

횡성호 상·하류에 분포하는 참갈겨니(*Zacco koreanus*, Cyprinidae)의 개체군 동태^{1a}

최재석² · 박승철³ · 장영수⁴ · 이광열⁵ · 최준길^{6*}

Population Dynamics of Korean Chub(*Zacco koreanus*, Cyprinidae) in the Upstream and Downstream of Lake Hoengseong^{1a}

Jae-Seok Choi², Seung-Chul Park³, Young-Su Jang⁴, Kwang-Yeol Lee⁵, Jun-Kil Choi^{6*}

요약

2005년 4월부터 10월까지 횡성호를 중심으로 상·하류에 분포하는 참갈겨니(*Zacco koreanus*) 개체군의 동태를 알아보았다. 참갈겨니 개체군의 시기별 변동을 비교한 결과 하부 지역이 상부 지역보다 양호한 개체군을 유지하는 것으로 확인되었다. 또한 참갈겨니 개체군의 전장-체중 상관도 분석 결과 하부 지역의 b값은 3.21~3.35였고 상부 지역은 2.94~3.37로서 하부 지역의 시기별 개체군이 양호한 것으로 보였으며 상부 지역은 빈약한 것으로 나타났다. 그리고 비만도지수(K)는 하부 지역에서 0.0292~0.0693인 반면 상부 지역은 -0.0165~0.0499로 하부 지역에 비해 K값이 떨어지는 것으로 분석되었다. 한편 von Bertalanffy의 성장모델에 의해 산출된 본 개체군의 최대성장값(L_∞)은 상부 지역에서 279.7mm, 하부 지역에서 303.9mm로 각각 나타나 하부 지역의 잠재성장능력이 상부 지역보다 높은 것으로 확인되었다. 이와 같이 횡성호 상부 지역의 참갈겨니 개체군은 연령구조, 전장-체중 상관도 분석, von Bertalanffy의 성장모델 결과에서 하부 지역보다 떨어지는 것으로 나타났으며 이러한 결과는 댐의 형성으로 인한 수체와 물리적 서식환경의 변화 때문으로 보였다.

주요어 : 전장-체중 상관도, 비만도 지수, 성장모델

ABSTRACT

The population dynamics of *Zacco koreanus* in the upstream and downstream of Hoengseong Lake, Korea were investigated from April to October 2005. As the result of a comparison of variations regarding the time of *Z. koreanus* populations, it was confirmed that downstream was a place to remain compared to upstream. Also the b value, assessed by Length-weight relationship in upstream and downstream, were 3.21~3.35, and 2.94~3.37, respectively indicating the fish in downstream had better than upstream. Additionally condition factor(K) of each population in upstream and downstream were 0.0292~0.0693 and -0.0165~0.0499, respectively, K value in

1 접수 7월 21일 Received on Jul. 21, 2006

2 강원대학교 생물학과 Dept. of Biology, Kangwon National Univ., Chuncheon(200-701), Korea(gobiobotia@hanmail.net)

3 상지대학교 생명과학과 Dept. of Biological Science, Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea(sc30717@hanmail.net)

4 강원대학교 생물학과 Dept. of Biology, Kangwon National Univ., Chuncheon(200-701), Korea(mintae@dreamwiz.com)

5 강원대학교 생물학과 Dept. of Biology, Kangwon National Univ., Chuncheon(200-701), Korea(liky76@dreamwiz.com)

6 상지대학교 생명과학과 Dept. of Biological Science, Sangji Univ., Wonju(220-702), Korea(jkilchoi@sangji.ac.kr)

a 본 연구는 한국수자원공사 수자원연구원의 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

* 교신저자, Corresponding author

upstream lower than downstream. On the other hand, the maximum-growth value(L_{∞}) calculated by *von Bertalanffy's* growth model in upstream and downstream were 279.7mm and 303.9mm, respectively, indicating that the potential-growth ability of population in downstream was higher than population in upstream. Therefore, *Z. koreanus* population in upstream became worse based on matters of age structure, Length-weight relationship, and *von Bertalanffy's* growth model. These results are considered to show the change of the physical environment by the constructing of Hoengseong Dam.

KEY WORDS : LENGTH-WEIGHT RELATIONSHIP, CONDITION FACTOR, GROWTH MODEL

서론

최근 환경오염에 대한 사회적 관심이 대두되면서 많은 선진국에서는 수환경을 보전 및 복원하고자 꾸준한 생물모니터링(biomonitoring)을 제시해오고 있다(Schmitt and Dethloff, 2000). 이중 어류는 수중생태계의 상위소비자로서 이동성이 크고 물리·화학적인 서식지 변화에 민감하게 반응하므로(손영목 등, 1997) 지표생물로 이용하기 좋은 대상이라 할 수 있다. 이처럼 어류를 이용한 수환경 관리 및 평가를 위한 연구에는 장기적인 데이터가 필요하나 과거 우리나라 담수어류 조사는 종 분류에 대한 연구가 대부분을 차지하여 자료로 활용하기에는 미약한 실정이었다. 하지만 최근 전장-체중 상관도, *von Bertalanffy*의 성장모델 등을 이용한 개체군의 생리·생태학적인 연구가 진행되고 있어 수환경 관리 및 평가의 유용성이 높아지고 있다.

