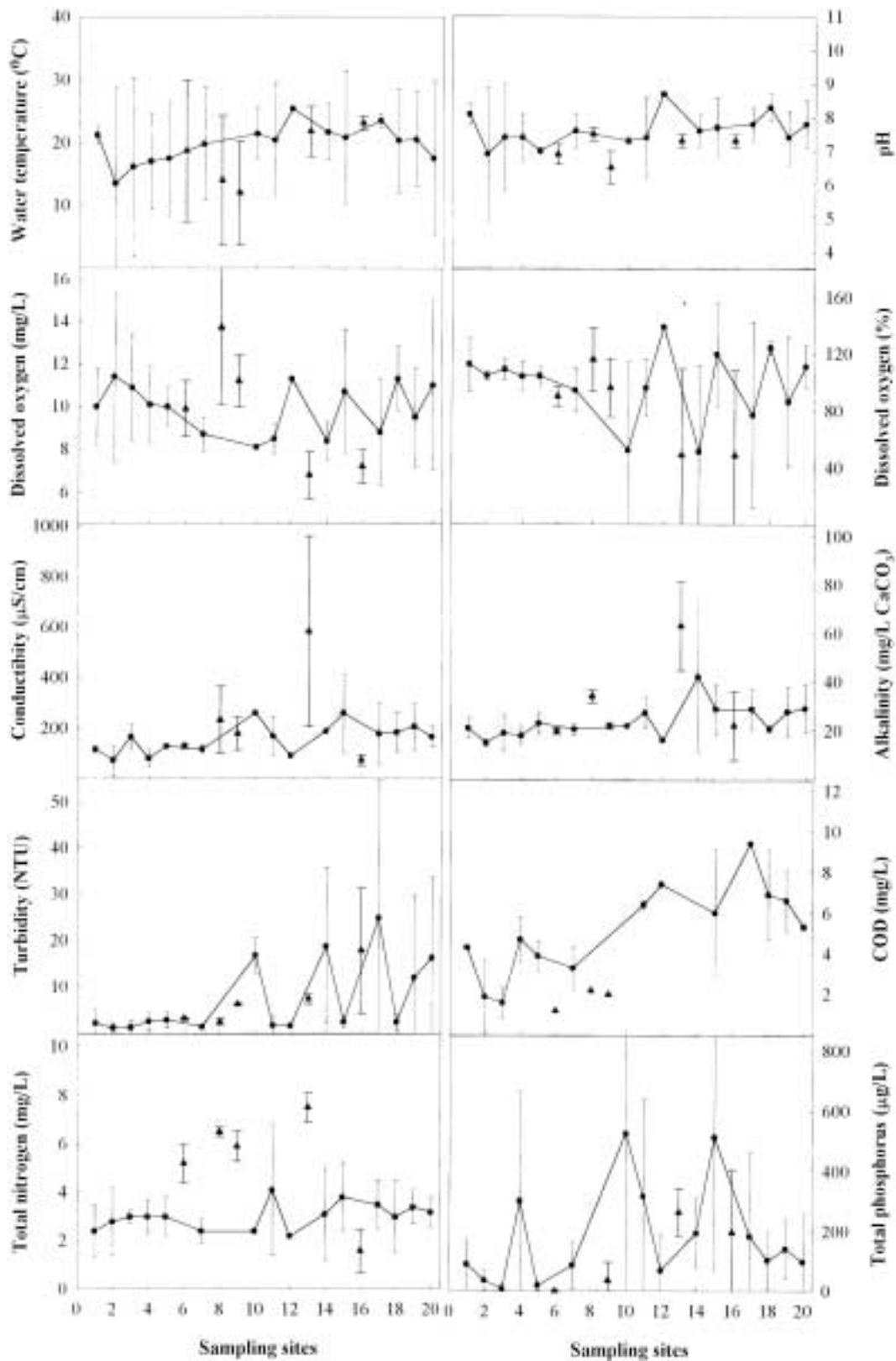


Fig. 2. Physical and chemical parameters of 20 sites in the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000; N = 3 or 7; -●-: main channel; -▲-: tributary).

Table 1. Ichthyofauna of the main channel and tributary sites of the Nakdong River (Jul. 1999 – Dec. 2000; *: Korean endemic species; #: introduced species; FR: frequency; RA: relative abundance, %).

Species name	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total	FR	RA	
Clupeidae (청어과)																								
Konosirus punctatus (진어)																3			1	1	5	3	0.1	
Engraulidae (멸치과)																								
Colia nasus (웅어)																1						1	1	0.0
Cyprinidae (잉어과)																								
Cyprinus carpio (잉어)												2				4	2			3	130	10	2.7	
Carassius auratus (붕어)				1					18	1					2	21	23		10	26	25	7	0.5	
# Carassius cuvieri (떡붕어)									3						2	8	8		1		2	1	0.0	
Rhodeus ocellatus (흰줄남줄개)					2																8	2	0.2	
* Acheilognathus koreensis (칼남자루)					7				1												9	6	0.2	
Acheilognathus intermedia (남자루)							2		3	1					1				1		230	8	4.8	
Acheilognathus rhombeus (남저리)									102		3	36	14	8	52				4	11	186	6	3.9	
Acheilognathus macropterus (큰남저리)									15				22	68	34				19	28	11	5	0.2	
Pseudorasbora parva (참붕어)						1							2	2						2	473	18	9.9	
Hemibarbus labeo (누치)		1	8	1		3	4	1	1	31	2	10	24	35	12	32	77	43	97	91	18	6	0.4	
Hemibarbus longirostris (참마자)							1	1		8	2	5				1				3	2	0.1		
* Sarcocheilichthys variegatus wakiyai (참중고기)										1	2										60	8	1.3	
Pungtungia herzi (돌고기)	14		2	1	8				2	4			5			24					1	1	0.0	
* Coreoleuciscus splendidus (쉬리)	1																				632	11	13.2	
* Squalidus chankaensis tsuchigae (참물개)							2		142	26	9	21	37	105	107	161	1	21			303	13	6.3	
* Squalidus gracilis majimae (긴물개)	7	40	11	7	5			5	5			116	40		30	9		17	11	29	8	0.6		
Pseudogobio esocinus (모래무지)	11	1					3	2	1	6	4	1									13	1	0.3	
* Microphysogobio koreensis (모래주사)	13								4				11			6					168	8	3.5	
* Microphysogobio yaluensis (돌마자)	102	4	37				2	2	4							4					9	3	0.2	
* Microphysogobio tungtingensis (뽕쟁모치)									4				1								16	6	0.3	
* Gobiobotia naktongensis (흰수마자)		1	7	1	1	4			4												861	17	18.0	
Zacco platypus (피라미)	36	6	69	63	22	75	48	59	11	37	5	7	135	64	162	61	1				392	5	8.2	
Zacco temmincki (갈겨니)	285	101					1		2						3						821	16	17.1	
Opsarichthys bidens (꼬리)									4	43	12										11	4	0.2	
Hemiculter eigenmanni (치리)										5	1					4			1		2	2	0.0	
Culter brevicauda (백조어)										1	1										1	1	0.0	
Cobitidae (미꾸리과)																								
Misgurnus anguillicaudatus (미꾸리)																		1			5	3	0.1	
Misgurnus mizolepis (미꾸라지)									2											1	38	9	0.8	
Cobitis sinensis (기름중개)	3			1	1				4	6	5	6	4	8							2	2	0.0	

