

청계천 복원 후 어류상 변화와 참갈겨니 *Zacco koreanus*의 개체군 특성¹ 변화근^{2*}

The Fish Fauna Changes and Characteristics Populations of *Zacco koreanus* in Cheonggye Stream after the Rehabilitation, Korea¹

Hwa-Keun Byeon^{2*}

요 약

2011년 4월부터 2012년 5월까지 복원된 청계천 수역에서 어류상과 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 개체군을 조사하였다. 출현한 어종은 총 3과 24종이었고 고유종은 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 가시납지리(*Acheilognathus gracilis*), 몰개(*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 등 이었다. 각 조사 지점에서 우점종은 피라미(*Zacco platypus*, St. 1, 3, 4)와 참갈겨니(St. 2) 이었다. 2008년 이전 조사와 비교 시 본 조사에서 새로 출현한 어종은 각시붕어, 가시납지리, 참마자(*Hemibarbus longirostris*), 줄몰개(*Gnathopogon strigatus*), 몰개, 모래무지(*Pseudogobio esocinus*), 강준치(*Erythroculter erythropterus*), 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*) 등 이었다. 인위적인 방류로 도입된 종은 비단잉어(*Cyprinus carpio*), 중국붕어(*Carassius auratus*), 금붕어(*Carassius auratus*), 갈겨니(*Zacco temmincki*), 참갈겨니, 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 등으로 추정된다. 참갈겨니 전장과 체중의 관계식 회귀계수 값은 $3.58(BW = 0.000007T_L^{3.58})$ 이었고 비만도(K)는 평균 0.82 이었다. 전장이 20~80mm는 만 1년생, 90~120mm는 만 2년생, 130mm 이상은 만 3년생 이상으로 추정되었다. 참갈겨니는 청계천에서 도입된 이후 안정적으로 산란이 이루어지고 있는 것으로 추정되었다.

주요어: 비단잉어, 금붕어, 전장과 체중의 관계식, 건강도

ABSTRACT

The fish fauna and population *Zacco koreanus* in the Cheonggye stream after the rehabilitation was investigation from April 2011 to May 2012. The collected species during the survey period were 24 species belonging to three families. Among them, Korean endemic species such as *Rhodeus uyekii*, *Acheilognathus yamatsutae*, *Acheilognathus gracilis*, *Squalidus japonicus coreanus* and *Zacco koreanus* were observed in the stations. Dominant species was *Zacco platypus* (St. 1, 3, 4) and *Z. koreanus* (St. 2). A total of species of *A. gracilis*, *Hemibarbus longirostris*, *Gnathopogon strigatus*, *S. japonicus coreanus*, *Pseudogobio esocinus*, *Erythroculter erythropterus*, and *Tridentiger brevispinis* were first observed this study with compared the previous data (2005, 2008). It seems that the introduction species of artificially to the Cheonggye stream were *Cyprinus carpio* (fancy carp), *Carassius auratus* (gold fish), *Carassius auratus* (chinese carp), *Zacco temmincki*, *Z. koreanus* and *Misgurnus mizolepis*. Calculation of the length-weight relationship of *Z. koreanus* showed the value of constant a as 0.000007 and b as 3.58, and condition factor (K) was 0.82 on average.

1 접수 2013년 9월 12일, 수정(1차: 2013년 12월 5일), 게재확정 2013년 12월 6일

Received 12 September 2013; Revised (1st: 5 December 2013); Accepted 6 December 2013

2 서울대학교 생물교육과 Dept. of Biology Education, Seowon Univ., Chungju 361-742, Korea (cottus@seowon.ac.kr)

* 교신저자 Corresponding author: cottus@seowon.ac.kr

The frequency analysis of total length indicated that the group 20~80 mm in total length is represented by one year-old individuals, the group 90~120 mm by two year-old individuals, and the group over 130 mm by three year-old individuals. It is assessed that stable spawning occurred following the introduction to the Cheonggye stream.

KEY WORDS: CYPRINUS CARPIO(FANCY CARP), CARASSIUS AURATUS AURATUS(GOPLD FISH), LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP, CONDITION FACTOR

서론

하천은 다양한 생물의 서식공간과 여러 생물의 물 공급원이며 생물들의 이동 통로 역할을 하고 있으며 에너지 순환에서도 중요한 기능을 담당함으로써 하천생태계가 육상생태계와 단절된 것이 아니라 연속된 생태계를 구성하고 있다. 산업혁명 이후 급속한 인구증가와 함께 도시는 하천을 중심으로 발달하였으며, 이로 인해 하천 수변부는 다양한 목적으로 개발되어 왔다. 이러한 하천의 개발은 하천의 자연적 구조를 변형하였으며 하천 고유의 기능을 왜곡 또는 소실하게 하였다. 하천의 개발은 대부분 이·치수의 기능적인 측면을 고려하여 진행되었으며 하천 고유의 생태적 기능은 고려되지 않았다(Choi *et al.*, 2008). 그러나 최근 생태와 환경에 대한 사회적 관심의 증가는 하천을 포함하는 생태계의 친환경적 및 친생태적 복원에 대한 욕구를 증가시키고 있다(Hellawell, 1986). 우리나라에서는 1995년 시작된 양재천, 안양천, 전주천, 서호천, 오산천 등의 복원사업이 대표적이며 그 외 많은 복원사업이 전국적으로 활발히 진행 중이다(Kang *et al.*, 2007).