2000년 준공된 횡성호는 과거 계류형 하천이었으나 댐 건설로 인하여 유수역의 하천생태계가 정수역의 호수생태계로 전환되어 수체의 성격이 변하게 되었다. 특히 댐건설로 인한 수환경의 변화는 호의 상부와 하부에 분포하는 많은 생물의 생리·생태적 변화를 유발할 가능성이 매우 높아 일부 어종의 분포, 이동, 절멸 등의 결과를 초래할 수도 있다. 이러한 생태계 변화를 관찰하기 위하여 어류군집의 변화와 동태에 관한 연구는 많았으나 개체군의 변화에 대한 직접적인 연구는 거의 없는 실정이었다. 그러므로 하천 중상류에 서식하는 어류 개체군의 동태 파악은 수환경 변화로 인한 생물체의 직접적인 영향을 예측하는데 많은 도움이 될 것으로 판단된다.

참갈겨니(*Zacco koreanus*)는 잉어과(Cyprinidae) 피라미속(*Zacco*)에 속하는 일차담수어(primary fresh water fish)로서 기존에 갈겨니(*Zacco temminckii*)로 알려져 왔으나 Kim *et al.*(2005)에 의하여 지리적 분포, 외형 등의 차이를 근거로 신종으로 기재 보고된 어종이다. 하지만 본 종의 생태적 습성은 갈겨니와 마찬가지로 주로 수서곤충을 섭식하며 중상류역에서 떠내려 오는

먹이를 기다렸다가 먹는 것으로 알려져 있다(官坂, 1950). 또한 두 어종은 우리나라의 영동북부지방을 제외한 모든 하천에 분포하며(김익수, 1997; 최기철 등, 2002) 피라미와 함께 높은 출현빈도를 나타낸다(최기철, 1994). 그러므로 본 종은 우리나라 중상류 하천의 수환경을 평가하는데 적합한 지표어종으로 생각된다(서진원, 2005).

따라서 본 연구에서는 횡성호를 중심으로 상·하부에 분포하는 참갈겨니 개체군의 전장-체중 상관도 및 *von Bertalanffy*의 성장모델을 통하여 수환경 변화, 즉 댐 건설에 따른 참갈겨니 개체군의 적응변화과정을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

본 조사는 횡성호를 중심으로 유입하천인 섬강 상부 지역과 댐 하부 지역 등의 두 지역으로 선정하였으며(Figure 1) 조사기간은 2005년 4월부터 10월까지 4회에 걸쳐 실시하였으며 각 시기별 조사일자는 다음과 같다.

1차 조사 : 2005년 4월 15일 ~ 17일

2차 조사 : 2005년 6월 22일 ~ 24일

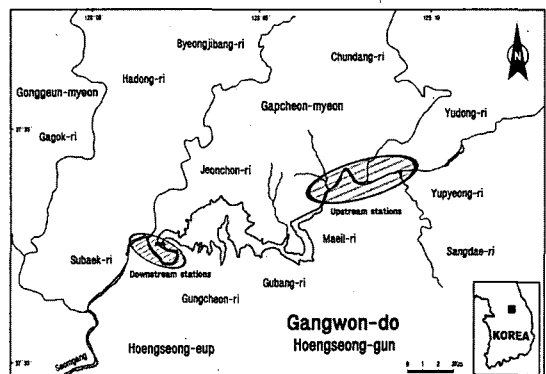


Figure 1. Map showing the sampling stations.

3차 조사: 2005년 8월 14일 ~ 16일

4차 조사: 2005년 10월 27일 ~ 29일

1. 물리적 수환경 및 서식환경

물리적 수환경 조사는 1차 조사시기인 4월에 실시하였으며 줄자, 막대자, 먹물 등을 이용하여 조사지역의 유속, 수심, 유속을 측정하였다. 그리고 하상물질의 계측 및 분류는 Cummins(1962)의 방법에 따랐다.

2. 채집 및 동정

참갈겨니 표본 및 공서하고 있는 어종의 채집은 상·하류별 정량채집을 위하여 투망(7×7mm: 14회)과 족대(4×4mm: 40분)를 사용하였다. 채집된 어류는 현장에서 10% 포르말린액으로 고정한 다음 실험실로 운반하여 동정, 분류하였다.

어류의 동정 및 학명의 적용은 김익수(1997), 최기철 등(2002), 김익수와 박종영(2002) 등의 검색표를 따랐다.

3. 개체군 분석

1) 전장-체중 상관도

황성호 상·하류에서 출현한 참갈겨니에 대하여 전장-체중 상관도를 이용하여 참갈겨니 개체군의 성장도와 비만도를 평가하였다. 어류의 성장도와 비만도 분석은 주어진 환경에서 어류의 건강상태나 생식능력의 정도를 파악할 수 있을 뿐만 아니라 서식환경의 서식처등급, 수질 및 피식자 이용능력 등의 다양한 정보를 제공하는 지표로서 이용된다(Anderson and Gutreuter, 1983; Busacker *et al.*, 1990; Ney, 1993).

$$W = aTL^b$$

W = weight, TL = total length

a, b = parameters

2) 비만도 분석(K value)

Fulton-type의 비만도 지수(condition factor, K)는 성장도에서 표현하는 a와 b의 관계보다 더 쉽게 설명되고 비교되는데 그 식은 다음과 같다.

$$K = W/L^3 \quad (\text{Anderson and Neumann, 1996})$$

4. von Bertalanffy의 성장모델

개체군의 전장과 체중의 관계가 정상적인 경우 전장별 성장을 가정하여 전장빈도법(Length frequency method)에 따라 연령구조를 결정하였다. 연령에 따른 개체군의 성장은 von Bertalanffy(1938)의 성장모델을 적용하여 brody's coefficient(K)를 추정하였다. 개체군의 최대성장값(L_∞)은 Walford plot(1946)을 이용하였으며, 부화 직후의 전장(t₀)은 5mm 정도로 가정하였다(최기철 등, 2002).