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	Total	FR	RA		
* <i>Iksookimia longicorpa</i> (왕종개)															1	1					1	1	0.0		
Bagridae (동자개과)																						1	1	0.0	
<i>Pelteobagrus fulvidraco</i> (동자개)				1																		1	1	0.0	
Siluridae (베기과)																						1	1	0.0	
<i>Silurus asotus</i> (베기)				1																		1	1	0.0	
Osmeridae (바다빙어과)																						6	1	0.1	
<i>Hypomesus olidus</i> (빙어)											1											6	1	0.1	
Plecoglossidae (은어과)																						2	1	0.0	
<i>Plecoglossus altivelis</i> (은어)															6							2	1	0.0	
Salangidae (뱅어과)																						16	3	0.3	
<i>Neosalanx andersoni</i> (도화뱅어)																		2							
Adrianchthyoidae (송사리과)																						12	1	0.3	
<i>Oryzias latipes</i> (송사리)		6				4	6																		
Gasterosteidae (큰가시고기과)																						12	4	0.1	
<i>Gasterosteus aculeatus</i> (큰가시고기)																						20	3	0.4	
Centropomidae (꼭지과)	3																								
* <i>Coreoperca herzi</i> (꼭지)									1																
<i>Siniperca scherzeri</i> (포기리)					2				15					3								2	1	0.0	
Mugilidae (송어과)																									
<i>Mugil cephalus</i> (송어)															2							13	5	0.3	
Odontobutidae (동사리과)																									
* <i>Odontobutis platycephala</i> (동사리)	2				4				4	1					2							1	1	0.0	
Gobiidae (만둑어과)																									
<i>Rhinogobius brunneus</i> (밀어)																						2	1	0.0	
<i>Tridentiger brevispinis</i> (민물검정망둑)							1								2										
Centrarchidae (검정우럭과)																									
# <i>Micropterus salmoides</i> (큰입우럭)			1		1							12	21	9	65	43					28	34	214	9	4.5
# <i>Lepomis macrochirus</i> (과랑볼우럭)												7			7							14	2	0.3	
Cichlidae																									
# <i>Oreochromis niloticus</i> (나일틸라피어)															3	3					6	2	0.1		
No. of individuals	483	154	128	82	59	93	67	72	21	453	66	29	518	481	158	681	725	61	229	2314	791	100			
No. of species	12	7	6	8	13	5	11	8	5	24	12	4	21	18	9	26	16	5	12	12	12	48			

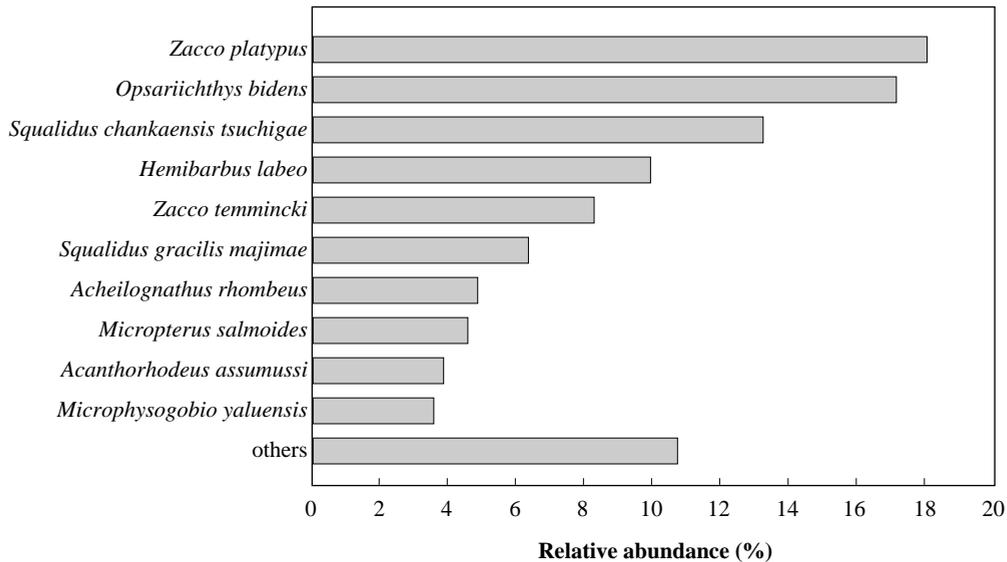


Fig. 3. Relative abundance of the fishes collected from main channel and tributary sites of the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000).

중 가장 많은 종이 채집된 분류군은 Cyprinidae로 25종 4,399개체가 채집되어 91.8%의 상대풍부도를 나타냈으며, Cyprinidae 다음으로 가장 많은 종이 채집된 Cobitidae는 4종, Serranidae, Gobiidae, Centrarchidae는 각각 2종씩 채집되었다. 이외에 Siluridae, Salangidae 등 12과는 각각 1종씩 채집되었다.

낙동강 전역에서 우점종은 *Zacco platypus*로 낙동강의 최하류(St. 19와 20)를 제외하고 전역에 고루 분포하고 있으며 18.0%의 상대풍부도를 나타냈다(17개 지점, 861개체; Fig. 3, Table 2). 아우점종은 *Opsariichthys bidens* (16개 지점, 821개체), *Squalidus chankaensis tsuchigae* (11개 지점, 632개체), *Hemibarbus labeo* (18개 지점, 473개체), *Zacco temmincki* (5개 지점, 392개체) 순으로 나타났다. 가장 높은 출현빈도를 보인 종은 *H. labeo*로 20개 지점 중 18개 지점에서 채집되어 출현빈도가 90%로 나타나 상류지역을 제외하고 낙동강 전역에서 고르게 분포하고 있었으며, 이외에도 *Z. platypus* (85%), *O. bidens* (80%), *Squalidus gracilis majimae* (65%) 순으로 나타났다. *Z. platypus*는 St. 1에서 St. 18까지 분포하였으나 *O. bidens*는 St. 4에서 처음 채집된 후 St. 20까지 고르게 분포하는 것으로 나타났다. *S. gracilis majimae*는 St. 1에서 St. 20까지 고르게 분포하는 것으로 나타났다 (Table 2).

