

강원도 철원군 남대천에 서식하는 참종개의 성장과 번식에 관한 연구

김도홍 · 조해영 · 이호자^{1,*}

경희대학교 자연사박물관, ¹경희대학교 생물학과

Study on the Reproduction and Growth of *Iksookimia koreensis* Kim (Pisces: Cobitidae) in the Namdae Stream, Cheorwon-gun, Gangwon-do, Korea by Dohong Kim, Hae-Young Cho and Ho-Sa Lee^{1,*} (Natural History Museum; ¹Department of Biology, Kyunghee University, Seoul 446-701, Korea)

ABSTRACT A total sample of 215 specimens of the *Iksookimia koreensis* was collected monthly from June 2004 to June 2005 in the Namdae stream, Cheorwon-gun, Gangwon-do, Korea. The age of every individual sample was estimated by the number of annual rings on the scales. A significant decrease of gonadosomatic index was noted between May and June reflecting the reproduction during this period. *I. koreensis* exhibited a strong bias to female (female : male, 1 : 0.56). The maximum age observed was 3 years old for male & female, both. The von Bertalanffy growth curves were expressed as $L_t=126.30[1-\exp\{-0.576(t+0.940)\}]$ for females and $L_t=100.19[1-\exp\{-1.119(t+0.695)\}]$ for males. Growth curve of weight was expressed as $W_t=11.567[1-\exp\{-0.576(t+0.940)\}]^{3.199}$ for females, $W_t=5.514[1-\exp\{-1.119(t+0.695)\}]^{3.199}$ for males. On the other hand, a significant difference in the growth rate between both sexes was found (i.e. females grew faster than males).

Key words : *Iksookimia koreensis*, age, growth, reproduction, gonadosomatic index

서 론

참종개 (*Iksookimia koreensis* [Kim, 1975])는 미꾸리과 (Cobitidae)에 속하는 담수어류로, 임진강, 한강, 금강, 만경강, 동진강과 삼척 오십천, 마음천 등 비교적 넓은 지역에 분포하는 한반도 고유종이다(김과 박, 2002). 참종개는 유속이 느린 하천의 자갈과 모래바닥에서 서식하며, 수서곤충과 조류(algae) 등을 먹이로 한다(Kim, 1975; 김, 1978; 김과 이, 1984).

참종개의 개체군 생태에 관한 연구는 전라북도 완주군 전주천과 부안군 백천에서 수행되었다. 이 연구에 따르면 참종개의 최대체장은 100mm 전후이며, 최대연령은 만 3세까지 관찰되었다. 또한 성장은 주로 3월부터 6월 동안 이루어지는 것으로 밝혀졌으며, 어린개체는 주로 조류를 먹고, 성장함에 따라 동물성 먹이를 섭취하는 양이 증가한다. 최

대 산란 시기는 5월말부터 6월까지이고, 암컷의 경우 산란은 만 2년생 이상부터 가능하다(김, 1978; 김과 이, 1984).

참종개의 성비(sex ratio)에 대한 김(1978)의 연구에서 평균 1:1.34로 암컷의 개체수가 수컷의 개체수보다 많은 경향을 보였다. 이에 김과 이(1984)는 개체군이 성장함에 따라 수컷이 암컷으로 성전환(sex reversal)할 가능성이 있다고 추정하였다. 그러나 한국산 미꾸리과의 6속 17종의 생식소를 조직학적으로 연구한 결과, 참종개는 성전환을 하지 않는 것으로 밝혀졌다. 참종개 개체 중 드물게 발견되는 자웅동체는 일시적으로 생기는 비기능적인 자웅동체성(non-functional hermaphroditism)으로 보고되었다(Park, 1995).

이와 같이 참종개에 대한 연구는 생식소의 조직학적 연구, 서식처 및 번식생태에 대하여 일부가 수행되었다. 그러나 비교적 넓은 지리적 분포(Kim, 1975)를 보이는 것에 비하여 극히 일부지역에 서식하는 개체군에 대한 연구만 이루어졌기 때문에, 다른 지역에 서식하는 개체군의 성장과 번식생태에 관하여 조사할 필요가 있다. 따라서 본 연구는

*교신저자: 이호자 Tel: 82-2-961-0249, Fax: 82-2-961-9321, E-mail: leehosa@khu.ac.kr

강원도 철원군 남대천에 서식하는 개체군의 성장과 번식을 정량적으로 조사함으로써 철원지역의 참종개에 대한 생물학적 기초 자료를 얻고자 한다.