청계천은 북악산, 인왕산, 남산 등에서 발원한 수계가 유입되며 성동구 마장동을 걸쳐 살곶이다리에서 중랑천과 합류되어 한강으로 유입되는 하천으로 유로길이는 13.7km이고 유역면적은 50.96km²인 지방 1급 하천이다. 조선시대부터 서울 장안의 동서를 가로지르는 청계천은 일제 강점기를 거치면서 그 모습이 다소 변모되었고 1958년 복개도로 건설로 하류부분 약 24km만 제외하고는 자취를 감추었다. 청계천은 태종 때 이미 제방축조 및 준설공사를 실시하여 직선화되었으며 1958년에서 1978년 사이에 복개되어 생태적 공간으로 하천의 기능을 상실하게 되었다. 2003년 7월부터 2005년 10월 사이에 중구 광교에서 성동구 신답철교에 이르는 5.8km 구간을 복원하였다(Kim an Han, 2005; Choi *et al.*, 2008).

청계천 복원 이후의 생물에 관한 연구에는 미생물(Park *et al.*, 2008), 식물상(Kim *et al.*, 2006; Kang *et al.*, 2007; Kim and Koo, 2010), 수질과 부착조류(Kim and Han,

2005; Park *et al.*, 2007; Shin *et al.*, 2008), 어류(Kim and Cho, 2005; Bae *et al.*, 2005; Byeon *et al.*, 2007; Choi *et al.*, 2008) 등이 있다.

청계천에 대한 어류 조사는 복원되기 전에는 실시된 바가 없으며, 2005년 청계천 복원 공사 직후부터 이 지역에 서식하는 어류의 서식 분포 조사를 실시하고 있으나 체계적인 분석은 미미한 상태이다. 복원된 이후 한강 본류와 중랑천에서 일부 어종이 이입되었고 일부 어종은 인위적이 방류로 인하여 어류상의 변화가 예상된다. 청계천에 서식지하는 참갈겨니는 인위적인 방류로 예상되고 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 서식에 대한 긍정적인 평가와 부정적인 평가의 논쟁이 계속되고 있다. 따라서 복원된 이후의 어류상을 분석하여 장기적인 어류상 변화를 예측하고 참갈겨니 개체군의 서식실태(연령구성과 건강도)를 파악하고자 한다.

연구방법

1. 조사 지점 및 시기

청계천 복원 공사 후 유입되어 서식하는 어류 군집을 분석하기 위하여 2011년 4월부터 2012년 5월까지 4회(2011년 8월, 2011년 10월, 2012년 3월, 2012년 5월)에 걸쳐 청계천 복원구간인 광교에서 중랑천 합류부까지 총 4개 지점에서 조사를 실시하였다(Figure 1).

2. 채집 및 동정

어류의 채집은 투망(망목 7mm×7mm)과 족대(망목 6mm×6mm)를 사용하였다. 채집된 대부분의 표본은 계수 및 측정 후 즉시 재 방류하였고, 일부 표본은 현장에서 10% formalin으로 고정하여 실험실에서 동정하였다. 채집한 어류의 동정과 분류체계는 Kim(1997), Choi *et al.*(2002), Kim *et al.*(2005) 등의 검색표를 참고하였고 분류체계는 Nelson(2006)을 따랐다.

3. 전장-체중 관계

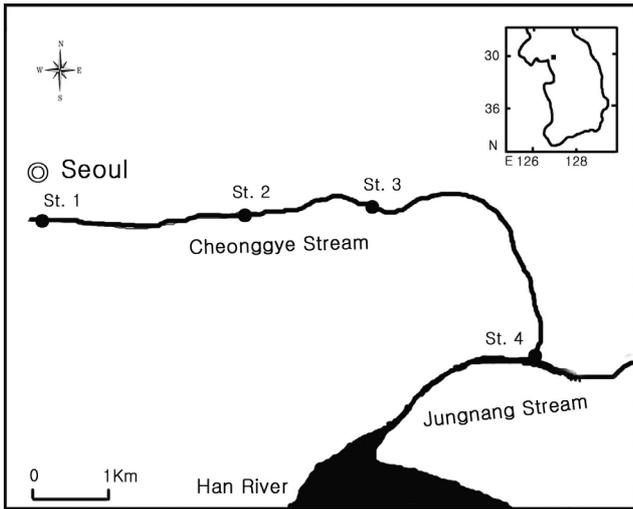


Figure 1. Map showing the studied stations in Cheonggye Stream, Korea

(St. 1: Gwanggyo, St. 2: Supyogyo, St. 3: Hwanggakgyo, St. 4: A dammed pool for irrigation around Sageundong, Seongdong-gu, Seoul)

주어진 환경의 차이에 따른 참갈겨니의 생육상태와 생식 능력 정도를 파악하기 위해 전장-체중관계와 비만도를 산란 시기 전인 5월에 채집된 개체를 대상으로 조사 하였다. 어류의 성장도와 비만도는 주어진 환경에서 어류의 건강 상태나 생식능력의 정도를 파악할 수 있으며 서식처등급, 수질, 먹이 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 지표로 이용된다 (Anderson and Gutreuter, 1983; Busacker *et al.*, 1990; Ney, 1993). 전장-체중 관계는 Anderson and Gutreuter (1983)을 ($W=aT_L^b$; W: weighth, T_L: total length, a and b: parameter), 비만도는 Anderson and Neumann (1996)을 ($K=W/T_L^3$; W: weighth, T_L: total length) 따랐다.