각 지점 중 가장 많은 종이 채집된 지점은 26종이 채집된 St. 16으로 이곳은 하천 주변에 식생대와 수변식물

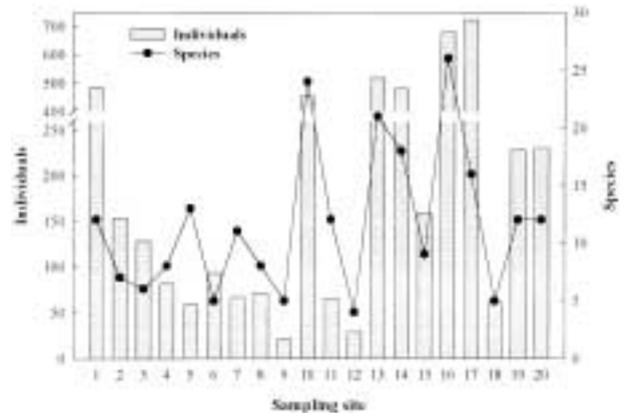


Fig. 4. Total numbers of collected individuals and species at 20 sites in the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000).

이 잘 발달되어 있어 다양한 서식처가 있었기 때문으로 사료된다. 반면에 St. 12는 가장 적은 4종만이 채집되어 교량공사로 인한 영향을 보여주고 있었다. 가장 많은 개체가 채집된 St. 17은 725개체 중 *O. bidens*와 *S. chankaensis tsuchigae*가 449개체로 지점내에서 전체 개체수의 약 62%를 차지하였다. St. 9는 가장 적은 21개체만이 채집되어 0.4%의 상대풍부도를 나타냈다.

조사기간 중 채집된 한국고유종 (Korean endemic species)은 모두 4과 13종 1,175개체로 24.9%의 상대풍

Table 2. Longitudinal distribution of collected fishes in the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000).

Species name	Site																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
<i>Zacco platypus</i>	=====																			
<i>Opsariichthys bidens</i>	=====																			
<i>Squalidus japonicus coreanus</i>	=====																			
<i>Hemibarbus labeo</i>	=====																			
<i>Zacco temmincki</i>	=====																			
<i>S. chankaensis tsuchigae</i>	=====																			
<i>Acheilognathus rhombeus</i>	=====																			
<i>Micropterus salmoides</i>	=====																			

= : collected sites; ... : probability of survival

부도를 나타냈으며 고유화 빈도는 26.0%로 김 (1995)의 한국 고유 담수어류의 고유화 빈도 25.9%와 유사하게 나타났다. Cyprinidae의 한국고유종은 *Acheilognathus koreensis* (8개체), *Gobiobotia naktongensis* (16개체), *S. chankaensis tsuchigae* (632개체), *S. gracilis majimae* (303개체), *Microphysogobio yaluensis* (168개체) 등 10종 1,156개체로 가장 많은 종과 개체가 채집되었다. Odontobutidae의 *Odontobutis platycephala*가 13개체, Centropomidae의 *Coreoperca herzi*가 4개체, Cobitidae의 *Iksookimia longicorpa*가 2개체 채집되었다. 가장 많은 한국고유종이 출현한 지점은 St. 10으로 채집된 총 24종 중 9종 (38%)이 고유종이었으며, 가장 고유화 빈도가 높은 지점은 최상류지점인 현동지역으로 12종 중 6종이 한국고유종이어서 50%의 고유화 빈도를 나타냈다. St. 2에서는 7종 중 3종이 고유종으로 42%의 고유화 빈도를 나타내었고, St. 8 (고유화 빈도, 38%), 3 (33%), 5 (31%)에서도 비교적 높은 고유화빈도를 보여 상류하천에서의 일반적인 어류분포 특성을 잘 나타냈다. 산업화로 인해 하천의 오염이 가중됨에 따라 그 분포영역이 줄어들어 멸종위기종으로 분류되고 있으며, 김 (1995)에 의하면 낙동강, 임진강, 금강에서 하상이 모래인 곳에서만 서식하는 것으로 알려진 *G. naktongensis*가 본 조사에서는 6개 지점에서 모두 16개체가 채집되었다. 특히 St. 8 이하의 중·하류에서는 *G. naktongensis*가 전혀 채집되지 않아 분포지역이 하상이 대부분 모래로 구성된 상류로 제한된 것으로 사료된다.

조사기간 중 채집된 외래도입종은 모두 3과 4종 259개체로 5.4%의 상대풍부도를 나타냈다. Cyprinidae 어류인 *Carassius cuvieri*는 7개 지점에서 25개체가 채집되어 *C. auratus*와 *C. cuvieri*의 155개체 중 16%를 나타내

어 전국평균 (24%, Jang *et al.*, 2001)보다는 낮게 나타났으나, 낙동강 지류를 중심으로 한 채 등 (1995)의 조사에서는 약 5%로 나타나 낙동강 본류의 중·하류지역에서 점차 밀도가 높아질 것으로 사료된다. Centrarchidae의 *Micropterus salmoides*는 9개 지점에서 214개체가 채집되었으며, 이들은 안동댐 상류 (St. 3)에서 하구둑 (St. 20)까지 넓은 영역에 분포하고 있는 것으로 나타났다. 더욱이 이들은 주로 정체된 수역 (호수나 댐, 흐름이 느린 강)을 선호하기 때문에 강의 경사가 완만하여 유속이 느리고 하구둑으로 인하여 정체구역이 확대된 낙동강에서는 더욱 증가할 것으로 사료된다. 이러한 종은 육식성으로 다른 어류를 포식함으로써 그 개체수가 더 증가한다면 토착종들에 적지 않은 영향을 미칠 것으로 예상된다. Cichlidae인 *Oreochromis niloticus*는 국내 하천에서 정착하지 못한 종으로 보고되고 있는데 본 조사에서는 St. 16과 St. 17에서 유사한 크기 (250 mm)들이 각각 3개체씩 채집되어 주변의 양식장에서 유입된 것으로 사료된다. 이들의 유입이 국내의 수중생태계에 미치는 영향은 아직까지 밝혀지지 않고 있으며 자연번식 가능성도 연구될 필요가 있다.