$$L_t = L_{\infty} \{1 - e^{-k(t-t_0)}\}$$

(L_t = 시간 t에서의 전장, L_∞ = 최대성장(mm),

k = brody's coefficient)

결과 및 고찰

1. 물리적 수환경 및 하상구조

황성호 상·하부 지역에서 측정한 하상구조와 수환경은 Table 1과 같다. 섬강의 상류에 해당하며 황성호로 유입되는 상부 하천의 경우 유속은 5~20m였으며 수심은 20~80cm였다. 또한 유속은 0.2~0.9m/sec로 완만한 편이었고 하상구조는 암반과 큰돌 등도 분포하였지만 주로 자갈과 모래로 구성되어 있었는데 이는 정수역인 황성호와 만나면서 유속이 급격히 느려지게 되고 이로 인하여 하상에 모래가 퇴적 되었기 때문인 것으로 판단된다. 한편 황성담 하부 지역은 유속은 7~28m, 수심은 50~110cm였다. 또한 유속은 0.3~1.2m/sec로 상부 지역보다 빠른 편이었고 하상구조 역시 상부 지역보다 더 많은 암반이나 큰돌로 구성되어 있는 것으로 나타났

Table 1. General characteristics of the sampling stations, April 2005

Stations	Items	Stream width(m)	Water depth(cm)	Current velocity(m/sec)	Bottom structure *B:C:P:G:S
Upstream		5~20	20~80	0.2~0.9	B:C:P:G:S=1:3:2:1:3
Downstream		7~28	50~110	0.3~1.2	B:C:P:G:S=2:3:2:2:1

*The substrate composition is based on the approach of Cummins(1962).

B: boulder(> 256mm), C: cobble(64~256mm), P: pebble(16~64mm), G: gravel(2~16mm), S: sand(0.1~2mm).

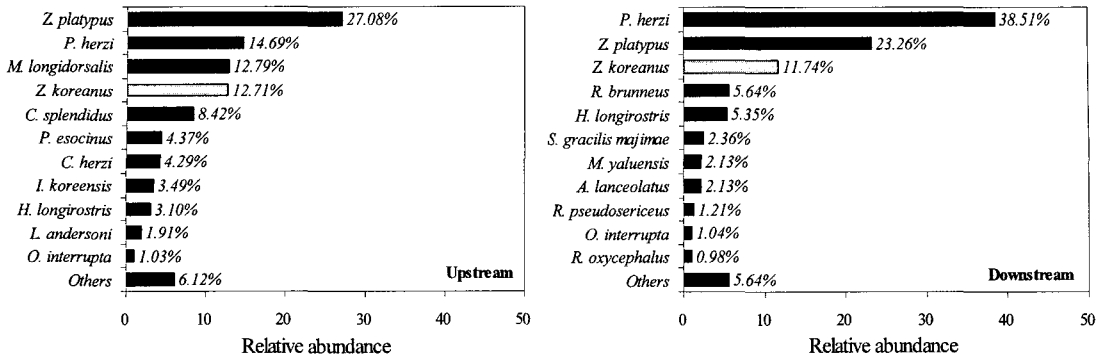


Figure 2. Relative abundance of fish collected during April to October, 2005.

며 중하류로 내려갈수록 점차 유폭이 넓어지고 수심도 깊어지고 있는 것으로 나타났다. 따라서 하부 지역은 댐의 방류에 따라 유폭, 유량 등이 일부 영향을 받을 것으로 생각되나 하상구조에는 큰 영향이 없는 것으로 판단되며 물리적 서식환경이 상부 지역에 비해 양호한 것으로 생각되는 반면 상부 지역은 호의 영향으로 느린 유속과 모래가 퇴적되어 일부 수환경의 변화가 일어나고 있는 것으로 판단된다.

2. 어류상 및 공서어종

횡성호 상하부 하천에 대한 어류조사 결과 총 9과 32종 2,996개체가 채집되었으며 이중 횡성호 상부 지역에서는 8과 27종 1,259개체, 댐 하방 지역에서는 9과 29종

1,737개체가 각각 채집되었다. 본 연구의 대상 어종인 참갈겨니는 총 364개체(12.15%)가 채집되었으며 상부 지역에서 160개체(12.71%), 하부 지역에서 204(11.74%)개체가 각각 채집되었다. 각 지역별로 공서종(cohabitation species)을 살펴보면 두 지역 모두 피라미(*Z. platypus*)와 돌고기(*P. herzi*)가 높은 비율로 출현하여 두 어종은 참갈겨니의 공서종인 것으로 판단된다. 이 밖에 상부 지역에서는 배가사리(*M. longidorsalis*), 하부 지역에서는 밀어(*R. brunneus*) 등 저서성 어종(benthic species) 역시 높은 비율로 공서하고 있었으며 종조성에 있어 큰 차이를 보이지 않았다(Figure 2). 그러나 상부 지역에서 피라미가 높은 비율로 확인되었는데 본 종은 수질오염, 보의 설치, 골재 채취, 댐의 구축 등 인위적인 환