4. 전장빈도 분포

연령 추정을 위하여 5월에 채집한 전 개체의 전장을

Caliper(1/20mm)로 측정하여 Peterson method (Bagenal, 1978)에 의한 전장빈도분포를 이용하였다.

결과 및 고찰

1. 수환경 특성

2012년 5월 5~6일에 측정 또는 관찰된 각 조사 지점에서의 수환경은 다음과 같다(Table 1). St. 1은 광고지점으로 청계천 중·상류로 유폭은 4~5m, 수심은 20~80cm이었다. 수변부에는 암석이 인접하여 있으며 버드나무와 초본류가 부분별로 식재되어 있었다. 하상구조는 큰돌(Cobble)과 작은 돌(Pebble)이 7 : 3의 비율로 큰돌이 대부분이었으며 하천 바닥에 틈이 없이 조밀하게 깔려 있었고, 미소서식지 발달이 미약하며, 급여울을 형성하고 있었다. St. 2는 청계천 중상류인 수표교 지점으로 유폭은 5~7m, 수심은 30~100cm이었다. 수변부에는 갯버들, 물억새가 식재되어 있었다. 하상구조는 큰돌, 작은 돌이 풍부하였고 St. 1과 수환경이 유사한 급여울을 형성하고 있었다. St. 3은 황학교 지점으로 유폭은 10~20m로 넓어졌고, 수심은 10~150cm로 교각 밑 부분과 수변부 웅덩이에는 수심이 1m 이상 되는 곳이 분포하였다. 하상구조는 자갈(Gravel)과 펄을 포함한 모래(Sand)가 풍부하며 조사 지점 중 어류의 미소서식지가 가장 다양하게 형성되어 있었다. St. 4 지점은 중랑천과 합류되는 청계천 하류 수역으로 유폭은 40~60m, 수심은 30~100cm 이었고 보가 위치하고 있으며, 보 상방은 수심이 깊고 정체된 웅덩이가 광범위하게 분포하고 있는 반면, 보 하방은 수심이 얕은 (30~50cm) 여울이 분포하였다. 하상은 자갈과 펄을 포함한 모래가 풍부하였다(Table 1). 이와 같은 수환경의 특징은 2006년 조사된 결과(Choi *et al.*, 2008)와 큰 차이가 없었다. 이는 심한 폭우 시에도 하천의 구조를 변경할 수 있는 유실이 없었고 2005년 복원 이후 하천의 구조를 변경할 만한 공사가 없었기 때문인 것으로 생각된다.

2. 어류상

Table 1. The environmental characteristics of sample stations in Cheonggye Stream, Korea

Station	Water depth (cm)	Water width (m)	Bottom structure* (B : C : P : G : S)	General characteristics
1	20~80	4~5	7 : 3 : 0 : 0 : 0	Poor microhabitat for fish
2	30~100	5~7	3 : 3 : 2 : 1 : 1	Poor microhabitat for fish
3	10~150	10~20	0 : 0 : 1 : 3 : 6	Relatively diverse substrate composition
4	30~100	40~60	0 : 0 : 1 : 3 : 6	Installation of weir, Deposition of organic matter on the bottom

*B: Boulder (>256 mm), C: Cobble (64~256 mm), P: Pebble (16~64 mm), G: Gravel (2~16 mm), S: Sand (0.06~2 mm) (Cummins, 1962)

조사기간 동안 출현한 어종은 총 3과 24종(아종 포함) 2,053개체 이었다(Table 2). 이들 어종 중 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 어종이 21종(87.5%)으로 대부분을 차지하였고 메기과(Siluridae) 1종, 망둑어과(Gobiidae) 2종이 출현하였다. 한반도에 분포하는 고유 담수어종은 모두 63종(Byeon and Lee, 2011)이 알려져 있으며, 이 중 본 조사에서 잉어과에 속하는 각시붕어(*Rhodeus uyekii*), 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 가시납지리(*Acheilognathus gracilis*), 물개(*Squalidus japonicus coreanus*), 참갈겨니 등 5종(20.8%)이 서식하는 것으로 나타나 고유화빈도가 낮았다. 국내의 고유종은 많은 종이 하천 중류역과 중·상류역 여울부 돌 밑에 서식하는 저서성이다. 복원된 청계천 여울부 하상은 바닥에 암반을 매립하여 자갈층과 돌 틈이 형성되어 있지 않

아 다양한 고유어종이 서식하기에 부적합한 것으로 판단된다. 고유종의 존재는 해당 지역의 생물상을 특징짓는 기준이 되는 경우가 많은데(Jeon, 1980), 본 조사 수역은 고유종의 구성비가 매우 낮아 한강수계 어류상의 특징을 잘 반영하고 있지 않았다. 외래도입종은 잉어과에 속하는 비단잉어(*Cyprinus carpio*)와 금붕어(*Carassius auratus*) 2종이 이었다. 비단잉어와 금붕어는 국내의 하천에서는 자연 산란이 이루어지지 않아, 토착어종에 직접적인 악영향은 크지 않은 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2003). 따라서 본 조사 수역에서 이들 개체가 출현한 것은 복원 후 인위적으로 방류한 것으로 생각된다.