각 조사지점에서 채집된 어류를 대상으로 지점별 유사도를 산출하였다 (Table 3). 가장 유사도 지수가 높은 지점은 St. 14 (남후면)와 17 (위천)이 0.871로 나타나 채집된 어류의 종이 유사하며 개체수도 큰 차이를 보이지 않은 것으로 나타났다. 이외에도 St. 4 (석문정)과 8 (위천)이 0.869로 나타났으며, St. 1 (현동)과 15 (울지교), 16 (남강), 18 (낙동철교), 19 (매리), 20 (일웅도) 등 유사도가 모두 0으로 가장 낮게 나타났다. 이는 하류의 어류상과 최상류인 현동지역의 어류상이 서로 다른 결과이다.

서식지 분류는 지점간 유사도에 따른 집괴분석에 의

Table 3. The similarity index of fish fauna between each site of the main channel and tributary in the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	1.000																			
2	.733	1.000																		
3	.550	.527	1.000																	
4	.324	.455	.680	1.000																
5	.339	.254	.481	.639	1.000															
6	.270	.193	.554	.677	.540	1.000														
7	.414	.383	.668	.698	.343	.708	1.000													
8	.462	.513	.819	.869	.549	.728	.830	1.000												
9	.205	.232	.471	.799	.4335	.779	.792	.767	1.000											
10	.141	.182	.331	.327	.1913	.362	.483	.392	.364	1.000										
11	.143	.002	.191	.319	.246	.395	.505	.336	.439	.660	1.000									
12	.065	.134	.464	.413	.171	.504	.642	.447	.420	.670	.516	1.000								
13	.155	.330	.587	.552	.253	.514	.492	.623	.471	.676	.498	.560	1.000							
14	.042	.198	.427	.513	.335	.513	.376	.446	.464	.751	.575	.569	.805	1.000						
15	0	0	.040	.031	0	.163	.208	0	.161	.660	.651	.634	.594	.690	1.000					
16	0	.105	.333	.379	.136	.498	.393	.363	.444	.577	.518	.546	.697	.835	.673	1.000				
17	.173	.250	.486	.450	.282	.401	.377	.418	.393	.712	.511	.577	.732	.871	.638	.745	1.000			
18	0	.046	.289	.218	.028	.496	.396	.241	.467	.450	.453	.564	.469	.556	.549	.597	.392	1.000		
19	0	.119	.225	.160	0	.185	.156	.121	.171	.600	.370	.486	.641	.813	.747	.812	.723	.619	1.000	
20	0	.079	.194	.128	0	.144	.016	.074	.105	.403	.064	.288	.505	.644	.455	.611	.561	.479	.821	1.000

Table 4. The dominance, diversity, richness and evenness index of fish in the main channel and tributary sites in the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000).

Site Indices	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	Total
Dominance	0.80	0.92	0.83	0.85	0.51	0.89	0.78	0.89	0.71	0.54	0.58	0.66	0.49	0.58	0.77	0.40	0.62	0.93	0.55	0.54	0.35
Diversity	1.33	0.95	1.18	0.89	2.04	0.72	1.22	0.79	1.26	2.20	1.94	1.31	2.08	1.93	1.23	2.43	1.83	0.83	1.80	1.88	2.56
Richness	1.78	1.19	1.03	1.59	2.94	0.88	2.38	1.64	1.31	3.76	2.63	0.89	3.20	2.75	1.58	3.83	2.28	0.97	2.02	2.02	5.78
Evenness	1.24	1.12	1.52	0.99	1.83	1.03	1.17	0.87	1.80	1.59	1.80	2.17	1.57	1.54	1.29	1.72	1.52	1.19	1.67	1.75	1.51

하여 나타내었다 (Fig. 5). 유사도 지수가 0.38인 시점을 중심으로 구획했을 때 세가지 집단으로 나눌 수 있다. 집단 A는 상류하천 집단으로 St. 1, 2가 상류하천의 특징을 나타내는 종이 채집된 지역들이다. 이러한 분류에 가장 중요하게 작용한 종은 *Coreoleuciscus splendidus*, *C. herzi*, *Microphysogobio koreensis*로 사료된다. 집단 B는 중류하천 집단으로 St. 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9로 나타났다. 이들 지역은 *G. naktongensis*, *Silurus asotus*, *Oryzias latipes*가 상류하천 집단과 하류하천 집단의 중간적 위치를 차지하는데 결정적 역할을 했으며, 종분포의 차이를 나타냈다. 집단 C는 하류하천 집단으로 St. 10부터 20까지로 나타났다. 이들 지점은 *Acheilognathus rhombeus*, *A.*

*macropterus*와 바다에서 올라오는 *Neosalanx andersoni*, *Mugil cephalus*, 그리고 외래도입종인 *M. salmoides*가 집단 구분의 중요한 역할을 한 것으로 사료된다.

이처럼 한 수계에서 채집된 어류를 중심으로 지점별 유사도를 알아보면 강의 상·중·하류에 따른 서식지의 변화와 인위적 변화가 있는지를 알 수 있게 된다. 따라서 하류에 위치하면서 상류분류군에 속하면 서식처가 상류와 유사하게 변화한 상황을 보여주며, 상류임에도 불구하고 중·하류 분류군에 속하면 인위적인 교란이 심함을 짐작할 수 있다. 현재의 낙동강에서 어류상을 중심으로 구분하면 하류부가 St. 10 (구미) 이하 구간임을 나타내고 있다.

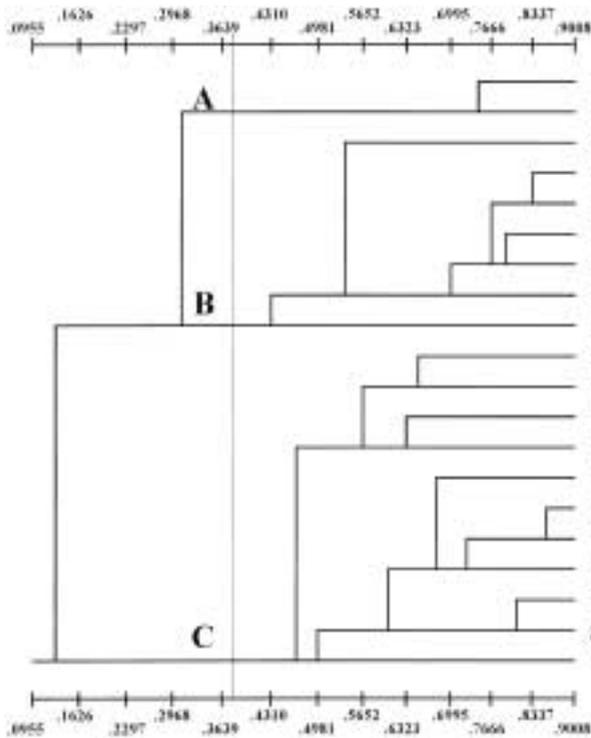


Fig. 5. Cluster analysis of collected fishes at the main channel and tributary sites in the Nakdong River (Jul. 1999~Dec. 2000).