재료 및 방법

1. 표본의 채집

본 연구는 2004년 6월부터 2005년 6월까지 임진강 수계인 강원도 철원군의 남대천에서 수행하였다(Fig. 1). 본 조사지역의 하상구조는 돌(50~300 mm)이 대부분이고, 경사가 완만하다. 강폭이 넓고 유속이 빠른 곳은 300 mm 이상의 큰 돌이 대부분을 차지하고 있으며, 상대적으로 강폭이 좁고 유속이 느린 곳은 자갈(6~50 mm)과 모래(6 mm 미만)가 쌓여 있고 습지식물(갈대 등)로 둘러싸여 있다.

매월 1회 반두(망목 5×5 mm)를 이용하여 참종개를 채집하였다. 채집된 표본은 10% formalin 용액에 고정하였다. 채집은 10시~14시까지 실시하였고, 당일 채집 종료 후 수온을 측정(thermometer: HI 98150)하였다.

2. 생식도 속도지수(Gonadosomatic index)

생식도 속도지수는 생식소의 발달 지표로 이용되는 식으로(Encina and Granado-Lorencio, 1997) 그 월별 변화를 통하여 어류의 산란 시기를 알 수 있다(김과 장, 1994).

참종개의 생식도 속도지수를 구하기 위해 성별을 구분하였다. 참종개 성별은 가슴지느러미 기부에 나타나는 2차 성징인 골질반의 유무와 가슴지느러미의 형태로 구분하였다. 수컷은 가슴지느러미의 가장자리 끝부분이 길고 뾰족하며 그 기부에 가는 골질반이 있고, 암컷은 가슴지느러미의 가장자리가 비교적 둥글고 골질반이 없는 것이 특징이다(Kim, 1975). 그러나 2차 성징이 나타나지 않은 만 0세의 개체는 성별구분을 하지 않았다.

표본의 성별을 구분한 후 월별로 체장(length)과 습중량(wet weight)을 측정하였다. 체장은 측정판을 이용하여 1 mm 단위까지 측정하였고, 습중량은 전자저울(HS 210A)을 이용하여 0.01 g 단위까지 측정하였다.

해부를 통해 생식소(gonad)를 추출하였고, 생식소와 생식소를 제거한 나머지 부분(somatic)을 따로 열풍건조기(VS-1202D3N Vision)에 넣어 40°C에서 48시간 건조시켰다. 건조된 생식소와 개체는 전자저울(Mettler AE200)을 이용하여 0.001 g 단위까지 무게를 측정하였다(백과 허, 2004). 생식도 속도지수를 구하기 위해 사용된 식은 (1)과 같다

$$GSI = (GDW / BDW) \times 10^2 \quad (1)$$

여기서, GDW는 생식소 건조무게(g)이고 BDW는 건조

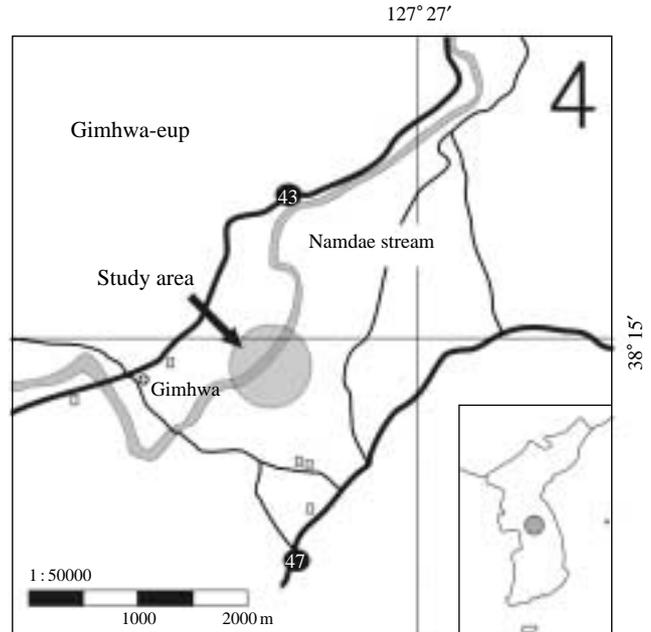


Fig. 1. Map of the study area for the *Iksookimia koreensis* in the Namdae stream.

