

횡성호 일대에 분포하는 피라미(*Zacco platypus*) 개체군의 생태적 특성 분석^{1a}

이황구² · 신현선² · 김성원² · 최준길^{2*}

Spatial Analysis of Ecological Characteristics of *Zacco platypus* Population in Lake Hoengseong Region^{1a}

Hwang-Goo Lee², Hyun-Seon Shin², Sung-Won Kim², Jun-Kil Choi^{2*}

요 약

본 연구는 횡성호 및 횡성호 상·하류지역을 대상으로 2010년 4월부터 2010년 11월까지 총 4회에 걸쳐 피라미(*Zacco platypus*) 개체군의 생태적 특성을 조사하였다. 피라미 개체군의 지역별 동태를 비교한 결과 상류지역에서 1,707개체 (78.70%)로 가장 큰 개체군을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 피라미 개체군의 전장-체중 상관도 분석 결과 횡성호 일대에 분포하는 피라미 개체군의 회귀계수 b 값은 3.28로 비교적 안정적인 서식을 하고 있는 것으로 나타났으며, 지역별로는 상류지역 3.28, 횡성호 3.10, 하류지역 3.09로 상류지역에서 가장 양호한 생육상태를 나타내고 있었다. 비만도 지수는 $slope$ 가 0.003으로 안정적인 개체군을 형성하고 있는 것으로 나타났으며, 상류지역 0.003, 횡성호와 하류지역이 0.001로 상류지역에서 가장 양호한 영양상태를 유지하고 있었다. 피라미 개체군을 대상으로 전장크기를 비교한 전장빈도 분포 결과 상류지역은 30~50mm, 70~90mm 사이의 개체가 상대적으로 많이 나타났으며, 횡성호에서는 60~80mm의 개체, 횡성호 하류지역은 70~100mm의 개체가 비교적 풍부하게 분포하는 것으로 조사되었다. 결과적으로 횡성호 일대 피라미 개체군은 상류지역에서 가장 안정된 생육상태를 나타냈으며, 서식조건이 충족될 경우 우수역 및 정수역 모두를 선호하는 것으로 확인되었다.

주요어: 전장-체중 상관도, 비만도 지수, 전장빈도 분포

ABSTRACT

In this study, ecological characteristics of *Zacco platypus* population in Lake Hoengseong region, including the up-and downstream in Lake, were investigated from April to November, 2010. The results compared with regional dynamics of *Z. platypus* population showed a dominant population among the other fish population, and also upstream has relatively high as 1,707 (78.70%) individuals than those of other sites. The regression coefficient (b) in relation to length-weight on *Z. platypus* population were 3.28 which appeared relatively a stabilized habitat condition in Lake Hoengseong region and 3.28 at the upstream and 3.10 in Lake Hoengseong and 3.09 at the downstream. Condition factor on *Z. platypus* population in Lake Hoengseong region showed stabilized population as 0.003 value, and especially the condition factors at the upstream were relatively higher than those at the downstream and Lake Hoengseong, indicate that *Z. platypus* population at the upstream displayed to be maintained as the most good condition in relation to trophic states. As a results of compared with

1 접수 2012년 5월 21일, 수정(1차: 2012년 6월 19일), 게재확정 2012년 6월 20일

Received 21 May 2012; Revised(1st: 19 June 2012); Accepted 20 June 2012

2 상지대학교 생명과학과 Dept. of Biological Science, Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea

a 이 논문은 한국수자원공사 강원지역본부 및 2011년도 상지대학교 교내 연구비 지원에 의하여 수행되었음.

* 교신저자 Corresponding author(jkilchoi@sangji.ac.kr)

body size on *Z. platypus* population, was investigated as highly distribute between 30~50mm and 70~90mm at upstream; 60~80mm in Lake Heongseong; 70~100mm at downstream, respectively. As a results, *Z. platypus* population at the upstream among Lake Hoengseong region displayed the most stabilized growth condition, and *Z. platypus* population were inhabitable in lotic and lentic environments based on good habitat condition.

KEY WORDS: LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP, CONDITION FACTOR, TOTAL LENGTH FREQUENECE DISTRIBUTION

서 론

횡성다목적댐은 강원도 횡성군 갑천면 대관대리에 위치하고 있으며, 1993년도에 착공하여 2000년도에 준공된 국내 최초의 선택취수방식의 다목적댐이다. 댐의 규모는 높이 48.5m, 길이 205m, 총저수량 8,690만t, 유역면적 209km²이다. 횡성호 일대는 섬강의 상류역으로 유동천과 대관대천이 계천과 합류하고 있으며, 횡성다목적댐의 건설로 인해 과거 유수역인 섬강 중·상류역이 정수역인 댐호로 물리적 수환경이 변화했다(Lee *et al.*, 2012). 이러한 댐의 건설로 생성된 호수와 주변 지역은 수환경의 변화로 인해 어류의 이동, 군집 변화, 사멸 등의 결과를 초래하게 된다(Choi *et al.*, 2006). 최근 호소생태계의 수환경 및 오염 등에 관심이 고조되면서 각종 모니터링과 생물평가 등이 진행되고 있으며, 과거의 어류에 대한 조사와 분석은 어류상과 군집구조가 대부분이었으나 최근에는 개체군 분석을 위한 전장-체중 상관도(Length-weight relationship)와 비만도 지수(Condition factor) 등을 사용하여 개체군의 생리·생태학적인 연구가 다양하게 진행되고 있다(Choi *et al.*, 2006; Jang *et al.*, 2007; Seo and Kim, 2009; Byeon, 2011; Byeon *et al.*, 2011a; 2011b).