어류의 생활 특성에 따른 분류에서 유영성 어류가 20종(83.3%) 1,964개체(95.7%)였으며, 저서성 어류는 모래무

Table 2. The list and individual number of fishes collected at each station in the Cheonggye Stream from April 2011 to May 2012

Species	Station			
	1	2	3	4
Cyprinidae (잉어과)				
<i>Cyprinus carpio</i> (잉어)	1	3	19	9
◆ <i>Cyprinus carpio</i> (fancy carp, 비단잉어)		2	2	
<i>Carassius auratus</i> (붕어)	3	1	33	17
◆ <i>Carassius auratus auratus</i> (gold fish, 금붕어)			1	
※ <i>Rhodeus uyekii</i> (각시붕어)			3	
※ <i>Acheilognathus yamatsutae</i> (줄납자루)				7
<i>Acheilognathus rhombeus</i> (납지리)	7			4
※ <i>Acheilognathus gracilis</i> (가시납지리)				1
<i>Pseudorasbora parva</i> (참붕어)	5		8	26
<i>Hemibarbus labeo</i> (누치)		4	13	21
<i>Hemibarbus longirostris</i> (참마자)	1		2	
<i>Pungtungia herzi</i> (돌고기)	24	11	105	18
<i>Gnathopogon strigatus</i> (줄물개)	2		8	2
※ <i>Squalidus japonicus coreanus</i> (물개)			2	
<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)			23	2
<i>Abbottina rivularis</i> (버들매치)	1			
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (버들치)	234	49	47	
<i>Zacco platypus</i> (피라미)	304	196	233	160
※ <i>Zacco koreanus</i> (참갈겨니)	118	240	12	
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (꼬리)				3
<i>Erythroculter erythropterus</i> (강준치)			2	
Siluridae (메기과)				
<i>Silurus asotus</i> (메기)			1	
Gobiidae (망둑어과)				
<i>Rhinogobius brunneus</i> (밀어)	18	18	15	4
<i>Tridentiger brevispinis</i> (민물검정망둑)				8
Number of family	2	2	3	2
Number of species	12	9	18	14
Number of individual	718	524	529	282

* ※: Endemic species, ◆ Exotic species

지(*Pseudogobio esocinus*), 메기(*Silurus asotus*), 밀어(*Rhinogobius brunneus*), 민물검정망둑(*Tridentiger brevispinis*) 등 4종(16.7%) 89개체(4.3%)로 확인되었다. 저서성 어류가 매우 빈약하였는데 이는 복원하는 과정에서 하천 바닥에 큰 돌을 매립하여 돌 밑 부분에 저서성 어류가 서식할 수 있는 공간이 없고, 다공층을 형성하는 자갈 바닥이 없었기 때문이다. 또한 잡식성과 초식성에 속하는 어종이 다량 서식하고 있으며 특히 피라미(*Zacco platypus*)의 개체수가 매우 풍부하였다.

출현한 24종 중 개체수 구성비가 높은 어종은 피라미(43.5%), 참갈겨니(18.0%), 버들치(*Rhynchocypris oxycephalus*, 16.1%), 돌고기(*Pungtungia herzi*, 7.7%) 등이었으며 이들 어종이 본 조사 수역에 서식하는 대표적인 어종으로 판단된다. 개체수 구성비가 0.2% 이하로 희소종에 속하는 어종은 비단잉어, 금붕어, 각시붕어, 참마자(*Hemibarbus longirostris*), 물개, 버들매치(*Abbottina rivularis*), 꼬리(*Opsariichthys uncirostris amurensis*), 강준치(*Erythroculter erythropterus*), 메기(*Silurus asotus*) 등 이었다(Figure. 1). 우세종으로 출현한 종은 모두 유영성 어종 이었으며 희소종으로 출현한 어종은 인위적인 방류나 하천 하류역과 정수역에 주로 서식하는 어종이었다. 저서성 어류가 서식할 수 있는 공간이 하상에 형성되어 있지 않은 원인으로 판단한 Choi *et al.*(2008)과 일치하는 것으로 생각된다. 개체수가 적은 희소종들이 매우 많았는데 이는 미소서식지가 다양하지 않고 단순로운 서식지에도 적응력이 강한 피라미 개체수가 급격히 증가하였기 때문으로 생각된다.

조사 지점별 어류의 분포를 보면 상류인 광고(St. 1)에서 12종 718개체, 수표교(St. 2)에서 9종 524개체, 황학교(St. 3)에서 18종 529개체, 중량천 합류부(St. 4)에서 14종 282개체가 출현하여 하류에서 보다 많은 종수와 개체수가 채집되었다(Table 2). St. 1과 St. 2에서 출현종이 상대적으로 빈약하였는데 이는 수변부에 내만형 웅덩이가 형성되어 있

지 않았으며 하상 구성에 있어 밑면이 땅속에 고정된 큰 돌이 차지하는 비율이 높아 저서성 어류 서식 공간이 부족하였기 때문으로 생각된다. St. 3과 4에는 수심이 1.5m 이상인 소형 웅덩이와 내만형 웅덩이, 수심이 얇은 여울, 샅강 등이 발달하여 다양한 어류의 서식이 가능하였기 때문인 것으로 생각된다.