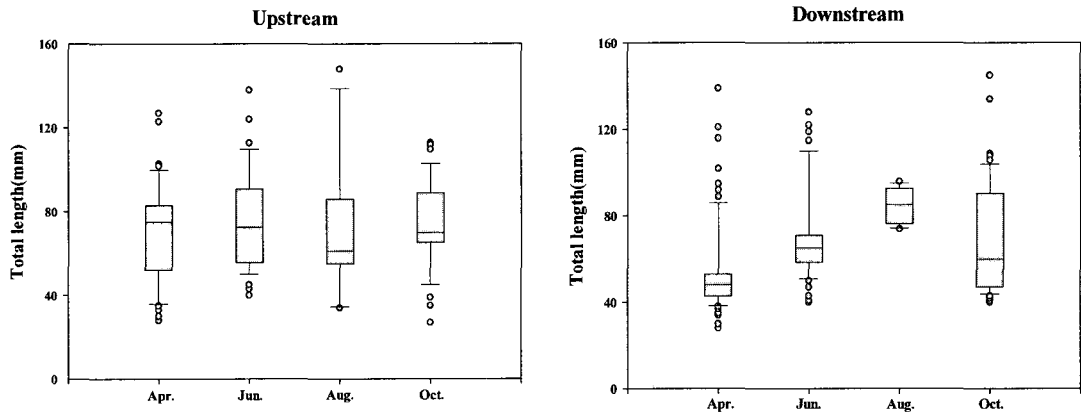


Figure 3. Total length distribution of the *Z. koreanus* population in the upstream(left panel) and downstream(right panel). The boundary of the box closest to zero indicates the 25th percentile, a line within the box marks the median, and the boundary of the box farthest from zero indicates the 75th percentile. Whiskers(error bars) above and below the box indicate the 90th and 10th percentiles(Chambers *et al.*, 1983).

경 변화에 따라 개체수가 증가(김익수와 김환기, 1975; 전상린, 1980; 최재석과 김재구, 2004)하는 것으로 알려져 있어 횡성호 상부 지역은 댐 건설로 인하여 환경변화에 내성이 강한 피라미가 많이 출현한 것으로 판단된다.

한편 횡성호 내에서는 참갈겨니가 9개체(0.12%)만이 출현하였는데 본 종은 정수역인 호내에 적응하지 못하고 대부분 사멸하였거나 서식처를 이동했을 것으로 판단된다. 또한 우리나라의 하천 중상류역에 형성된 인공호인 소양호(최재석 등, 2003), 파로호(최재석 등, 2004)의 경우 1년간의 조사기간동안 채집된 갈겨니는 각각 198개체(1.17%), 450개체(2.42%)로 매우 적은 수가 출현하였다고 보고되었으며 채집된 개체수는 대부분 호내로 유입되는 지류에서 확인되었으므로 호내에 출현한 참갈겨니는 장마와 같은 강우 등으로 일시적으로 출

현된 것으로 판단된다. 그리고 송호복 등(1995)의 연구에 의하면 당시 횡성호가 형성되기 이전 지역인 섬강 상류의 우점종은 갈겨니였으며 본 지역이 산간계류 하천의 특성을 잘 나타낸다고 하였으나 최준길 등(2005)은 횡성호 일대의 어류군집 동태에 대하여 설명하면서 횡성댐이 건설되고 담수가 진행되어감에 따라 갈겨니의 개체수는 점차 감소하고 피라미의 개체수가 증가하는 양상을 보인다고 언급하였다. 그러므로 본 조사 결과 섬강 상부 지역의 참갈겨니 개체군은 정수역인 횡성호의 영향을 받아 서식장소가 훼손되었을 것으로 판단되며 하부 지역은 댐의 방류 등에 의해 개체군이 일부 교란을 받을 것으로 보이나 유수성의 수체와 중상류역의 하상 구조 등 참갈겨니의 서식장소가 상부 지역에 비해 양호한 것으로 판단된다. 따라서 이와 같은 상태가 지속될 경