각 조사지점에서 어류군집의 분석을 위한 지수분석은 Table 4와 같다. 조사지점 전체에 대한 우점도 지수는 0.35로 낮아 특정한 종이 절대 우점하는 양상을 보이지 않았으며, 이는 본 조사가 상류에서 하류까지 다양한 지점을 조사한 결과로 사료된다. 다양도는 2.56으로 매우 높게 나타나 개체수에 비해 비교적 많은 종이 채집된 것을 반영하였고 풍부도 역시 5.78로 매우 높게 나타났으며 균등도는 1.51로 비교적 높은 편으로 나타났다. St. 18은 *H. labeo*와 *O. bidens*가 채집된 개체의 93.4%를 차지해 우점도 지수가 가장 높은 0.93으로 나타났다. 이외에 St. 2는 0.92로 *Z. temmincki*와 *S. gracilis majimae*가 91.5%의 개체 비율로 채집되었으며, 가장 낮은 지점은 St. 16 (0.40)이었다. St. 16은 다양도 지수가 가장 높은 2.43으로 우점도와 반대양상을 보였으며, 풍부도 역시 St. 16이 3.83로 가장 높은 값은 나타냈다. 균등도 지수가 가장 높게 나타난 지점은 St. 12 (2.17)였다.

본 조사와 이전에 낙동강 본류의 어류상을 대상으로 한 연구를 비교한 결과는 Table 5와 같다. 문헌과 본 조사를 포함하여 조사된 어류는 모두 27과 92종으로 나타났다. 낙동강 하구둑이 건설되기 이전인 1973년에 조사

된 자료(양, 1973)에서는 낙동강에서 12개 지점에서 모두 55종이 채집되었다. 90년대의 발표 자료(양과 남, 1992; 양과 채, 1993; 채 등, 1995; 양 등, 1997)에는 이미 낙동강에서 사라지거나 확인되지 않는 종(예: *Brachymystax lenok tsinlingensis*, *Lampetra japonica*)들이 추가로 보고되었다. 양과 남(1992)에 의하면 낙동강의 동창천을 조사한 결과 모두 21종이 채집되었다. 낙동강의 주요 지류 및 안동보다 위쪽의 본류부를 조사한 채 등(1995)의 결과는 156개 지점에서 모두 66종이 채집되었으나 본 조사는 50종으로 채 등(1995)보다 16종이 적게 채집되었다. 1995년 조사는 본류 하류부의 조사지점이 상대적으로 적어 기수역의 어류가 채집되지 않아 차이가 나타났으며, 본 조사에서는 각 지류의 중·상류부의 조사가 없어 종의 차이를 보였다. 낙동강에 이식된 것으로 알려진 *H. eigenmanni*는 1995년부터 보고는 있었으나, 본 조사에서도 많은 개체가 채집되지는 않았다. *O. bidens* 역시 낙동강에 이식된 종으로 본류를 조사한 문헌 중에는 1973년 이후 보고가 없었으나 본 조사에서는 아우점종으로 나타나 그 수가 크게 증가한 것으로 사료된다. 낙동강의 지류를 조사한 보고에는 *O. bidens*가 채집된 경우도 있었으나 개체수가 많지 않았다(채 등 1995; 남 등, 1999). 낙동강에서 *O. bidens*와 *H. eigenmanni*에 대한 생태적 평가가 이루어져야 할 것이다.

외래도입종은 문헌(채 등, 1995; 양 등, 1997)과 본 조사를 포함하여 모두 5과 10종으로 나타났다. 낙동강 수계 중 중류부에 위치한 안동댐의 경우 국내에 도입된 외래어 중 *O. niloticus*와 *Hypophthalmichthys molitrix*, *Oncorhynchus mykiss*, *Ictalurus punctatus*를 제외하고 6종이 채집되었다(양 등, 1997). 특히 국내에서 정착하지 않은 종으로 알려진 *Ctenopharygodon idella*와 *Aristichthys nobilis*가 안동댐에서 채집되었고, 본 조사에서는 낙동강의 본류인 남지부근(St. 17)에서 *O. niloticus*가 채집되었다. *M. salmoides*는 낙동강 전역에서 고루 채집되었다.

낙동강 전역에서 개체수가 증가하고 있는 *M. salmoides*가 낙동강 수중생태계에 미치는 영향을 파악하고자 먹이원에 대한 조사를 실시한 결과 총 114개체에서 이들의 먹이원은 모두 42종류로 나타났으며 각 개체의 체장에 따라 다양하였다(Table 6). 체장이 200 mm 이하의 개체들은 어류 이외에도 수서곤충, 저서무척추동물 등 모두 42가지의 먹이원을 섭식하는 것으로 나타났다. 300 mm 이상의 개체에서 먹이원을 찾지 못한 것은 이미 소화가 되어 위와 장이 모두 비어있었기 때문이며, 100~200 mm 이하의 개체들은 어류를 섭식한 경우가 다른

Table 5. Comparison between previous surveys and this study on fish fauna in the Nakdong River (*: Korean endemic species, #: introduced species).