3. 우점종

지점별 우점종은 St.2에서 참갈겨니(45.8%) 이었고 그 외 지점에서는 피라미 이었다. 피라미가 대부분의 지점에서 우점종이었다. 아우점종은 버들치(St. 1), 피라미(St. 2), 돌고기(St. 3), 참붕어(*Pseudorasbora parva*, St. 4) 등 이었다. 청계천은 하상에 저서성 어류 서식 공간이 부족하고 유속이 빠른 여울형의 수환경을 나타내고 있어 피라미와 참갈겨니 같은 유영성 어류가 우점한 것으로 판단된다. 이와 같은 현상은 복원 직후인 2005년부터 큰 변화 없이 유지되고 있었다((Kim and Cho, 2005; Choi *et al.*, 2008). 이는 수환경의 급격한 변화가 없었기 때문인 것으로 판단된다.

Table 3. Dominant and sub-dominant species at each station from April 2011 to May 2012

Station	Dominant species	Sub-dominant species
1	<i>Zacco platypus</i> 42.3%	<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> 32.6%
2	<i>Zacco koreanus</i> 45.8%	<i>Zacco platypus</i> 37.4%
3	<i>Zacco platypus</i> 44.0%	<i>Pungtungia herzi</i> 40.0%
4	<i>Zacco platypus</i> 56.7%	<i>Pseudorasbora parva</i> 9.2%

4. 어류상 변화

복원 직후인 2005년에 12종(Kim and Cho, 2005), 2008년 22종(Choi *et al.*, 2008), 본 조사에서 24종이 출현하였다(Table 4). 2005년에 출현종이 적었던 것은 복원 직후로 수환경이 안정화되지 않은 상태로 한강과 중량천에서 유입된 어종이 적었으며 또한 방류된 어종이 많지 않았기 때문인 것으로 판단된다. 2008년 이후 어류상 변화가 크지 않았는데 이는 인위적인 방류가 더 이상 이루어지지 않은 원인으로 판단된다. 2005년부터 본 조사까지 청계천에서 출현한 어종은 총 6과 30종이었다. 본 조사에서 새로 출현한 어종은 각시붕어, 가시납리리, 참마자, 줄물개(*Gnathopogon strigatus*), 물개, 모래무지(*Pseudogobio esocinus*), 강준치, 민물검정

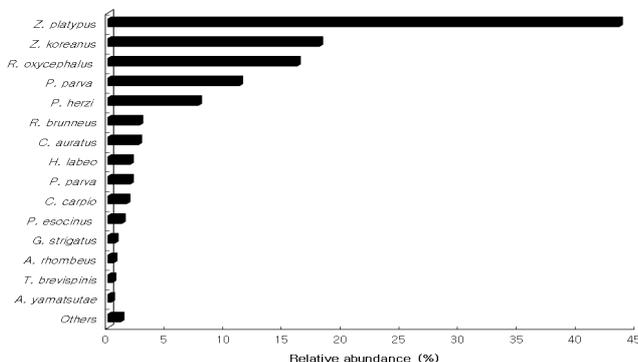


Figure 2. The relative abundance of fishes collected at each station from April 2011 to May 2012

망둑(*Tridentiger brevispinis*) 등 이었다. 이들 어종의 출현 개체수는 매우 적어 인근 수역에서 일시적으로 유입된 것으로 판단되며 추후 지속적인 조사가 필요한 것으로 판단된다. 외래도입종에 속하는 비단잉어, 중국붕어(*Carassius auratus*), 금붕어, 배스(*Micropterus salmoides*) 등이 출현하였다. 비단잉어와 금붕어는 복원 직후 방류된 개체가 소멸되지 않고 2005년부터 본 조사까지 지속적으로 출현하였

다. 중국붕어는 2008년, 배스는 2005년과 2008년에 출현하였고 본 조사에서는 출현하지 않았다. 이들 어종은 청계천에서 지속적으로 서식하지 않고 일시적으로 유입되어 나타난 것으로 판단된다. 중랑천이나 한강 본류에서 자연적으로 유입되지 않고 인위적인 방류로 도입된 것으로 추정되는 어종은 비단잉어, 금붕어, 중국붕어, 갈겨니(*Zacco temminckii*), 참갈겨니, 미꾸라지(*Misgurnus mizolepis*) 등 이다(Choi *et*

Table 4. The list and relative abundance of fish from previous and present studies in Cheonggye Stream, Korea