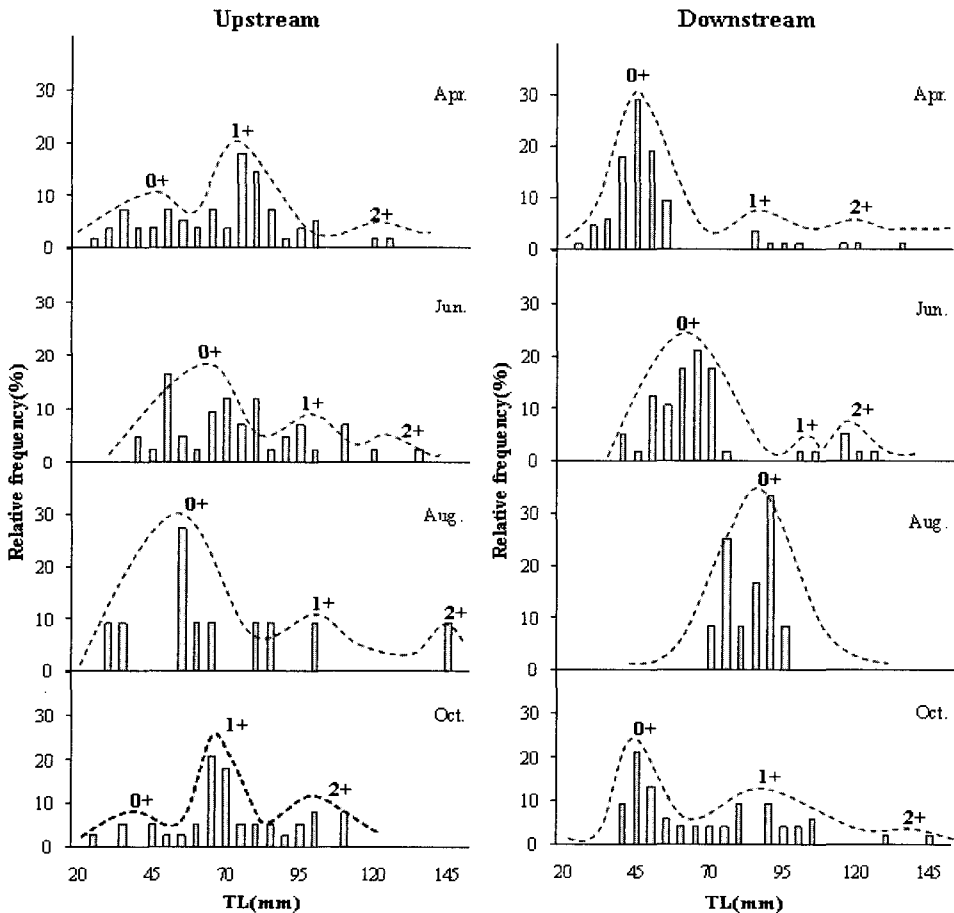


Figure 4. Relative frequency of total length with seasons in the studied stations from April to October 2005.

우 상부 지역의 참갈겨니는 사멸하거나 호의 영향을 받지 않는 상류역으로 서식처를 이동할 것으로 생각되며 하부 지역에서는 댐의 무분별한 방류와 골재채취, 하천 정비 등과 같은 인위적인 교란 요인이 없는 한 비교적 양호한 개체군을 유지할 것으로 판단된다.

3. 참갈겨니 개체군의 전장크기 비교

횡성호 상·하부 하천에 분포하는 참갈겨니 개체군에 대하여 전장을 계측한 결과 전장 size는 27~148mm 였으며 평균전장은 67±23.4mm 로 확인되었다. 이중 상부 지역의 평균전장은 73±22.9mm 였고 하부 지역의 평균 전장은 63±22.9mm 로 두 지역의 참갈겨니 개체군의 서

식밀도와 평균전장에서 차이를 나타내고 있었다. 그리고 상부 지역과 하부 지역 참갈겨니 개체군의 시기별 전장크기의 변화를 알아보고자 참갈겨니 개체군의 전장범위를 백분위수(percentile)로 산정한 다음 box plot으로 표현하였다(Figure 3). 그 결과 횡성호 상부 지역의 참갈겨니 개체군은 모든 조사시기에서 전장크기가 큰 변화를 보이지 않았고 중앙값(median)은 점차 감소하다가 증가하는 경향을 나타내었다. 그리고 하부 지역에서는 8월까지 개체군의 전장 size와 중앙값이 점차 증가하다가 10월에 다시 감소하는 경향을 보였는데 이는 전장 50mm 이하인 개체의 수가 많았기 때문인 것으로 판단된다. 한편 8월에서 100mm 이상의 개체들이 출현하지 않았는데 이는 산란을 마친 참갈겨니 성어들이 자연사