Species name	1973	1992	1993	1995	1997	This study
Petromyzontidae						
<i>Lampetra japonica</i>	+					
<i>L. reissneri</i>				+		
Anguillidae						
<i>Anguilla japonica</i>	+	+		+		
Engraulidae						
<i>Coilia nasus</i>	+					+
Clupeidae						
<i>Konosirus punctatus</i>						+
Cyprinidae						
<i>Cyprinus carpio</i>	+		+	+	+	+
<i>Carassius auratus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Rhodeus ocellatus</i>	+		+	+		+
* <i>Rhodeus uyekii</i>			+	+		
* <i>Acheilognatus yamatsutae</i>	+		+	+		
* <i>Acheilognatus signifer</i>	+					
* <i>Acheilognatus koreensis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Acheilognatus intermedia</i>	+			+		+
<i>Acheilognatus rhombeus</i>	+		+	+		+
<i>Acheilognatus macropterus</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudorasbora parva</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Hemibarbus labeo</i>	+			+	+	+
<i>Hemibarbus longirostris</i>	+	+	+	+	+	+
* <i>Sarcocheilichthys variegatus wakiyae</i>	+		+	+		+
<i>Pungtungia herzi</i>	+	+	+	+	+	+
* <i>Coreoleuciscus splendidus</i>	+	+	+	+	+	+
* <i>Squalidus c. tsuchigae</i>			+	+	+	+
* <i>S. japonicus coreanus</i>	+					
<i>S. gracilis majimae</i>	+	+	+	+	+	+
<i>Pseudogobio esocinus</i>	+		+	+	+	+
* <i>Abbottina springeri</i>				+		
<i>A. rivularis</i>				+		
* <i>Microphysogobio koreensis</i>	+		+	+		+
* <i>M. yaluensis</i>	+	+	+	+	+	+
<i>M. tungtingensis</i>	+			+	+	+
* <i>M. rapidus</i>				+		
* <i>Gobiobotia naktongensis</i>				+		+
<i>Tribolodon hakonensis</i>	+					
<i>Moroco lagowskii</i>	+					
<i>M. oxycephalus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Zacco platypus</i>	+	+	+	+	+	
<i>Z. temmincki</i>	+	+	+	+	+	
<i>Opsariichthys bidens</i>	+					+
<i>Hemiculter eigenmanni</i>				+	+	+
<i>Culter brevicauda</i>	+			+	+	+
Cobitidae						
<i>Misgurnus anguillicaudata</i>		+	+	+	+	+
<i>M. mizolepis</i>		+	+	+		+
<i>Cobitis sinensis</i>			+	+	+	+
<i>Cobitis taenia striata</i>	+		+			
* <i>Iksooimia longicorpa</i>		+		+		+
* <i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	+	+				
* <i>Niwaella multifasciata</i>	+	+	+	+	+	
<i>Nemacheilus toni</i>				+		

Table 5. Continued.

Species name	1973	1992	1993	1995	1997	This study
<i>Lefua costata</i>	+			+		
Bagridae						
<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>			+	+	+	+
* <i>Pseudobagrus koreanus</i>			+			
* <i>Pseudobagrus brevicarpus</i>	+			+		
<i>Pseudobagrus ussuriensis</i>	+			+		
Siluridae						
<i>Silurus asotus</i>	+	+	+	+	+	+
* <i>Silurus microdosalis</i>	+		+	+	+	
Amblycipitidae						
* <i>Liobagrus mediadiposalis</i>		+	+	+	+	
Osmeridae						
<i>Hypomesus olidus</i>				+	+	+
Plecoglossidae						
<i>Plecoglossus altivelis</i>	+			+	+	+
Salangidae						
<i>Neosalanx andersoni</i>						+
Salmonidae						
<i>Brachymystax lenok tsinlingensis</i>	+			+		
<i>Oncorhynchus keta</i>	+					
Mugilidae						
<i>Mugil cephalus</i>	+					+
Adrianichthyoidae						
<i>Oryzias latipes</i>	+			+		+
Gasterosteidae						
<i>Gasterosteus aculeatus</i>	+					+
<i>Pungitius s. kaibarae</i>				+		
Synbranchidae						
<i>Monopterus albus</i>			+	+		
Cottidae						
<i>Cottus poecilopterus</i>				+		
Moronidae						
<i>Lateolabrax japonica</i>	+					
Centropomidae						
* <i>Coreoperca herzi</i>	+	+		+	+	+
<i>Coreoperca kawamebari</i>	+					
<i>Siniperca scherzeri</i>	+			+		+
Gobiidae						
<i>Rinogobius giurinus</i>	+				+	
<i>R. brunneus</i>			+	+	+	+
<i>Synechogobius hastus</i>	+					
<i>Tridentiger brevispinis</i>						+
Odontobutidae						
* <i>Odontobutis platycephala</i>	+	+	+	+	+	+
Belontiidae						
<i>Macropodus chinensis</i>	+		+	+		
Hemiramphidae						
<i>Hyporhamphus sajori</i>	+					
Channidae						
<i>Channa argus</i>	+			+		
Cyprinidae						
# <i>Cyprinus carpio</i> (Introduced from Israel)					+	
# <i>Carassius cuvieri</i>				+	+	+
# <i>Ctenopharygodon idella</i>				+	+	
# <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>				+		

Table 5. Continued.

Species name	1973	1992	1993	1995	1997	This study
# <i>Aristichthys nobilis</i>					+	
Centrarchidae						
# <i>Micropterus salmoides</i>				+	+	+
# <i>Lepomis macrochirus</i>				+	+	+
Salmonidae						
# <i>Oncorhynchus mykiss</i>				+		
Ictaluridae						
# <i>Ictalurus punctatus</i>				+		
Cichlidae						
# <i>Oreochromis niloticus</i>						+
Total	55	21	35	66	39	48

* 1973: Yang (12 sites (S)); 1992: Yang and Nam (4 sampling programs (SP), 6 S); 1993: Yang and Chae (5 SP, 11 S); 1995: Chae *et al.* (156 S), 1997: Yang *et al.* (3 SP, 7S)

Table 6. Stomach contents of *Micropterus salmoides* in the Nakdong River (n = 114; TL: total length).