체중(g)이다.

3. 성장도와 연령측정

참종개의 연령은 비늘의 윤문(annual ring)을 이용하여 측정하였다(Soriguer *et al.*, 2000). 표본으로 사용된 비늘은 등지느러미와 측선 사이에서 개체 당 5개 이상씩 추출하였다(백 등, 2002). 미꾸리과의 비늘은 퇴화되어, 작고 피부 조직 속에 매몰되어 있는 특징이 있다(Son, 1986). 참종개 비늘 역시 미꾸리과의 비늘 특징이 나타나기 때문에 해부현미경(SZ-40ST Olympus)으로 관찰하여 비늘을 추출하였다.

추출된 비늘은 alizarin red S (Junsei Chemical)로 10분간 염색한 후 광학현미경(BX-41 TF Olympus)으로 윤문을 판독하였다(최, 2003). 참종개의 산란기는 5월부터 6월까지이고(김, 1978; 김과 이, 1984), 윤문은 수온이 하강하는 시기부터 겨울 동안 형성되므로(백 등, 2002), 첫 번째 윤문이 형성되었을 때를 0세, 두 번째는 1세, 세 번째는 2세, 네 번째는 3세에 형성된 것으로 보았다(Fig. 2).

이렇게 측정된 각 연령별로 평균체장을 구하였다. 시간 t+1일 때, 대응하는 시간 t의 체장을 Walford plot을 이용하여 이론적인 최대성장치를 추정하고, von Bertalanffy의 성장식을 계산하였다(Jacques, 1987; 백 등, 2002). von Bertalanffy 성장식은 (2)와 같다.