Species	Kim and Cho (2005)	Choi <i>et al.</i> (2008)	Present Study (2011-2012)
Cyprinidae (잉어과)			
<i>Cyprinus carpio</i> (잉어)	1.9	4.8	1.6
◆ <i>Cyprinus carpio</i> (fancy carp, 비단잉어)		0.5	0.2
<i>Carassius auratus</i> (붕어)	10.7	11.6	2.6
◆ <i>Carassius auratus gibelio</i> (중국붕어)		0.1	
◆ <i>Carassius auratus auratus</i> (gold fish, 금붕어)	1.0	0.2	0.1
※ <i>Rhodeus uyekii</i> (각시붕어)			0.1
※ <i>Acheilognathus yamatsutae</i> (줄납자루)		0.1	0.3
<i>Acheilognathus rhombeus</i> (납지리)		0.1	0.5
※ <i>Acheilognathus gracilis</i> (가시납지리)			0.1
<i>Pseudorasbora parva</i> (참붕어)	0.1	9.5	1.9
<i>Hemibarbus labeo</i> (누치)	2.9	0.4	1.9
<i>Hemibarbus longirostris</i> (참마자)			0.1
<i>Pungtungia herzi</i> (돌고기)		0.3	7.7
<i>Gnathopogon strigatus</i> (줄물개)			0.6
※ <i>Squalidus japonicus coreanus</i> (물개)			0.1
<i>Pseudogobio esocinus</i> (모래무지)			1.2
<i>Abbottina rivularis</i> (버들매치)		0.3	0.1
<i>Rhynchocypris oxycephalus</i> (버들치)	6.8	14.3	16.1
<i>Zacco platypus</i> (피라미)	62.1	41.4	43.5
<i>Zacco temminckii</i> (갈겨니)	2.9	0.4	
※ <i>Zacco koreanus</i> (참갈겨니)		0.3	18.0
<i>Opsariichthys uncirostris amurensis</i> (꼬리)	1.0	12.0	0.1
<i>Erythroculter erythropterus</i> (강준치)			0.1
Cobitidae (미꾸라지과)			
<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (미꾸라지)	1.0	0.7	
<i>Misgurnus mizolepis</i> (미꾸라지)	3.9	0.6	
Siluridae (메기과)			
<i>Silurus asotus</i> (메기)		0.3	0.1
Adrianichthyidae (송사리과)			
<i>Oryzias sinensis</i> (대륙송사리)		0.1	
Gobiidae (망둑어과)			
<i>Rhinogobius brunneus</i> (밀어)	3.9	2.0	2.7
<i>Tridentiger brevispinis</i> (민물검정망둑)			0.4
Centrarchidae (검정우럭과)			
◆ <i>Micropterus salmoides</i> (배스)	1.9	0.6	
Number of family	4	6	3
Number of species	13	22	24

* ※ Endemic species, ◆ Exotic species

al., 2008). 중국붕어는 2005년에, 갈겨니는 2005과 2008년, 미꾸라지는 2008년에 출현하였으나 본 조사에서는 서식이 확인되지 않아 적응에 실패한 것으로 생각된다. 반면 참갈겨니는 2008년에 개체군 수성비가 0.8%이었으나 본 조사에서 18.0%로 급격히 증가하였고 St. 2에서 우점종으로 출현한 것으로 보아 청계천에서 완전히 적응한 개체군으로 판단된다. 본 조사 이전에 출현하였으나 본 조사에서 출현하지 않은 종은 중국붕어, 갈겨니, 미꾸리(*Misgurnus anguillicaudatus*), 미꾸라지, 대륙송사리(*Oryzias sinensis*), 배스 등 이었다. 이들 어종은 방류 또는 한강과 중랑천에서 일시적으로 유입되었으나 청계천 수환경에 적응하지 못하여 소멸되었거나 인근 수역으로 이동한 것으로 판단된다. 2008년 이후 납자루아과 어류(각시붕어, 줄납자루, 납지리(*Acheilognathus rhombeus*), 가시납지리)가 출현하기 시작하였으며 본 조사에서 출현종이 증가였는데 출현 개체수는 매우 적은 상태이었다. 이들 어종의 안정적이고 지속적인 서식을 위해서는 산란장소로 이용되는 민물조개의 유입이 있어야 할 것으로 판단된다.

5. 참갈겨니의 전장과 체중 관계

어류의 성장도와 비만도는 주어진 환경에서 어류의 건강상태나 생식능력의 정도를 파악할 수 있으며 서식처등급, 수질, 먹이 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 지표로 이용된다(Anderson and Gutreuter, 1983; Busacker et al., 1990; Ney, 1993). 참갈겨니의 생육상태와 생식능력 정도를 파악하기 위해 2012년 5월에 채집된 개체에 대해 체장과 체중의 관계와 건강도(비만도) 조사를 한 결과는 Figure 3과 같다. 참갈겨니 전장과 체중의 관계식은 $BW = 0.000007T_L^{3.58}$ 로 상수 a는 0.000007을, 매개변수 b는 3.58로 체중은 체장

의 약 3.58 제곱승에 비례하는 것으로 나타났다. 전장-체중 상관도는 성장률 곡선과 비만도지수가 주어진 환경에 서식하는 개체군의 건강상태나 생식능력의 정도 등 다양한 정보를 제공하는 중요한 자료로 이용된다(Seo, 2005; Choi et al., 2011; Kim et al., 2012). 일반적으로 개체군에 있어 매개변수 b가 3.0 보다 작으면 길이의 증가만큼 개체가 비대하지 않음을 의미하고 3.0 보다 크면 반대로 길이에 비해 비대하다는 것을 뜻한다(Seo, 2005). 청계천에 서식하는 참갈겨니 개체군은 매개변수 b가 3.0 보다 크므로 영양상태가 비교적 양호한 것으로 판단된다. 건강도는 평균 0.82(0.49~1.42)로 비교적 양호한 성장도를 유지하고 있었다. 청계천의 수환경은 참갈겨니 서식환경으로 매우 적합한 것으로 판단된다. 참갈겨니 개체군의 비만도 기울기(K)는 0.0035로 양의 값을 나타내고 있어 비교적 안정적인 개체군을 형성하고 있는 것으로 판단되며 성장함에 따라 전장 증가에 비해 체중 증가가 빨랐기 때문이다. 가평천에 서식하는 참갈겨니 개체군의 매개변수 b는 3.44, 봉선사천에서 b는 3.03으로 본 조사 지점 보다 다소 낮았다. 비만도 기울기는 가평천과 봉선사천에 0.004로 큰 차이가 없었다(Byeon, 2011; Choi et al., 2011).