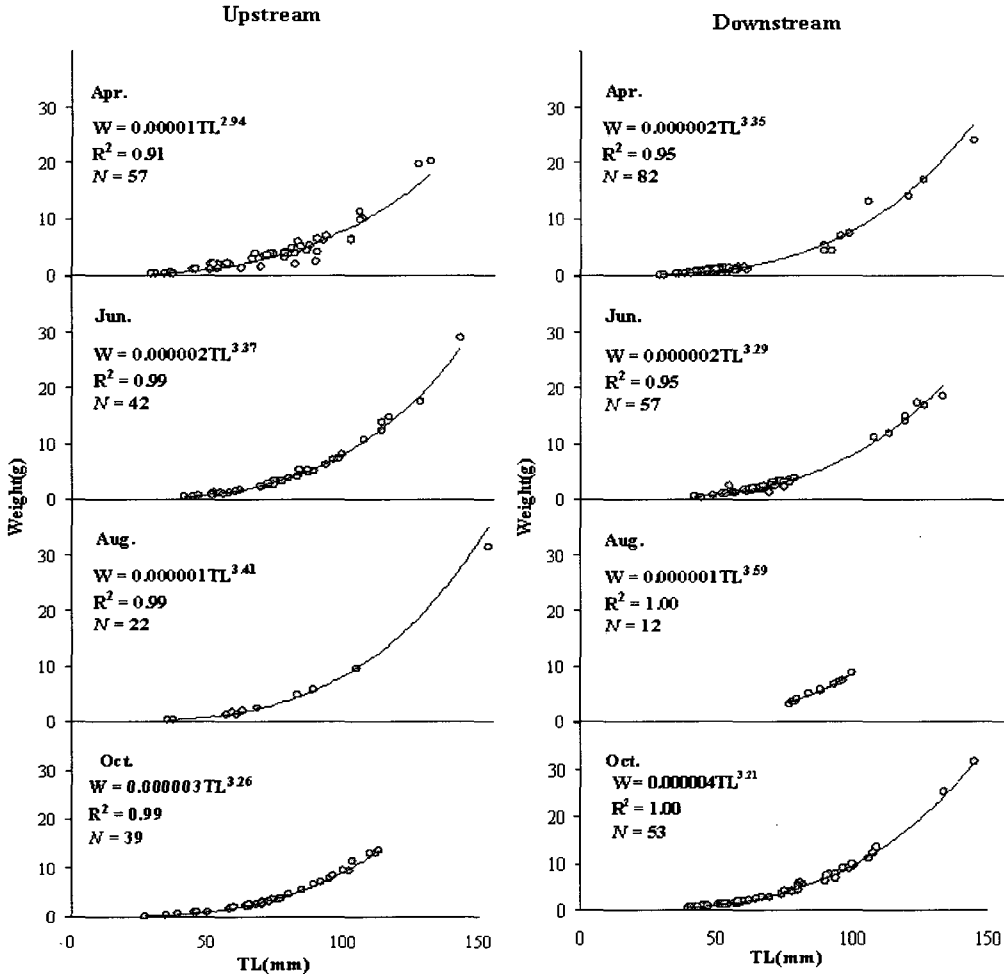


Figure 5. Length-weight relationship for *Z. koreanus* caught in the upstream and downstream, from April to October 2005.

하였거나 댐의 방류나 호우 등 일시적인 물리적 수환경의 변화 또는 제방공사, 보의 설치 등과 같은 인위적인 교란 등에 기인된 것으로 판단된다. 또한 본 수역에서 여름에 많은 피서객들과 천렵행위 등이 관찰되었는데 이로 인하여 큰 개체들이 서식장소를 이동했거나 남획되었을 것으로 사료된다.

한편 전장빈도법을 이용하여 참갈겨니 개체군의 변동을 비교한 결과 상부 지역에서 개체군의 전장빈도가 시기별로 차이가 없었다. 이처럼 횡성호 상부 지역에서 전장빈도법을 통한 연령구조가 불안정한 것은 호의 영향으로 하상에 유속이 느려지고 모래가 퇴적되는 등 수체와 하상구조 등 물리적 서식환경이 빈약한 것으로 생

각된다. 그러나 하부 지역의 개체군 전장빈도는 시기별로 이동하는 것으로 나타났다(Figure 4). 특히 하부 지역은 4월부터 8월까지 개체군의 전장크기가 증가하다가 10월에 감소하는 양상을 보였는데 이는 당년생 치어들로 추정되는 개체들이 성장한 것으로 판단된다. 이와 같이 횡성호 하부 지역의 참갈겨니 개체군은 개체군의 전장빈도법을 통한 연령구조가 잘 나타나 상부 지역에 비해 물리적 서식환경이 양호한 것으로 판단된다.

4. 전장-체중 상관도 및 비만도 지수 비교분석

횡성호 상·하부 하천에서 채집된 참갈겨니를 대상으

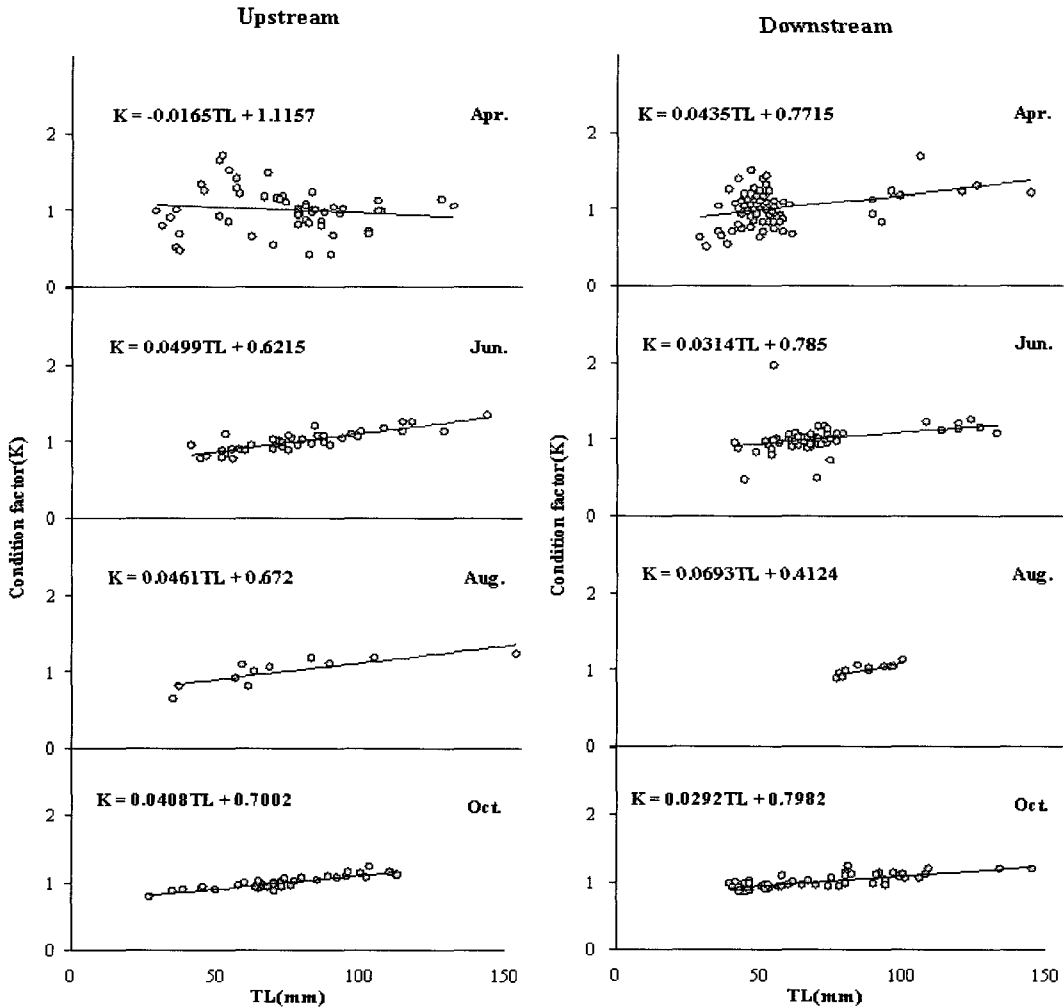


Figure 6. Condition factor(K) for *Z. koreanus* caught at the studied stations, from April to October 2005.