$$L_t = L_{\infty} [1 - \exp\{-k(t - t_0)\}] \quad (2)$$

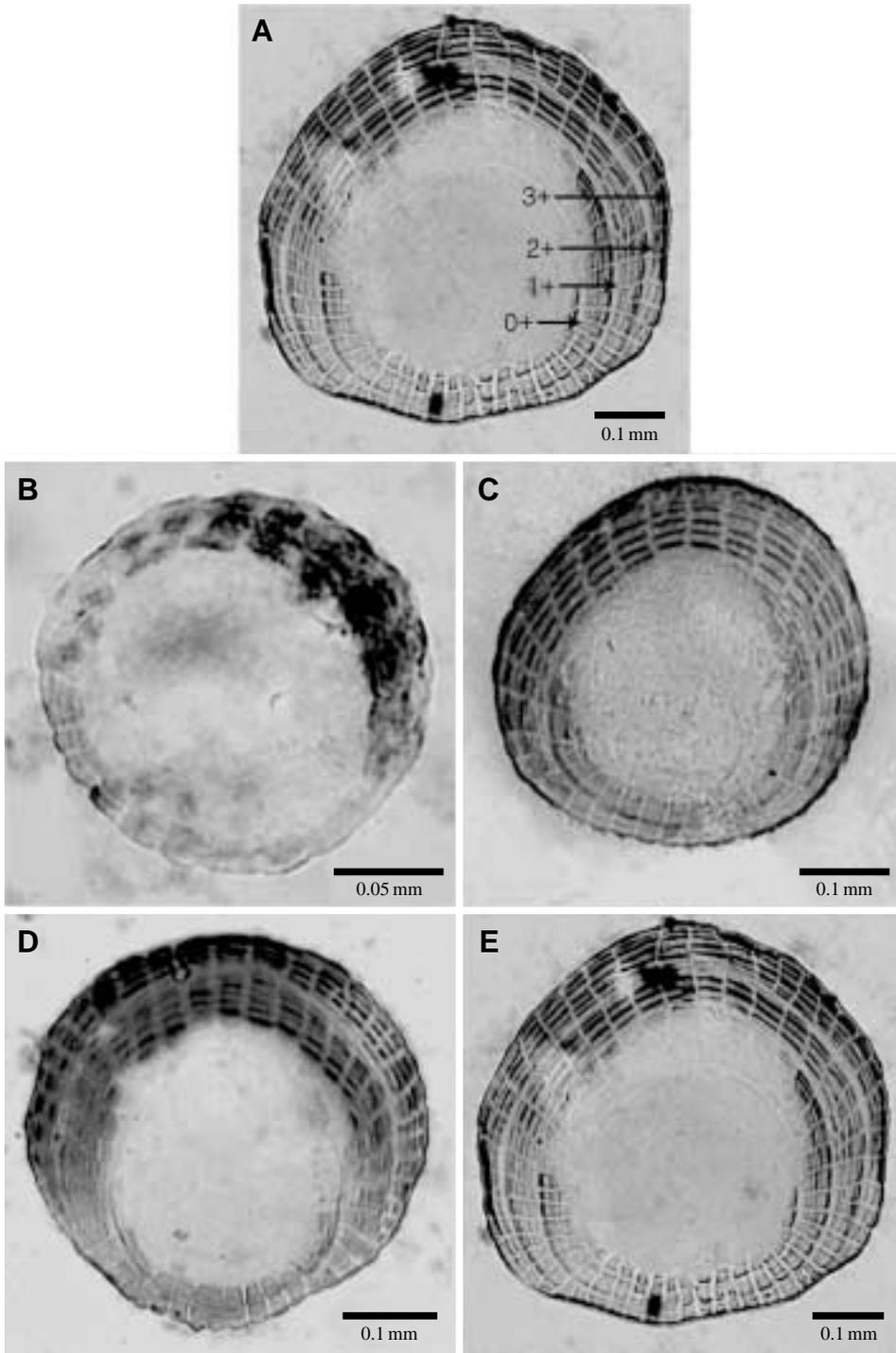


Fig. 2. Subdorsal scales of *Iksookimia koreensis*. A. Annual ring marks on scale, B. Scale of 0+-year-old, C. Scale of 1+-year-old, D. Scale of 2+-year-old, E. Scale of 3+-year-old.

여기서, L_t 는 t 세의 전장, L_∞ 는 이론적 최대전장, k 는 성장계수, t_0 는 전장이 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

또한 전장과 체중간의 관계식은 $W=aL^b$ 의 상대성장식으로 나타내었으며, 전장과 체중간의 관계식으로부터 계산된 연령 t 일 때의 체중의 성장식은 다음의 식(3)과 같다.

$$W_t = W_\infty [1 - \exp\{-K(t - t_0)\}]^b \quad (3)$$

여기서, W_t 는 t 세의 전장, W_∞ 는 이론적 최대전장, k 는 성장계수, t_0 는 전장이 0일 때의 이론적 연령을 나타낸다.

4. 통계 처리

참중개의 성비를 검증하기 위해서 χ^2 -test를 하였다. 정소와 난소의 GSI 월별 차이를 검증하기 위하여 F -test로 분산

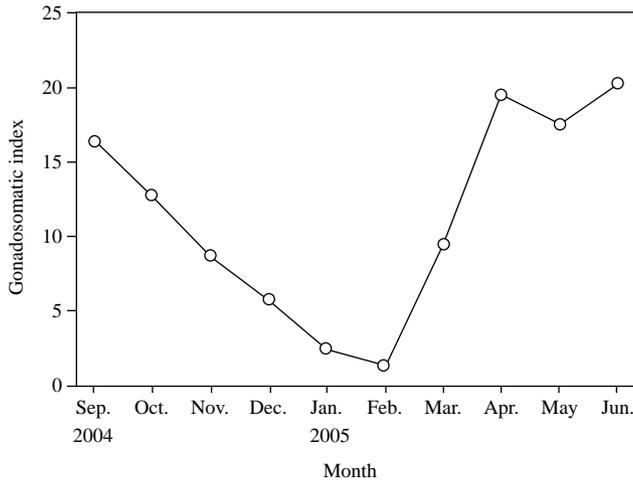


Fig. 3. Monthly changes of the water temperature in the Namdae stream from September 2004 to September 2005.