횡성호 일대의 어류를 대상으로 한 선행연구에는 어류 군집의 변화와 동태(Choi *et al.*, 2005)에 관한 연구가 진행되었으며, 횡성호 및 상·하류에 서식하는 피라미와 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 지표종의 개체군 분석(Choi *et al.*, 2006; Jang *et al.*, 2007) 등에 관한 연구가 있다.

피라미는 잉어과(Cyprinidae)에 속하는 일차담수어류로 우리나라의 대부분 하천에 가장 널리 분포하고 있으며(Kim, 1997; Yoon, 2000), 내성도가 높은 내성종(Tolerance species)으로 수환경을 평가하는 지표종으로 이용되고 있다(Choi *et al.*, 2006). 또한 피라미는 우리나라의 영동북부지역을 제외한 대부분의 하천 및 호수에서 높은 상대풍부도로 서식하며(Seo, 2005), 풍부한 개체군을 유지하고 있다. 횡성호 일대는 과거 참갈겨니가 우점하고 있었으나 횡성댐 건설 후 환경변화에 따른 교란의 영향으로 피라미가 우점종으로 변화되었다(Choi *et al.*, 2005; Choi *et al.*, 2006; Jang

et al., 2007). 따라서 최근 몇 년 사이 급격하게 개체수가 증가한 피라미를 대상으로 개체군의 특성을 분석하는 것이 필요하며, 횡성호 일대의 개체군 연구에 적합한 것으로 판단된다.

본 연구는 횡성호 및 주변지역에 분포하는 피라미 개체군을 대상으로 전장-체중 상관도, 비만도지수, 전장빈도 분포 등을 파악하고, 횡성댐 건설에 따른 피라미 개체군의 적응 과정과 변화상을 예측하여 횡성호 일대의 복원 및 보전을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

1. 조사시기

본 조사는 횡성호를 중심으로 상류지역, 횡성호, 하류지역의 3개 지역에서 각각 2지점을 선정하여 2010년 4월부터 11월까지 총 4회의 조사를 계절별로 실시하였으며, 각 조사시기는 다음과 같다.

1차조사 : 2010년 4월 28일~29일

2차조사 : 2010년 6월 15일~16일

3차조사 : 2010년 9월 16일~17일

4차조사 : 2010년 11월 9일~10일

2. 조사지점

조사지점은 강원도 횡성군 청일면과 갑천면 일대의 횡성호 상류지역(유입하천) 2개지점(Upstream, St. 1~2), 횡성호 2개지점(Lake Heongseong, St. 3~4), 횡성호 하류지역 2개지점(Downstream, St. 5~6)을 선정하였으며, 각 조사지점의 행정구역 명칭 및 GPS(WGS)는 다음과 같다(Figure 1). 상류지역 및 하류지역은 하상구조가 큰돌(>256mm), 호박돌(64~256mm), 자갈(16~64mm), 잔자갈(2~16mm), 모래(<2mm) 등으로 비교적 다양하게 구성되어 있었다. 수심은 12~80cm로 조사지점별 변동이 높았으며, 유속은 0.2~1.1%로 비교적 다양한 여울이 조성되었다. 횡성호는 유폭

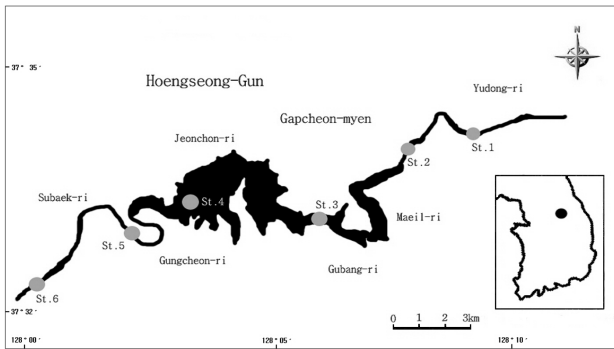


Figure 1. Map showing the studied sites in Lake Hoengseong region

170~200m (St. 3, 구방리 구방교), 330~350m (St. 4, 부동리 부동교), 평균 수심 2m 이상의 수역을 선정하였으며, 하상 구조는 대부분 모래와 펄로 단순하게 구성되어 있었다.