Stomach contents	TL				Stomach contents	TL			
	< 100 mm	100~ 150 mm	150~ 200 mm	> 200 mm		< 100 mm	100~ 150 mm	150~ 200 mm	> 200 mm
Planta					Fly	+			
Plant tissue	+	+		+	Chironomidae	+	+		
Seed	+	+	+	+	Culicidae	+	+		+
Animalia					Chaoboridae	+			
Annelida					Tipulidae	+			
Hirudinea					Trichoptera	+			
Leech		+	+	+	Land Insect	+			
Oligochaeta	+				Vertebrata				
Arthropoda					Osteichthyes		+		
Crustacea					Teleostei				
Cladocera	+	+			Fish egg	+	+		
<i>Daphnia</i> sp.	+	+			Cyprinidae				
Copepoda	+				<i>Carassius auratus</i>				+
Mysidacea	+	+		+	<i>Acheilognatus lanceolatus</i>		+	+	
Amphipoda	+				<i>Rhodeus uyekii</i>	+	+	+	+
Insecta					<i>Pseudorasbora parva</i>	+	+	+	+
Ephemeroptera	+	+		+	<i>Zacco platypus</i>	+	+	+	+
Odonata	+				<i>Opsariichthys bidens</i>		+	+	+
Libellulidae	+	+			<i>Hemiculter eigenmanni</i>			+	
Coenagrionidae	+				<i>Hemibarbus labeo</i>		+	+	+
Calopterygidae	+				<i>Squalidus g. majimae</i>		+	+	
Hemiptera					Cobitidae				
Nepidae	+				<i>Iksookimia longicorpa</i>		+	+	
Belostomatidae	+	+		+	Siluridae				
Plecoptera	+				<i>Silurus asotus</i>			+	
Adult insect	+	+			Gobiidae				
Coleoptera					<i>Rhinogobius brunneus</i>	+	+	+	+
Dytiscidae	+	+		+	<i>Tridentiger brevispinis</i>	+		+	
Diptera	+				Total items	32	24	15	14

크기의 집단(100 mm 이하, 200 mm 이상)보다 많았고, 섭식 어류를 종별로 보면 *C. auratus*와 *S. chankaensis tsuchigae*가 가장 많은 빈도를 나타냈다(12.3%).

Costello method (1990)에 따라 *M. salmoides*의 먹이 자원 이용에 대한 분석결과, *M. salmoides*의 체장이 100 mm 이하인 개체에서는 *Daphnia* sp.가 섭식에 있어 일

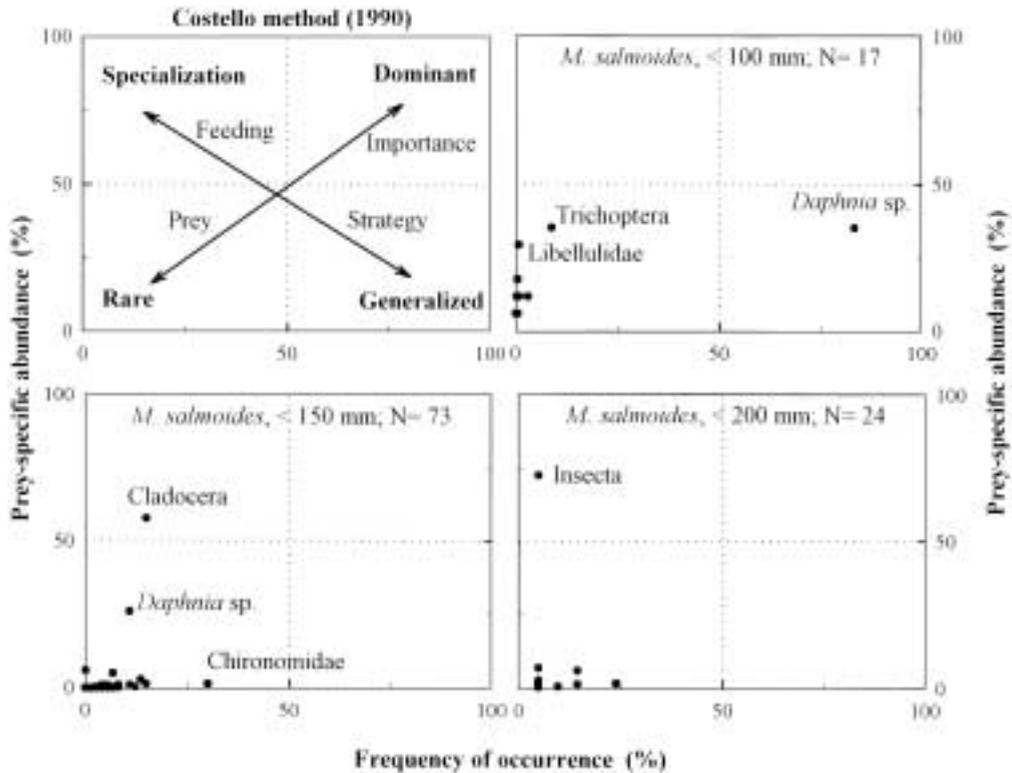


Fig. 6. Stomach contents analysis of *Micropterus salmoides* by the Costello method (Nakdong River, N = 114).

반화된 먹이로 나타났으며, Trichoptera와 Libellulidae가 비교적 특별한 먹이원으로 나타났다(Fig. 6). 체장이 100~150 mm인 *M. salmoides*는 Cladocera가 가장 특별한 먹이원으로 분류되었고, Chironomidae가 다른 먹이원보다는 일반적인 먹이원에 가깝게 나타났다. 크기가 150~200 mm인 경우는 육상곤충을 포함한 Insecta가 특별한 먹이원으로 나타났다. 하지만 200 mm 이상의 경우는 Jang and Joo (2001)에 따르면 *C. auratus*가 일반적인 먹이원으로 나타났다. 따라서 *M. salmoides*의 개체군이 지금보다 더 증가한다면 낙동강의 우점종들은 먹이원으로 더 많이 이용될 것이며, 이로 인한 교란은 군집 전체에서 우점종의 약화와 이들의 약화로 인한 다른 어류나 수중생물들의 먹이자원 분배에 적지 않은 영향을 미칠 수 있을 것으로 사료된다. 더욱이 *M. salmoides*는 정체된 호수나 유속이 느린 강에 서식하는 종으로 낙동강의 경우 홍수기를 제외하고는 유속이 느려 이들이 서식하기에 적절한 환경을 제공하고 있으며 이들의 포식자가 없는 상황으로 *M. salmoides*의 증가로 인한 생태계에 미치는 영향은 낙동강에서 크게 나타날 것으로 예상된다. 이러한 외래어가 기존의 수중생태계의 구조와 기능에 어떤 영향을 미치는지에 대해서는 더욱 정

교한 연구가 요구된다.

낙동강 본류를 중심으로 한 본 연구 결과를 종합하면 낙동강의 어류상은 외래어와 우리나라의 다른 수계로부터 어류의 도입, 하천의 물리적 변형 등으로 변화하고 있어 장기적이고 지속적인 어류상 변화에 대한 연구가 필요하다. 특히 본류의 경우 상·중·하류역에 각각 3~4개 지점에 고정점을 설치하여 동일한 방법에 의한 장기적인 연구를 하는 것이 바람직하며 외래종의 번성이 생태계의 구조와 기능에 미치는 영향을 파악하는 것이 시급하다고 사료된다.