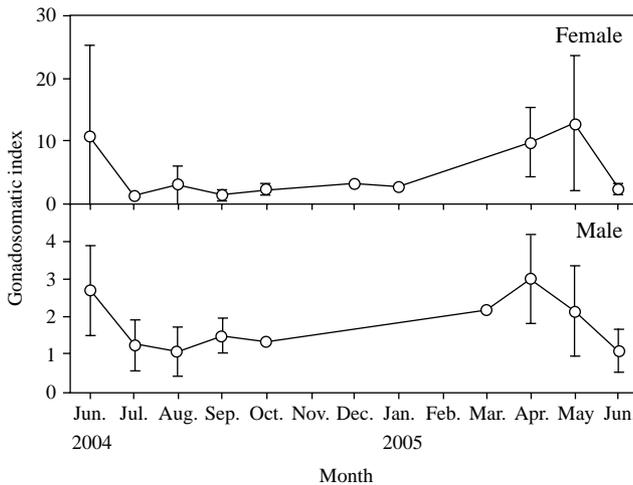


Fig. 4. Monthly change in gonadosomatic index of *Iksookimia korensis* in the Namdae stream from June 2004 to June 2005. Vertical bars denote then mean \pm standard deviation.

값을 비교한 후 분산값이 서로 다르면 Mann-Whitney U test로 비교하였고, 분산값이 같을 경우 t-test로 비교 검증하였다. 체장-체중 관계식과 von Bertalanffy 성장식의 암수 차이는 체중값, 체장값, 연령을 로그로 치환한 후 공분산분석으로 검증하였다.

결 과

1. 서식지 수온

강원도 철원군 남대천의 매월 수온변화를 조사하였다

Table 1. Full interaction of ANCOVA for the length (mm) vs. weight (g) with covariate sex (sex is fixed and length is variable). All data were transformed by logarithm

Source of variation	df	MS	F
Sex	1	0.675	1.66 ns
Sex \times Weight	1	0.808	1.99 ns
Residual	115	0.407	

ns denote not significant, $p > 0.05$.

(Fig. 3). 2월이 1.2°C로 일년 중 수온이 가장 낮았으며, 3, 4월에 급격히 상승하여 4월 수온이 19.2°C에 이르고, 6월이 20.2°C로 최고 수온을 보여주었다.

2. 참종개의 번식

참종개의 성비는 1 : 0.56 (female : male, n=119)으로 암컷의 개체수가 수컷의 개체수보다 많은 것으로 나타났다($\chi^2 = 9.151, p > 0.01$).

참종개의 최대 산란 시기를 추정하기 위해 생식도 속도 지수의 연중변화를 조사하였다(Fig. 4). 암컷의 생식도 속도 지수는 2004년 6월에 높은 값을 보이다가 7월에 급격히 감소하였고 다음해 1월까지 낮은 값을 유지하였다. 이후 4월부터 급격히 상승하여 5월에 1년 중 가장 성숙된 양상을 보였으며, 6월이 되면 다시 급격히 감소하였다(Mann-Whitney U test, $p < 0.05$). 수컷의 경우 2004년 6월의 높은 값에서 7월에 급격히 감소하여 (t test, $p < 0.05$), 8월에 1.07%로 가장 낮은 값을 나타냈다. 2005년 4월에 최대값을 나타내고, 5월과 6월에 걸쳐 낮아졌다(t -test, $p < 0.001$). 따라서 암컷과 수컷 모두 성숙기는 3~5월이며 산란 시기는 5~7월 사이임을 알 수 있었다. 산란에 참여하는 연령을 파악하기 위하여, 5월과 6월 사이에 1년생 암컷 참종개의 생식도 속도지수를 비교하였을 때 8.6에서 4.7로 떨어져 차이를 보였다(t -test, $p < 0.01$).

3. 연령의 조성과 성장식

참종개의 성장도와 연령을 보면 1년생(30~70 mm)은 암수가 구별되지 않았지만 만 1년생이 되면 수컷 가슴지느러미에 골질판이 형성되면서 암수가 구별되었다. 전체 215 개체(수컷: 43, 암컷: 76, 치어: 96)를 채집하여 연령분포를 조사한 결과 암수 모두 최대 연령은 3세로 나타났다. 체장-체중 관계식의 암수 간 차이를 공분산분석으로 검증한 결과 차이가 없는 것으로 나타나(Table 1), 1년생 치어, 암컷과 수컷을 포함하는 전체 개체의 체장-체중 관계식(4)을 구하였다(Fig. 5).