- St. 1: 강원도 횡성군 청일면 초현리 유평교 하방 (E: 128° 07' 51.75", N: 37° 33' 53.65")
 St. 2: 강원도 횡성군 갑천면 매일리 매일교 하방 (E: 128° 06' 39.36", N: 37° 33' 32.84")
 St. 3: 강원도 횡성군 갑천면 구방리 구방교 (E: 128° 05' 15.48", N: 37° 32' 34.36")
 St. 4: 강원도 횡성군 갑천면 부동리 부동교 (E: 128° 03' 31.31", N: 37° 32' 51.78")
 St. 5: 강원도 횡성군 갑천면 사기막 활아지교 (E: 128° 01' 31.78", N: 37° 32' 38.38")
 St. 6: 강원도 횡성군 갑천면 수백리 수백교 하방 (E: 128° 00' 36.06", N: 37° 31' 54.09")

3. 조사방법

1) 채집 및 동정

본 연구의 대상어종인 피라미의 채집은 각 지점별로 족대(망목 4mm×4mm, 40분)와 투망(망목 5mm×5mm, 14회)을 사용하였으며, 횡성호 내 지점인 St. 3(구방교)과 St. 4(부동교)에서는 삼중자망(망목 15mm×15mm)과 통발(망목 3mm×3mm)을 사용하여 24시간 수중에 설치한 후 수거하였다. 채집된 어류는 현장에서 동정하였으며, 현장에서 동정이 불가하거나 계측이 필요한 어종은 10% formalin 용액으로 고정한 후 실험실로 운반하여 동정 및 계측을 하였다. 어류의 동정에는 국내에서 발표된 검색표(Kim, 1997; Kim and Park, 2002; Kim *et al.*, 2005)를 이용하였고, 분류체계는 Nelson (2006)을 따랐다.

2) 개체군 분석

횡성호 및 상·하류지역에서 출현한 피라미를 대상으로 전장-체중 관계를 이용한 피라미 개체군의 전장-체중 상관도와 비만도 지수를 분석하였다. 어류의 전장-체중 상관도와 비만도 지수는 어류의 건강상태 및 생식능력의 정도를 파악할 수 있으며, 서식처등급, 수질, 먹이 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 지표로 사용된다(Anderson and Gutreuter, 1983; Busacker *et al.*, 1990; Ney, 1993). 전장-체중 상관도 (Length-weight relationship)는 Anderson and Gutreuter(1983)의 $W = aTL^b$ ($W =$ weight, $TL =$ Total length, $a, b =$ parameter)를 따랐으며, 비만도 지수(Condition factor, K)는 Anderson and Neumann(1996)의 $K = W/TL^3$ ($W =$ weight, $TL =$ Total length)을 적용하였다.

3) 전장크기 비교

피라미 개체군의 전장크기를 비교하기 위해 전 개체의 전장을 측정하여 전장빈도분포(Total length frequency distribution)를 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 피라미 개체군 분포

조사기간 동안 횡성호 및 상·하류지역에서 채집된 어류는 총 8과 24종 2,768개체였으며, 이 중 횡성호 상류지역에서 6과 16종 1,923개체, 횡성호에서 6과 12종 393개체, 횡성호 하류지역에서 7과 19종 452개체가 각각 채집되었다. 본 연구의 대상 어종인 피라미는 총 2,169개체(78.36%)로 매우 높은 비교풍부도를 나타냈으며, 상류지역에서 1,707개체(78.70%), 횡성호에서 228개체(10.51%), 하류지역에서 234개체(10.79%)가 각각 채집되어 상류지역에서 높은 비율을 차지하고, 횡성호와 하류지역에서는 유사하게 나타났다. 피라미는 댐호의 건설시 정수환경에 적응하여 급격한 번성을 하며(Jang *et al.*, 2007), 한강수계의 피라미속(Zacco) 어류는 댐호에서 우세하게 분포 하는 것으로 알려져 있다(Hong, 1991). 본 연구와는 차이가 있었으나 한강수계에 위치하고 있는 주요 호소의 호내(In lake)와 호외(Out lake)에 분포하는 피라미 개체군의 비교풍부도를 살펴본 결과 한강 상류수계의 평화의댐호, 파로호, 춘천호, 소양호에서는 호내에서 매우 높은 비율로 서식하고 있는 것으로 나타났다(Choi *et al.*, 2003; 2004; 2005; Choi, 2005b), 반면에 횡성호를 비롯한 청평호와 팔당호에서는 상대적으로 호외에서 서식비율이 높게 나타나(Choi, 2005a; Byeon *et al.*, 2008) 수환경에 따른 서식 및 산란조건에 따라 피라미 개체

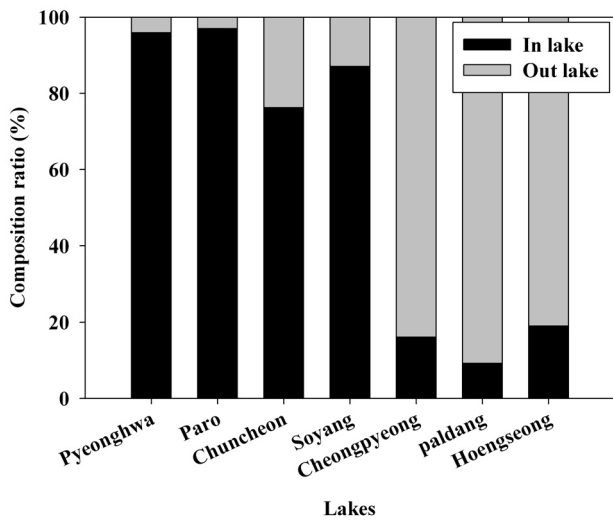


Figure 2. Variations of composition ratio on *Zacco platypus* population of lakes in the Han River

군의 서식분포지역에는 차이가 있는 것으로 생각된다 (Figure 2). 또한 횡성호 상류지역은 최근 하천정비와 제방 공사의 진행으로 하천생태계가 다소 교란된 상태였으나 횡성호 및 하류지역에 비해 피라미의 개체수가 월등하게 많이 조사되어 교란된 서식환경에도 불구하고 비교적 안정적으로 서식하고 있는 것으로 나타났다.