로 전장-체중 상관도와 비만도 지수를 산정하여 상·하부 지역의 참갈겨니 개체군이 생태적으로 어떤 차이를 보이는지 분석하였다. 각 조사시기별로 참갈겨니 개체군의 전장-체중 상관도를 비교해 본 결과 상부 지역의 b값은 2.94~3.37로 확인되었으며 하부 지역은 3.21~3.35로 나타나 하부지역이 상부 지역보다 서식환경이 양호한 것으로 생각된다(Figure 5).

한편 최재석(2004)에 의해 연구된 북한강수계(내린천)의 참갈겨니 개체군과 서진원(2005)의 논문에서 소개된 금강수계의 참갈겨니 개체군의 b값은 각각 3.58, 3.25로 알려져 있다. 또한 남한강수계에 해당하는 본 연구에서 확인된 횡성호 상·하부의 참갈겨니 개체군 전장-체중 상관도를 종합한 결과 횡성호 상부 지역에서는 3.15, 하부 지역에서는 3.34로 각각 나타났다. 이와 같이 북한강수계에 분포하는 참갈겨니 개체군의 b값이 가장 양호한 것으로 나타나 북한강수계는 우리나라에서 참갈겨니가 서식하는 가장 최적의 서식장소로 판단된다. 또한 횡성호 상부 지역의 b값은 가장 낮게 나타나 참갈겨니의 서식장소 중 가장 빈약한 서식지인 것으로 생각되며 하부 지역은 금강수계와 비슷한 것으로 확인되어 서식장소가 양호한 환경을 유지하고 있는 것으로 판단된다.

전장-체중 상관도와 함께 어류의 건강성과 개체군 평가에 널리 이용되는 비만도 지수(K)는 어류에 있어서 풍부한 먹이원 이용을 반영하며 높은 에너지 축적으로 설명된다(서진원, 2005). 횡성호 상·하부 지역의 condition factor를 시기별로 살펴본 결과 상부 지역은 K값은 -0.0165~0.0499로 나타났으며 하부 지역은 0.0292~0.0693로 각각 나타났다(Figure 6). 이처럼 횡성호 하부 지역의 K값은 상부 지역보다 높게 나타나 상대적으로

서식환경이 양호한 것으로 판단된다. 특히 상부 지역에서 4월의 K값이 음의 기울기 값으로 나타나 이 시점에서 서식환경이 양호하지 않은 것으로 생각된다. 그리고 상·하부 지역 모두 10월에 K값이 감소하는 경향을 보였는데 10월 이후에는 수온이 낮아져 참갈겨니 개체군의 유영이나 섭식활동이 감소한 것으로 보인다.

5. von Bertalanffy의 성장모델

von Bertalanffy의 성장모델은 초기나 중기에 성장률이 가장 높고 말기에 크게 둔화되어 최대 임계크기에 도달한다는 것으로 많은 생물의 성장은 이 모델에 잘 적용된다(신현출과 신상호, 1999). 횡성호 상·하부에서 채집된 참갈겨니 개체군을 이용하여 성장모델을 유도하기 위해 개체군의 전장별 성장을 가정하여 전장빈도법을 적용시켰다. 그 결과 본 개체군은 4개의 연령등급(age class)으로 구분되었으며 연령등급에 따른 개체군의 성장은 von Bertalanffy의 성장모델을 적용하여 최대성장값(L_{∞})과 Brody's coefficient(k)를 유도하였다.

von Bertalanffy의 성장모델에 의해 산출된 최대성장값은 개체군의 최대 성장 정도를 추정하는 것으로 횡성호 상부 지역의 참갈겨니 개체군 최대성장값은 279.7mm, 하부 지역에서 최대성장값은 303.9mm로 각각 나타나 하부 지역이 상부 지역에 비해 잠재성장능력이 높았다. 또한 순간성장속도를 나타내는 Brody's coefficient는 각각 -0.14, -0.16으로 나타나 두 개체군 간의 큰 차이는 없는 것으로 보였다(Figure 7). 이처럼 횡성호 하부 지역은 개체군의 최대성장값이 높게 나타나 참갈겨니 개체군이 상부 지역보다 양호한 상태를 유지하