6. 참갈겨니의 전장비도 분포

산란기 직전인 2012년 5월에 채집된 개체를 대상으로 연령을 추정한 결과 Figure 4와 같다. 전장 분포는 20~150mm로 크게 3개 집단으로 나누어 졌으며 20~80mm는 만 1년생, 90~120mm는 만 2년생, 130mm 이상은 만 3년생 이상으로 추정되었다. 봉선사천에 서식하는 참갈겨니 개체군의 연령별 전장의 크기와 일치 하였으며(Byeon, 2011), Im et al.(2010)의 결과와도 동일하였다. 만 1년생 개체가 가장

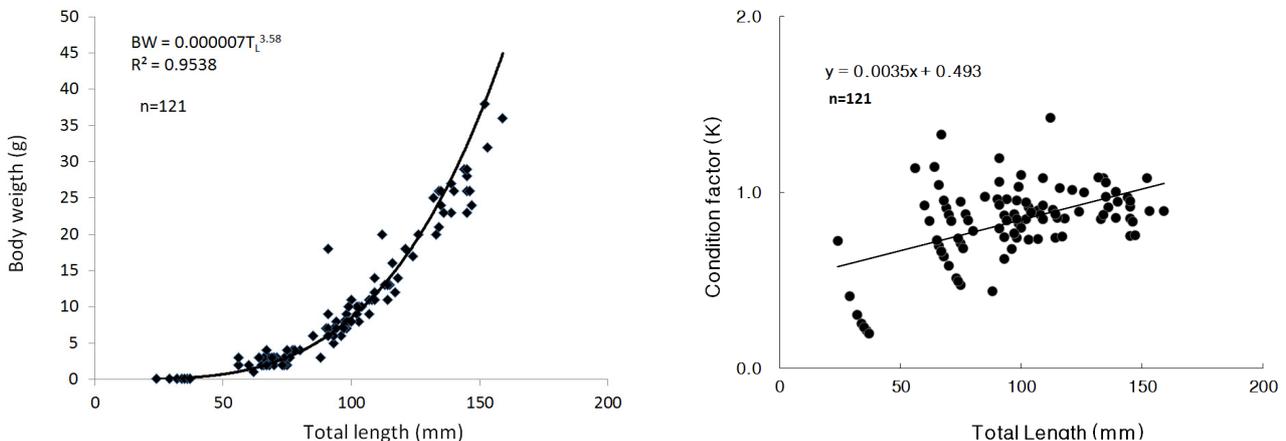


Figure 3. Length-weight relationship and condition factor for *Z. koreanus* sampled in the Cheonggye Stream from May 2012

풍부한 것으로 보아 청계천에서 산란이 이루어지고 있는 것으로 생각되며 만 3년생은 적은 개체수를 유지하고 있어 청계천에서 참갈겨니 개체군은 앞으로 다소 증가하든가 아니면 안정적인 상태를 유지할 것으로 판단된다.

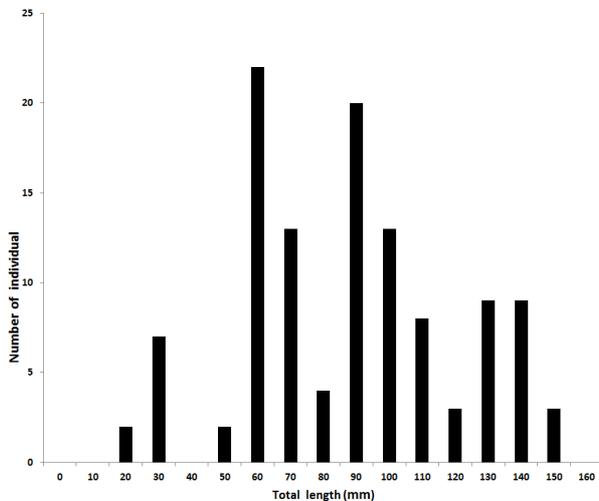


Figure 4. Length frequency distributions of *Z. koreanus* sampled in the Cheonggye Stream from May 2012