$$W = 2.192 \times 10^{-6} L^{3.199} \quad (r^2 = 0.99, n = 215) \quad (4)$$

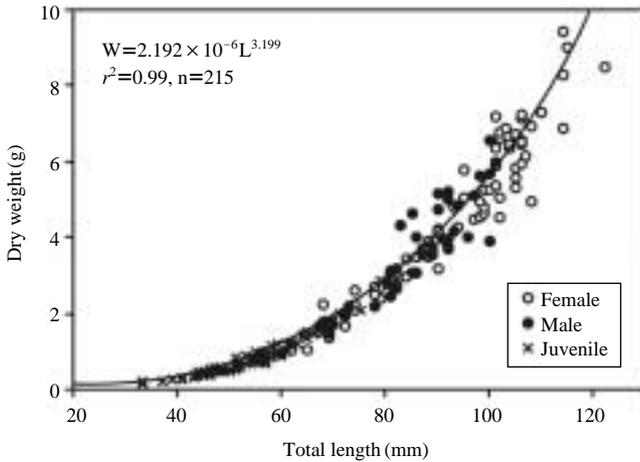


Fig. 5. Relationship between total length and body weight of *Iksookimia koreensis* in the Namdae stream from June 2004 to June 2005.

Table 2. Full interaction of ANCOVA for the age (year) vs. length (mm) with covariate sex (sex is fixed and age is variable). Data of age were transformed by $\ln(X+1)$

Source of variation	df	MS	F
Sex	1	0.11	7.67*
Sex × Age	1	0.21	14.62**
Residual	115	0.01	

* denotes significance $p < 0.01$; ** denotes significance $p < 0.001$

전체 채집된 개체 중 가장 큰 개체는 수컷이 101 mm (6.72 g), 암컷은 122 mm (8.53 g)이다. 성장에 있어서의 암수간의 차이를 공분산분석으로 검정한 결과, 위치차의 검정에서는 차이 ($p < 0.01$)가 있었고 기울기차의 검정에서도 유의한 차 ($p < 0.001$)가 있는 것으로 나타났다(Table 2). 1년생에서는 암수에서 크기의 차이가 없었으나 (t -test, $p > 0.05$), 2년생과 3년생의 경우 암컷이 수컷보다 더 큰 것으로 나타났다. 따라서 1년생까지는 암컷과 수컷의 성장이 동일하다는 가정 하에 성장식을 구할 때 당년생 치어를 포함하여 계산하였다. 또한 2년생부터는 암수에서 성장의 차이가 있으므로 각각 분리하여 성장식을 (5), (6)과 같이 구하였고(Fig. 6), 자원관리에 관한 연구를 위하여 암수를 모두 포함한 성장식(7)도 구하였다.