횡성호 건설 후 환경변화에 따른 교란이 발생하여 참갈겨니에서 피라미로 우점종이 변화되었으며(Choi et al., 2005; Choi et al., 2006; Jang et al., 2007), 최근 들어 수질오염, 하천정비 등 인간의 간섭에 의해 내성이 강한 피라미가 지속적으로 경쟁에서 우위를 차지하고 있는 것으로 생각된다. 댐의 하류지역은 방류에 의해 하상구조물에 영향을 미치며, 종다양성을 감소시키는 것으로 알려져 있으며(Kondolf, 1997), 갑작스런 수온의 변화는 댐 하류 생태계에 많은 영향을 미칠 것으로 예측된다. 따라서 횡성호 하류지역의 피라미 개체군이 불안정하게 유지될 것으로 생각되었으나 하류지역은 규칙적인 방류에 따라 수위의 안정성 유지와 수온의 변화폭이 적었고(Kim et al., 2005), 댐 방류량이 갈수기의 하천 기능을 정상적으로 유지시켜 비교적 안정된 개체군이 유지되고 있는 것으로 판단된다. 한편, 과거조사에서 출현한 피라미와 참갈겨니의 연도별 변화상을 비교풍부도로 비교한 결과 댐 건설 중 및 담수가 진행되는 초기에는 참갈겨니의 비교풍부도가 높게 나타났으나 담수후인 2001년부터는 피라미가 상대적으로 매우 높은 구성비를 차지하여 댐의 건설에 따른 인위적인 하천생태계의 교란이 환경변화에 내성이 강한 피라미 개체군을 급격하게 증가시킨 원인으로 판단되며, 유수역을 선호하는 참갈겨니는 상류지역으로 이

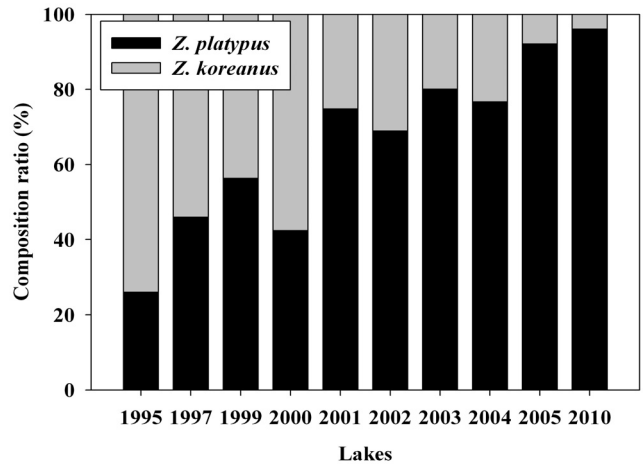


Figure 3. Annual variations of composition ratio of *Zacco platypus* and *Zacco koreanus* from 1995 to 2010 in Lake Hoengseong region

동되었을 것으로 추정된다(Figure 3).

지역별 공서어종 및 우세종은 상·하류지역에서는 돌고기(*Pungtungia herzi*)와 참갈겨니가 공서하고 있었으며, 이밖에 상류지역에서는 참마자(*Hemibarbus longirostris*), 하류지역에서는 밀어(*Rhinogobius brunneus*)가 우세종으로 나타났다. 이에 반해 횡성호에서는 붕어(*Carassius auratus*)와 밀어(*Rhinogobius brunneus*)가 피라미와 더불어 우세종인 것으로 조사되었다. 상·하류지역의 공서어종이자 우세종인 참갈겨니는 정수역인 횡성호내에서는 적응하지 못하고 있는 것으로 판단되며, 본 조사시 횡성호에서는 참갈겨니가 발견되지 않았다. 한편, 한강수계에 분포하고 있는 댐에 관한 연구에서는 댐호내에서 참갈겨니의 서식이 확인된 사례가 있으나 상·하류지역에 비해 그 개체군은 매우 적어 희소종으로 나타났다(Choi et al., 2003; 2004; 2005).

2. 전장-체중 상관도 및 비만도 지수 비교분석

횡성호 및 상·하류지역에 분포하는 피라미 개체군의 전장을 측정한 결과 상류지역은 19~170mm(85.1±39.8), 횡성호는 30~117mm(68.3±22.0), 하류지역은 27~147mm(77.0±29.5)로 조사지역별 평균전장에서 차이를 나타내었다. 피라미 개체군의 지역별 전장크기와 무게의 변화를 box plot으로 살펴본 결과 상류지역과 하류지역에서 전장과 무게가 모두 유사한 양상을 나타내었으며, 하류지역으로 갈수록 중앙값(median)이 점차 증가하는 경향을 보였다(Figure 4).