적 요

낙동강 본류 및 지천을 중심으로 20개 지점에서 1999년 7월부터 2000년 12월까지 지점별 3~7회에 걸쳐 어류상을 조사한 결과 총 17과 48종 4,791개체가 채집되었다. 잉어과(25종; 상대포부도(RA), 91.8%)가 우점하였으며, *Zacco platypus*(RA: 18.0%)는 우점종으로 나타났으며, 아우점종은 *Opsariichthys bidens*(17.1%), *Squalidus chankaensis tsuchigae*(13.2%), *Hemibarbus labeo*(9.9%), *Z. temmincki*(8.2%) 순으로 나타났다. 채집된 종

중 한국고유종은 모두 12종으로 나타났다(4과, 1,172개체, 24.5%). 외래도입종은 *Carassius cuvieri* (25개체), *Micropterus salmoides* (214개체), *Lepomis macrochirus* (14개체), *Oreochromis niloticus* (6개체) 등 4종이 채집되었다. *M. salmoides*는 낙동강의 중류와 하류부에 고루 분포하는 것으로 나타났다. 집괴분석 결과 세집단으로 나뉘었으며, St. 10 (구미)부터 하류집단에 포함되었다. 1990년대 후반 낙동강에 유입된 *M. salmoides*는 하류부에서 급격히 그 수가 증가하였다(하류 RA 8.8%). *M. salmoides*의 섭식은 *Daphnia* sp.가 일반적이었으며 (< 100 mm), *Cladocera* (< 150 mm)와 *Insecta* (< 200 mm)는 특별한 것으로 나타났다.

사 사

본 연구는 신라대학교 부설 낙동강 연구원(2000년)과 한국과학재단 지원 부산대학교 환경기술산업개발연구소 연구과제(과제번호: 00-10-12-99-B1)의 연구비 지원에 의하여 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

인 용 문 헌

- 김영호. 1977. 미천산 담수어의 미세분포상에 관하여. 충남대학교 대학원 석사학위논문.
- 김익수, 강인중. 1993. 원색한국담수어류도감. 아카데미서적, 서울.
- 김익수. 1995. 한국의 위기 담수어류의 서식현황과 보존. 1995 한국생태학회·어류학회 공동 심포지움 발표 논문집 pp. 31-50.
- 김재엽. 1985. 감천(낙동강)의 어류상과 Cyprinidae 어류의 형질조사. 경북대학교 대학원 석사학위논문.
- 남명모, 강영훈, 채병수, 양홍준. 1999. 달천강의 어류군집구조. 한국어류학회지 32: 69-78.
- 박성배. 1998. 낙동강 중·하류의 기초수질과 장마기의 초기 강우가 수질에 미치는 영향. 부산대 석사학위논문.
- 양홍준. 1973. 낙동강산 어류의 조사 -목록과 분포에 관하여-. 한국어류학회지 6(1-2): 19-36.
- 양홍준, 남명모. 1992. 동창천(운문댐 예정지)에서의 추·동계 어류상에 관하여. 한국어류학회지 4(1): 80-86.
- 양홍준, 정 준. 1984. 합천댐 예정지의 육수생물학적 연구. 경북대 논문집 38: 125-141.
- 양홍준, 채병수, 남명모. 1997. 안동댐유역의 어류상과 어류군집구조. 한국어류학회지 30(4): 347-356.
- 양홍준, 채병수. 1993. 금호강 수계의 어류상과 어류군집구조-I. 한국어류학회지 26(1): 1-10.
- 양홍준, 채병수. 1994. 대도시주변 하천수계의 수지리환경과 육수생물학적인 연구. 금호강수계의 어류상과 어류군집구조-II. 한국어류학회지 27: 177-188.
- 윤일병. 1995. 수서곤충검색도설. 정행사, 서울.
- 전상린. 1985. 우왕산계류의 담수어류상. 자연보존협회보고서. 23: 111-128.
- 전상린, 주일영. 1977. 낙동강의 어류상에 관한 연구. 1. 상주, 안동을 중심으로. 한국어류학회지 10: 19-28.
- 정 준. 1993. 한국담수조류도감. 아카데미서적, 서울.
- 조규승. 1993. 한국담수동물플랑크톤도감. 아카데미서적, 서울.
- 주일영, 김익수, 고재명. 1980. 낙동강의 어류상에 관한 연구. 2. 지리산일대의 계류를 중심으로. 한국어류학회지 13: 25-31.
- 채병수, 남명모, 양홍준. 1998a. 낙동강수계 영강의 어류군집구조. 한국어류학회지 10: 67-76.
- 채병수, 강영훈, 양홍준. 1998b. 낙동강수계 위천의 어류군집구조. 한국어류학회지 10: 77-86.
- 채병수, 강영훈, 이용호. 1995. 낙동강의 어류상과 어류군집구조-지류를 중심으로. 낙동강 생태보고서. 영남자연생태보존회 자연생태연구소 pp. 287-402.
- 채병수, 남명모, 강영훈, 양홍준. 1999. 낙동강수계 밀양강의 어류군집구조. 한국어류학회지 32: 58-68.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색 한국담수어도감. 향문사, 서울.
- 최기철, 전상린. 1978. 월악산, 주흘산 및 조령일대의 담수어에 관하여. 자연보존협회보고서 21: 153-161.
- APHA. 1995. Standard Methods (For the Examination of Water and Wastewater), American Public Health Association.
- Costello, M.J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Fish. Bio.* 36: 261-263.
- Ha, K., H.W. Kim, and G.J. Joo. 1998. The phytoplankton succession in the lower part of hypertrophic Nakdong River (Mulgum), S. Korea. *Hydrobiologia* 369: 217-227.
- Jang, M.H. and G.J. Joo. 2001. The fish fauna and food item analysis of introduced fish in major river systems of South Korea. *Environ. Biol. Fish.* (submitted).
- 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 South Korea. *Int. Rev. Hydrobiol.* (in press).
- Kim, H.W., G.J. Joo, and N. Walz. 2001. Zooplankton dynamics in the hyper-eutrophic Nakdong River system (Korea) regulated by estuary dam and side channels. *Int. Rev. Hydrobiol.* 86: 127-143.
- 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. *Am. 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.
- Yang, H.J. and M.M. Nam. 1985. An investigation of fish fauna, zooplankton, water quality and climatic condition in the planned Ummun Dam area, Cheongdo. *Res. Rev. Kyungpook Univ.* **40**: 325-335.

(Received 1 Jul. 2001, Manuscript accepted 17 Aug. 2001)