$$\text{Female: } L_t = 126.30[1 - \exp\{-0.576(t+0.940)\}]$$

$$W_t = 11.567[1 - \exp\{-0.576(t+0.940)\}]^{3.199} \quad (5)$$

$$\text{Male: } L_t = 100.19[1 - \exp\{-1.119(t+0.695)\}]$$

$$W_t = 5.514[1 - \exp\{-1.119(t+0.695)\}]^{3.199} \quad (6)$$

$$\text{Combined: } L_t = 108.25[1 - \exp\{-0.784(t+0.851)\}]$$

$$W_t = 7.062[1 - \exp\{-0.784(t+0.851)\}]^{3.199} \quad (7)$$

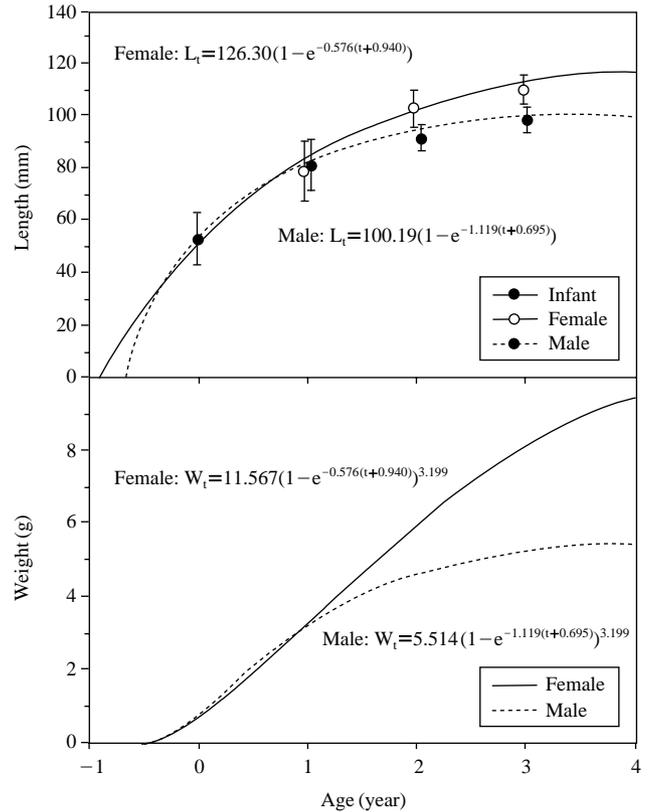


Fig. 6. Theoretical von Bertalanffy length growth curve and weight growth curve between female and male of *Iksookimia koreensis* in the Namdae stream from June 2004 to June 2005. Vertical bars denote then mean \pm standard deviation.

고찰

1. 서식지 환경

참중개는 하천의 중상류지역에 분포하며 자갈과 모래가 쌓여 있고 갈대로 우거진 곳에서 집단으로 서식하고 있었다. 참중개의 성체는 수심 1 m 내외인 곳에서 주로 출현하였으며, 체장 40 mm 이하인 어린 개체들은 유속이 느리며 수심 0.5 m 내외인 곳에서 주로 출현하였다. 이는 다른 대부분의 어류와 마찬가지로 참중개도 유속이 느리고 수심이 얕은 곳에서 산란을 하기 때문인 것으로 사료된다(Chung, 1989).

조사기간 동안 남대천의 월별 수온변화는 최저 1.2°C (2005년 2월)에서, 최고 20.2°C (2005년 6월)로 연평균 12.0°C였다. 이는 최저 9.8°C (1977년 1월), 최고 27°C (1976년 8월)로 나타난 전주천과 최저 0°C (1982년 12월), 최고 26°C (1983년 7월)로 나타난 백천의 수온보다 상대적으로 낮았다.

2. 참중개의 번식생태

참중개의 성비는 1:0.56으로 암컷의 개체수가 수컷의 개

체수보다 많은데, 이는 전주천 참종개의 성비 1:0.74 (김, 1978), 왕종개 (*Iksookimia longicorpa*) 1:0.65 (김과 고, 2005), 남방종개 (*Iksookimia hugowolfeldi*) 1:0.60 (최, 2003), 점줄종개 (*Cobitis lutheri*) 1:0.65 (김과 정, 1988)와 같은 경향을 보였으나, 백천 참종개의 성비는 1:1.01 (김과 이, 1984)로 보고되어 차이를 보였다. 일반적으로 척추동물은 양성생식을 하면서 성비가 암수에 있어서 비슷하게 나타나고 있으나 (Tienhoven, 1983), 일부 분류군에서는 단성생식 (unisexual)이 보고되었고 (Dawley and Bogart, 1989), 일부는 성전환의 경우도 보고된 바 있다 (Park, 1995). 이에 대체적으로 성비차이를 보이는 미꾸리과 어류의 생식소를 조직학적으로 분석한 결과 참종개는 성전환을 하지 않는 것으로 밝혀졌다. 참종개 개체 중 드물게 발견되는 자웅동체는 일시적으로 생기는 비기능적인 자웅동체성 (non-functional hermaphroditism)으로 보고되었다 (Park, 1995). 때문에 성전환을 하지 않는 참종개의 경우 암컷과 수컷에 있어서 성비의 차이가 많은 이유를 밝히기 위해서는 참종개의 계절적 이동, 사망률 등 생태학적 연구가 필요하다.

경골어류에 있어서 생식소 활성화는 내적 요인과 더불어 온도, 빛 등의 외부 환경요인이 깊히 관련되어 있는 것으로 알려져 있다 (이 등, 1984). 특히 산란 시기의 결정은 수온과 광주기 (photoperiod)의 영향을 받는다고 알려져 있으며 (하, 2001), 산란 시기에 따라 춘하 산란형과 추동 산란형으로 구분된다 (Shimzu and Hanyu, 1982; Kaneko *et al.*, 1986). 춘하 산란형의 산란기는 수온 상승에 의해 유도 (Shimzu and Hanyu, 1982; Kaneko *et al.*, 1986)되고, 추동 산란형은 광주기의 단일화에 의해 생식소 성숙과 산란이 촉진된다고 알려져 있다 (Shimizu *et al.*, 1987). 이에 생식소 속도지수 결과 가장 높은 지수를 나타내다가 급격히 떨어지는 때를 최대 산란 시기로 추정하면, 참종개의 최대 산란 시기는 5월~7월이며, 이 때의 수온은 17.5°C, 20.2°C로 가장 높은 온도를 보였다. 이는 전주천의 참종개 산란 시기가 5월~6월 (20°C~26°C), 백천이 5월 (20°C)인 것과 같은 경향을 보인다. 따라서 참종개는 춘하 산란형에 속하며, 산란 시기는 수온상승에 의해 유도되는 것으로 추정된다.