횡성호 및 횡성호 상·하류지역에 서식하는 피라미 개체군을 대상으로 전장-체중 상관도와 비만도 지수를 분석하였다 (Table 1, Figure 5). 일반적으로 전장-체중 상관도의 회귀계

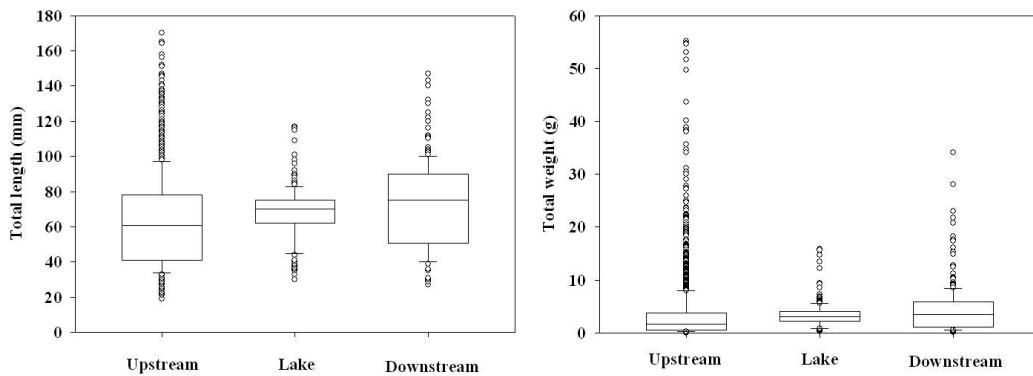


Figure 4. Total length and weight distribution of the *Zacco platypus* population at the study sites in Lake Hoengseong region

Table 1. A number of individuals(N), total length, weight, and condition factor of *Zacco platypus* collected from all sites in Lake Hoengseong region

	N	Total length (mm)			Total weight (g)			b	Condition factor (k)			Slope
		Min	Max	Mean	Min	Max	Mean		Min	Max	Mean	
Upstream	1,707	19	170	63	0.03	55.20	3.48	3.28	0.18	3.70	0.76	0.003
Lake	228	30	117	68	0.20	15.89	3.34	3.10	0.65	1.31	0.91	0.001
Downstream	234	27	147	73	0.11	34.12	4.43	3.09	0.52	1.51	0.84	0.001

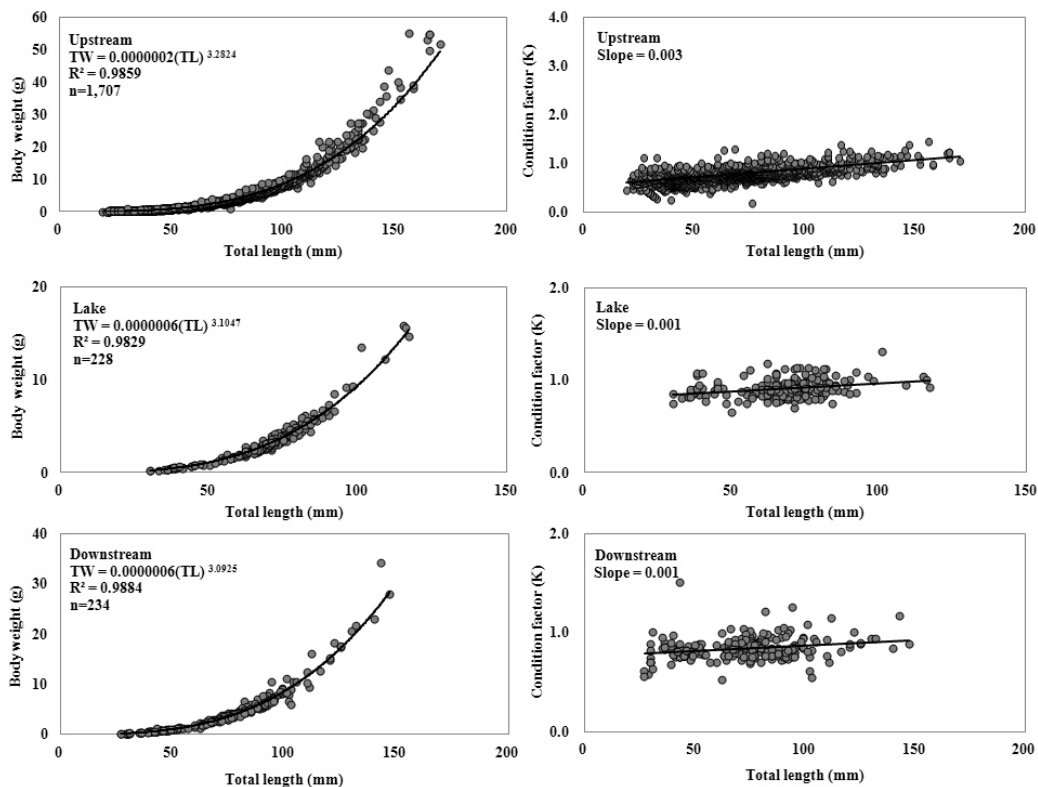


Figure 5. Length-weight relationship and condition factor for *Zacco platypus* population collected at the study sites in Lake Hoengseong region