LITERATURE CITED

- Anderson, R.O. and R.M. Neumann(1996) Length, Weight and Associated Structural Indices. pp. 447-482. In: B.R. Murphy and D.W. Willis(ed.) Fisheries Techniques, 2nd edition. American, pp. 447-482.
- Anderson, R.O. and S.J. Gutreuter(1983) Length, Weight and Associated Structural Indices. L.A. Johnson, Fisheries Techniques, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 283-300.
- Bae, K.S., I.H. Yeo, G.S. Kim, G.C. Im, J.Y. Kim, H.K. Kil, S.J. Cho, H.J. Jung, M.Y. Seo, J.C. Yoon and M.Y. Kim(2005) Watercourse restoration and dynamic tendency of fish fauna at the Cheonggye Stream in Seoul, Korea. Seoul Metro. Inst. of Health and Environment 41: 387-397. (in Korean)
- Bagenal, T.(1978) Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. Blackwell Scientific, pp. 48-116.
- Busacker, G.P., I.A. Adelman and E.M. Goolish(1990) Methods for Fish Biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, pp. 363-377.
- Byeon, H.K. and B.R. Lee(2011) Restoration of Fish Habitat and Musim Stream Fish. Dwimok press-Cultural history. Cheongju, pp. 8-18. (in Korean)
- Byeon, H.K.(2011) The characteristic of fish fauna and population of *Zacco Koreanus* in the Bongseonsa Stream, Korea. J. Korean Nature 4(4): 255-262.
- Byeon, H.K., H.C. Lim, O.I. Bae and Y.C. Ham(2007) Han River Ecosystem Survey Study. Seoul Metropolitan, pp. 276-304. (in Korean)
- Choi, J.K., C.R. Jang and H.K. Byeon(2011) The fish fauna and population of *Zacco koreanus* in the upper region of the Gapyeong Stream. Kor. J. Env. Eco. 25(1): 65-70. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.K., H.K. Byeon, Y.S. Kwon and Y.S. Park(2008) Spatial and temporal changes of fish community in the Cheonggye Stream after the rehabilitation project. Kor. J. Lim. 41(3): 374-381. (in Korean with English abstract)
- Choi, K.C., S.R. Jeon, I.S. Kim and Y.M. Son(2002) Coloured Illustrations of The Freshwater Fishes of Korea. Hyangmunsa Press Co. Seoul. pp. 154-156. (in Korean)
- Cummins, K.W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic waters. Am. Midl. Nat. 67: 477-504.
- Hellawell, J.M.(1986) Biological Indicators of Freshwater Pollution and Environmental Management. Elsevier, London, pp. 146-178.
- Im, J.H., H.K. Byeon, J.E. Lee and Y.K. Lee(2010) Ecosystem of mountain stream change in the forest fire area. Korea Forest Research Institute 10-08, 150pp. (in Korean)
- Jeon, S.R.(1980) Studies on The Distribution of Fresh-water Fishes from Korea. Ph. D. Dissertation of Chungang Univ., pp. 14-49. (in Korean with English abstract)
- Kang, S.H., H.G. Kim and B.H. Koo(2007) A study on changing of flora pre and post of restoration in Cheonggyecheon Stream. J. Korean Env. Res. and Reveg. Tech. 10(3): 8-13. (in Korean with English abstract)
- Kim, B.H. and M.S. Han(2005) Water quality and management ecosystem by valuable of ecological function Cheonggyecheon restoration and periphyton. Institute for Environmental Science, Wonkwang Univ. 13: 37-42. (in Korean with English abstract)
- Kim, C.H., E.J. Kang, H. Yang, K.S. Kim and W.S. Choi(2012) Characteristics of fish fauna collected from near estuary of Seomjin River and population ecology. Korean J. Environ. Biol. 30(4): 319-327. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.G. and B.H. Koo(2010) Floral changes during three years after Cheonggyecheon restoration. J. Korean Env. Res. Tech. 13(6): 107-115. (in Korean with English abstract)
- Kim, H.J., S.H. Kim and S.Y. Kim(2006) Changes in water quality, flora and vegetation of Cheonggye Stream before, during and after its restoration. Korean J. Environ. Ecol. 20(2): 235-256. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of

- Korean Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education. pp. 133-520. (in Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, B.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated Book of Korean Fishes. Kyo-Hak, pp. 104-468. (in Korean)
- Kim, U.S. and Y.H. Cho(2005) Microclimate and Ecosystem Change Survey Study of Cheonggye Stream and Seoul Forest Construct. Seoul Development Institute, pp. 94-101. (in Korean)
- Lee, W.O., C.B. Kang, H.U. Park, M.C. Han, J.G. Myeong, C.H. No, K.P. Hong, H.B. Song, B.S. Chae, K.H. Han, J.R. Go and Y.P. Hong(2003) The Introduced Fishes of Korea. The Ichthyological Society of Korea, pp. 1-26. (in Korean)
- Nelson. J.S.(2006) Fishes of the World(4th ed). John Wiley and Sons, New York, pp. 15-467.
- Ney, J.J.(1993) Practical Use of Biological Statistics. Inland fisheries management of North American Fisheries Society. Bethesda, MD. USA, pp. 137-158.
- Park, M.H., S.J. Hwang, M.Y. Suh, Y.J. Kim and B.H. Kim(2007) Evaluation of water quality after rehabilitation of Cheonggye Stream using AGP test. Kor. J. Lim. 40(2): 234-243. (in Korean)
- Park, Y.B., H.T. Lee, S.Y. Kim and G.P. Ko(2008) Investigation of microbial contaminants and community in restored section of Cheonggyecheon. Korean Society of Water Quality 2008: 115-116. (in Korean)
- Seo, J.W.(2005) Fish fauna and ecological characteristics of Dark Chub(*Zacco temminckii*) population in the mid-upper region of Gam Stream. Koreaan J. Limnol. 38(2): 196-206. (in Korean with English abstract)
- Shin, M.S., B.C. Kim, J.K. Kim, M.S. Park, S.M. Jang, C.W. Jang, Y.K. Shin and Y.J. Bae(2008) Seasonal variations of water quality and periphyton in the Cheonggyecheon. Kor. J. Lim. 41(1): 1-10. (in Korean with English abstract)