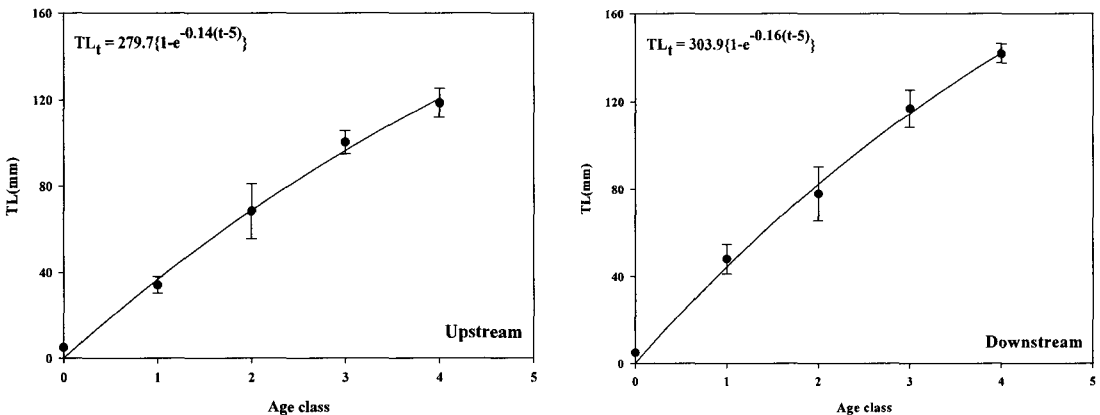


Figure 7. von Bertalanffy's growth model, based on age, class estimated by length frequency method.

고 있는 것으로 판단된다. 이와 같이 횡성호 상부 지역은 섬강 상류역에 위치해 있어 참갈겨니 개체군의 양호한 서식장소로 예상했었으나 횡성호는 소양호(최재석 등, 2003)나 파로호(최재석 등, 2004)에 비해 담수 기간이 짧아 수체와 하상구조 등이 급격히 전환되고 있는 것으로 판단된다. 따라서 호의 수체가 안정화되면 상부 지역의 참갈겨니는 수체 및 하상구조의 변화 등으로 사멸하거나 호의 영향을 받지 않는 곳으로 서식처를 이동할 것으로 판단되나 향후 지속적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

인용문헌

- 官坂英次(1950) 千曲川における 水産資源の 流下について 日本誌. pp. 16.
- 김익수(1997) 한국동식물도감, 제 37권 동물편(담수어류), 교육부, pp. 133-520.
- 김익수, 김환기(1975) 전주천의 수질오염과 어류군집의 변화에 관한 연구. 한국육수학회지 8: 7-14.
- 김익수, 박종영(2002) 한국의 민물고기, 교회사, 서울. 1-465 쪽.
- 서진원(2005) 감천 중·상류역의 어류상과 갈겨니(*Zacco temminckii*)개체군의 생태학적 특성. 한국육수학회지 38(2): 196-206.
- 손영목, 송호복, 변화근, 최재석(1997) 팔당호의 어류군집 동태. 한국어류학회지 9(1): 141-152.
- 송호복, 권오길, 전상호, 김휘중, 조규승(1995) 횡성 섬강 상류의 어류상. 한국육수학회지 28(2): 225-232.
- 신현출, 신상호(1999) 광양만산 바지락(*Ruditapes philippinarum*: Bivalvia)의 개체군 생물학. 한국패류학회지 15(1): 21-30.
- 전상린(1980) 한국산담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 박사학위 논문, 14쪽.
- 최기철(1994) 우리가 정말 알아야 할 우리 민물고기 백 가지. 현암사, 서울, 152-155쪽.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목(2002) 개정 원색한국담수어도감. 향문사, 서울, 17-258쪽.
- 최재석(2004) 강원도 토속어종 부화장 건립 타당성 조사. 강원도 환경해출장소.
- 최재석, 김재구(2004) 홍천강의 어류상 및 어류군집. 한국환경생물학회지 18(3): 446-455.
- 최재석, 이광열, 장영수, 고명훈, 권오길, 김범철(2003) 소양호의 어류군집 동태. 한국어류학회지 15(2): 95-104.
- 최재석, 장영수, 이광열, 김진국, 권오길(2004) 파로호의 어류상 및 어류군집. 한국환경생물학회지 22(1): 111-119.
- 최준길, 최재석, 신현선, 박승철(2005) 횡성호 일대의 어류군집 동태. 한국육수학회지 38(2): 188-195.
- Anderson, R.O. and S.J. Gutreuter(1983) Length weight and associated structural indices. Pages 283-300 in L.A. Johnson editor. Fisheries techniques. American Fisheries Society. Bethesda, Maryland, USA
- 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 Techniques, 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Bertalanffy, L. V.(1938) A quantitative theory of organic growth (Inquiries on growth laws. II). Human Biol. 10: 181-213.
- Busacker, G.P., I.A. Adelman, and E.M. Goolish(1990) Growth. Pages 363-377 in C.B. Schreck and P.B. Moyle. editor Methods for fish biology. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Chambers, J. Cleveland, W. Kleiner, B., and Tukey, P.(1983) Graphical Methods for Data Analysis. Belmont, CA: Wadsworth.
- Cummins, K. W.(1962) An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special emphasis on lotic water. Am. Midl. Nat. 67: 477-504.
- Kim, I. S., M. K. Oh, K. Hosoya(2005) A new species of cyprinid fish, *Zacco koreanus* with redescription of *Z. temminckii*(Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol. 17(1): 1-7.
- Ney, J.J.(1993) Practical use of biological statistics. Pages 137-158 in C.C. Kohler and W.A. Hubert, editor. Inlant fisheries management of North American Fisheries Society, Bethesda, MD. USA
- Schmitt, C.J and G.M. Dethloff(2000) Biomonitoring of environmental status and trends (BEST) program: selected methods for monitoring chemical contaminant and their effects in aquatic ecosystem. U.S. Geological Survey, Biological Resources Division, Information and Technology Report, USGS/BRD/ITR-2000-2005.
- Walford, L. A.(1946) A new graphic method of describing the growth of animals. Biological Bulletin 90: 141-1247.