수 b값은 3.0을 기준으로 개체군의 길이에 비하여 비대한지 아닌지를 나타내게 된다(Han *et al.*, 2007). 횡성호 일대에 서식하고 있는 피라미 개체군의 전장-체중 상관도 분석 결과 회귀계수 b값이 3.28로 크게 나타나 횡성호 일대에 서식하는 피라미 개체군은 비교적 안정적인 서식을 하고 있는 것으로 생각된다. 본 조사지역의 선행연구 결과에서는 회귀계수 b값이 3.18로 나타나(Jang *et al.*, 2007) 본 조사시 채집된 피라미 개체군의 회귀계수 값이 다소 증가한 것을 확인할 수 있었으며, 횡성호 일대의 수환경이 피라미가 서식하기에 보다 적합한 상태로 변한 것으로 생각된다. 지역별 전장-체중 상관도 분석 결과 횡성호 상류지역의 회귀계수 b값이 3.28로 가장 높게 나타나 생육상태가 매우 양호한 것으로 판단되며, 횡성호와 하류지역의 회귀계수 b값은 각각 3.10, 3.09의 유사한 값으로 분석되어 상류지역의 피라미 개체군이 횡성호에 유입되어 안정적으로 서식하다가 일부 개체는 주기적인 댐호의 방류에 의해 하류지역으로 이동되었을 것으로 추정되나 이는 댐호 및 하류지역에 대한 더욱 다양한 조사연구가 필요할 것으로 사료된다.

전장-체중 상관도 분석과 함께 피라미 개체군 분석을 위해 비만도 지수를 산출하였으며, 비만도 지수는 어류에게 필요한 풍부한 먹이원의 유무와 먹이원을 이용한 에너지의 축적량을 나타낸다(Seo, 2005). 횡성호 일대에 서식하는 피라미 개체군의 비만도 지수 분석 결과 slope가 양의 값인 0.003으로 나타나 안정적인 개체군을 형성하고 있는 것으로 분석되었다. 지역별로 비교한 결과 상류지역은 0.003으로 가장 안정된 영양상태를 유지하고 있는 것으로 나타났으며, 횡성호와 하류지역은 0.001의 양의 값으로 나타나 비교적 양호하게 서식하고 있는 것으로 판단된다. 피라미 개체군은 자갈이나 모래에 붙어 있는 수서곤충을 먹거나 주로 부착조류를 섭식하는 종으로 알려져 있다(Kim, 1997; Kim and Park, 2002). 횡성호는 인공호의 특성상 하상구조가 주로 모래와 펄로 구성되어 있어 수서곤충 및 부착조류의 생육이 제한적일 수밖에 없으나 수서곤충인 꼬마물벌레(*Micronecta sedula*)와 깔따구류(*Chironomidae* spp.) 등의 개체밀도가 높아(Lee *et al.*, 2012) 피라미의 먹이원으로 작용하는 것으로 판단된다. 하류지역은 댐호의 방류, 지류에서 유입되는 유기물, 다양한 하상구조 등의 영향으로 수서곤충 및 부착조류 등의 풍부한 먹이원이 제공되었을 것으로 생각되며, 이로 인해 다른 지역에 비해 큰 전장과 생체량을 나타낸 것으로 사료된다.

전장-체중 상관도와 비만도 지수 분석 결과 회귀계수 b값 및 slope가 횡성호 상류지역에서 가장 높게 나타나 횡성호 및 하류지역 보다 피라미 개체군의 성장 조건이 상대적으로 유리한 것으로 분석되었다. 한편, 피라미는 최근 인공호를 대상으로 한 연구에서 상·하류역 보다는 호내에서 우점하여

출현하는 것으로 나타났으며(Byeon *et al.*, 2004; Choi, 2005b; Choi *et al.*, 2003; 2004; 2005), 상류의 우수역 보다는 중류의 정수역을 더 선호한다고 밝힌바 있으나(Jang *et al.*, 2007) 본 연구 결과 수환경 및 서식조건이 충족시 우수역 및 정수역을 모두 선호하는 것으로 생각되며, 일정 수준의 교란은 피라미 개체군의 유지에 큰 영향을 주지 않는 것으로 추정되었다.

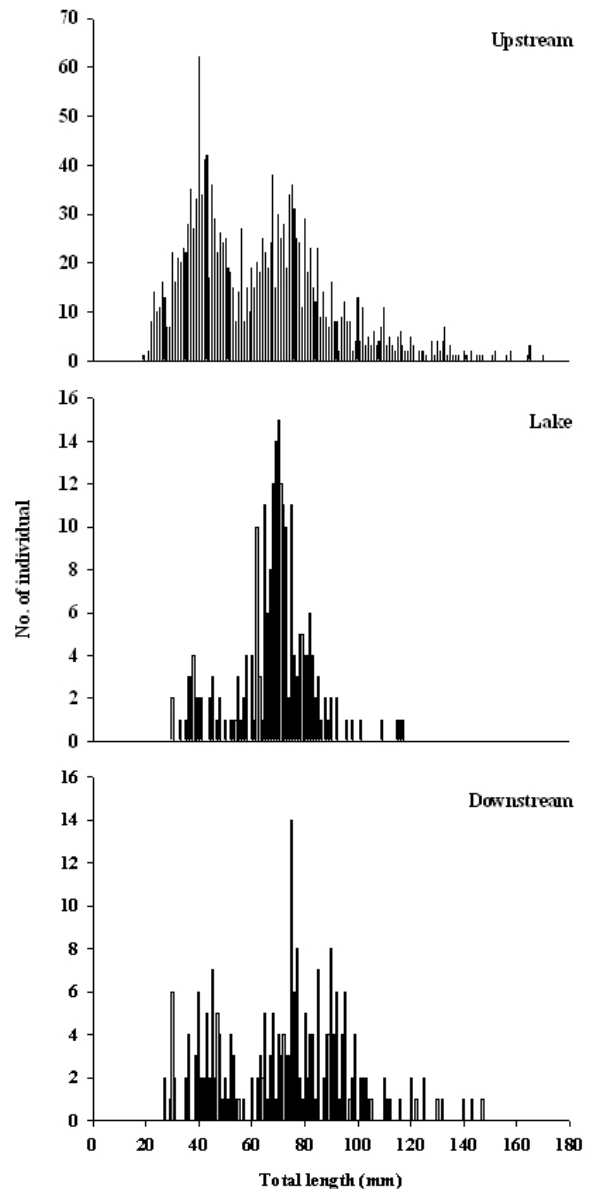


Figure 6. Length frequency distribution of the *Zacco platypus* population at the study sites in Lake Hoengseong region

3. 피라미 개체군의 전장크기 비교

횡성호 및 상·하류지역에서 채집된 피라미 개체군을 대상으로 전장크기를 비교하였다(Figure 6). 횡성호 상류지역에서 피라미 개체수가 1,707개체로 가장 높게 나타나 다양한 전장의 개체가 채집되었으며, 특히 30~50mm와 70~90mm 사이의 개체가 풍부하게 분포하고 있었다. 횡성호에서는 60~80mm의 개체가 높은 밀도를 나타내고 있었으며, 횡성호 하류지역은 70~100mm의 개체가 비교적 풍부하게 분포하는 것으로 조사되었다. 즉, 상류지역은 횡성호에 의한 환경변화 및 인위적인 간섭에 따른 교란 등 물리적인 서식환경의 악화에도 불구하고 비교적 안정적인 분포를 나타내고 있는 것으로 판단된다. 피라미 개체군은 자갈과 모래가 많은 하상구조를 선호하며, 바닥에 모래가 깔린 곳에 산란하는 습성을 가지고 있다(Kim, 1997). 따라서 횡성호 상류지역은 50mm 이하의 개체가 매우 풍부하게 서식하고 있는 것으로 볼 때, 피라미가 산란하기에 충분한 산란조건이 제공되어 피라미 치어가 대량으로 발생한 것으로 생각되며, 치어의 일부는 유속이 느린 정수형성의 횡성호에 유입되었을 것으로 예측된다. 또한 전장크기에 따른 연령을 추정하기는 어려우나 횡성호내에 서식하는 60mm 이상의 피라미 개체군은 산란처의 조성 및 산란조건이 유리한 상류지역으로 이동하여 산란을 하는 것으로 추정되며, 부화된 개체는 상류지역과 횡성호 유입지점을 중심으로 서식하고, 일부 개체는 횡성호 내에서 서식하는 것으로 판단된다. 하류지역의 경우 자연스런 산란과 성장이 이루어질 것으로 생각되며, 댐의 방류에 따른 피라미 개체가 추가될 수도 있을 것으로 추정된다.

인용문헌

- Anderson, R. and S. Gutreuter(1983) Length, weight and associated structural indices. In: Fisheries techniques. L. Nielsen and D. Johnson (Eds). American Fisheries Society, Bethesda, Md, pp. 283-300.
- Anderson, R.O. and R.M. Neumann(1996) Length, weight, and associated structural indices. Pages 447~482 in B.R. Murphy and D.W. Willis, editor. Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Busacker, G.P., I.R. Adelman and E.M. Goolish(1990) Growth, In: Schreck C.B., Moyle P.B. (Eds) Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda Md, pp. 363-387.
- Byeon, H.K.(2011) The Characteristic of Fish Fauna and *Brachimystax lenok tsinlingensis* Individuals in the Bonghwa-gun, Korea. The Korean Journal of Environmental Ecology 25(6): 878-886. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K., J.K. Choi and C.R. Jang(2011a) The Fish Fauna and Population of *Zacco koreanus* in the Upper Region of the Gapyeong Stream. The Korean Journal of Environmental Ecology 25(1): 65-70. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K., J.K. Choi and C.R. Jang(2011b) The Characteristic of Fish Fauna by Habitat Type and Population of *Zacco koreanus* in the Tan Stream. The Korean Journal of Environmental Ecology 25(1): 71-80. (in Korean with English abstract)
- Byeon, H.K., W.O. Lee and D.S. Kim(2004) The Ichthyofauna and Community of Fish in Lake Yeongcheon. The Korea Journal of Ichthyology 16(3): 234-240. (in Korean with English abstract)
- Byeon, M.S., H.K. Park, W.O. Lee and D.S. Kong(2008) Fish Fauna and Community Structure in Lake Paldang and its Inflows. Journal of Korean Society on Water Quality 24(2): 206-213. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.K., J.S. Choi, H.S. Shin and S.C. Park(2005) Study on the Dynamics of the Fish Community in the Lake Hoengseong Region. The Korean Journal of Limnology 38(2): 188-195. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S.(2005a) Fish Fauna and Community in Cheongpyeong Reservoir. The Korean Journal of Limnology 38(1): 63-72. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S.(2005b) Ichthyofauna and Fish Community Structure on Chuncheon Reservoir. The Korean Journal of Environment Biology 23(2): 173-183. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S., K.Y. Lee, Y.S. Jang, E.Y. Choi and J.W. Seo(2005) Fish Community Analysis in the Peace Dam. The Korean Journal of Limnology 38(3): 297-303. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S., K.Y. Lee, Y.S. Jang, M.H. Ko, O.K. Kwon and B.C. Kim(2003) Study on the Dynamics of the Fish Community in Lake Soyang. The Korean Journal of Ichthyology 15(2): 95-104. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S., S.C. Park, Y.S. Jang, K.Y. Lee and J.K. Choi(2006) Population Dynamics of Korean Chub(*Zacco koreanus*, Cyprinidae) in the Upstream and Downstream of Lake Hoengseong. The Korean Journal of Environmental Ecology 20(4): 391-399. (in Korean with English abstract)
- Choi, J.S., Y.S. Jang, K.Y. Lee, J.G. Kim and O.K. Kwon (2004) Ichthyofauna and Fish Community in Lake Paro. The Korean Journal of Environment Biology 22(1): 111-119. (in Korean with English abstract)
- Han, S.C., H.Y. Lee, E.W. Seo, J.H. Sim and J.E. Lee(2007) Fish Fauna and Length-Weight Relationships for 9 Fish Species in Andong Reservoir. The Korean Journal of Life Science 17(7): 937-943. (in Korean with English abstract)
- Hong, Y.P.(1991) Studies on the distribution and community dynamics of *Zacco platypus* and *Z. temminckii*(Cyprinidae) in the Han River, Korea. Ph.D. thesis, Univ. of Chungnam, Daejeon, Korea, 197pp.

- Jang, Y.S., J.S. Choi, K.Y. Lee, J.W. Seo and B.C. Kim(2007) Length-Weight Relationship and Condition Factor of *Zacco platypus* in the Lake Hoengseong. The Korean Journal of Limnology 40(3): 412-418. (in Korean with English abstract)
- Kim, I.S.(1997) Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea Vol. 37 Freshwater Fishes. Ministry of Education Republic of Korea, 629pp. (in Korean)
- Kim, I.S. and J.Y. Park(2002) Freshwater fishes of Korea. Kyohaksa, 465pp. (in Korean)
- Kim, I.S., Y. Choi, C.L. Lee, Y.J. Lee, G.J. Kim and J.H. Kim(2005) Illustrated book of Korean fishes. Kyohaksa, 615pp. (in Korean)
- Kim, J.S., Y.I. Moon and T.D. Oh(2005) A Study on Parameter Optimization for Estimation of Probability Maximum Flood in Hoengseong Dam Basin. Journal of the Institute of Industrial Technology 15: 51-57. (in Korean with English abstract)
- Kondorf, G.M.(1997) Hungry water: Effects of dams and gravel mining on river channels. Environmental Management 21: 533-551.
- Lee, H.G., S.W. Jung and J.K. Choi(2012) Spatial Analysis of Ecological Characteristics for Benthic Macroinvertebrate Community Structure in Lake Hoengseong Region. The Korean Journal of Environmental Ecology 26(1): 45-56. (in Korean with English abstract)
- Nelson, J.S.(2006) Fishes of the World(4th ed). John Wiley & Sons, New York. 601pp.
- Ney, J.J.(1993) Practical use of biological statistics. Inland fisheries management of North American Fisheries Society. Bethesda, Md, pp. 137-158.
- Seo, J.W.(2005) Fish Fauna and Ecological Characteristics of Dark Chub (*Zacco temminckii*) Population in the Mid-Upper Region of Gam Stream. The Korean Journal of Limnology 38(2): 196-206. (in Korean with English abstract)
- Seo, J.W. and H.S. Kim(2009) A Study of Fish Community on Up and Downstream of Hwabuk Dam Under Construction in the Upper Wie Stream. The Korean Journal of Limnology 42(2): 260-269. (in Korean with English abstract)
- Yoon, H.N.(2000) Studies on the inhabitation limiting factors of the genus *Zacco* in Korea. Master's thesis, Univ. of Sangmyung, Seoul, Korea, 80pp.