김 (1978), 김과 이 (1984)의 연구 결과 참종개 암컷의 경우 2년생 이상에서만 산란이 가능하다고 보고하였다. 그러나 본 연구 조사 결과, 1년생 암컷의 생식소 속도지수가 5월과 6월 사이에 급격히 떨어진 것으로 나타나, 일부 1년생 개체도 산란에 참여한 것으로 추정된다.

3. 참종개의 성장

참종개의 체장-체중 관계식과 그래프를 통해 암컷과 수컷 모두 체장이 커질수록 체중은 급격히 늘어나는 것을 볼 수 있으며, 암수의 체장-체중 성장 비율이 같다. 암수의 최

대연령은 모두 3세이며, 암컷의 이론적인 최대체장은 126.3 mm, 수컷은 100.2 mm로 나타났다.

본 연구의 성장식으로부터 구한 이론적인 암컷의 연령별 체장은 0년생 (51 mm), 1년생 (85 mm), 2년생 (103 mm), 3년생 (113 mm), 수컷은 0년생 (54 mm), 1년생 (85 mm), 2년생 (95 mm), 3년생 (99 mm)으로 나타났다. 따라서 암컷이 수컷보다 성장률이 높으며, 연령이 높아질수록 체장의 차이는 크게 나타난다. 각 연령별 체장의 경우 전주천 참종개는 9월의 체장조성을 기준으로 하여 0년생 (20~40 mm), 1년생 (40~60 mm), 2년생 (60~85 mm), 3년생 (85 mm<)으로 나타나며 (Kim, 1978), 백천의 참종개는 5월을 기준으로 체장조성을 볼 때 0년생 (10~30 mm), 1년생 (30~45 mm), 2년생 (45~60 mm), 3년생 (60 mm<)으로 추정하였다 (김과 이, 1984). 이처럼 강원도 철원군 남대천 참종개의 연령에 따른 체장이 다른 곳에 비교하여 크게 나타났다.

강원도 철원군 남대천에 서식하는 참종개는 수심이 얇고 자갈과 모래가 섞인 곳에서 1년에 한 번 산란을 하며, 최대 산란 시기는 5월부터 7월까지이다. 따라서 수온 상승에 의해 산란기가 유도되는 춘하 산란형에 속한다. 암수 모두 산란 후 7, 8월에 수심이 더 깊은 곳으로 이동하는 것으로 추정된다. 수심이 얇은 곳에서 부화된 치어는 초기 성장이 빨라 1세가 되면 암수의 성별이 구분되고, 80.4 mm, 2.9 g이 되며, 그 후 성장이 점차 둔화된다. 성비는 1:0.56으로 암컷의 개체수가 수컷의 개체수보다 더 많았고, 비늘의 윤문을 판독하여 연령을 측정한 결과 암수 모두 최대 연령은 3세로 나타났다. von Bertalanffy 성장식을 조사한 결과 암컷이 수컷보다 성장률이 높으며, 연령이 높아질수록 체장과 체중의 차이는 크게 나타난다.

요 약

강원도 철원군 남대천에 서식하는 참종개를 2004년 6월부터 2005년 6월까지 매월 1회 채집을 하여 번식과 성장에 관하여 조사하였다.

참종개는 1년에 한 번 산란을 하며, 최대 산란 시기는 5월부터 6월까지이다. 성비는 1:0.56으로 암컷의 개체수가 수컷의 개체수보다 더 많으며, 암수 모두 최대 연령은 3세이며, 체장, 체중 모두 암컷이 수컷보다 빠르게 성장한다.

Von Bertalanffy 성장식은 암컷 $L_t=126.30[1-\exp\{-0.576(t+0.940)\}]$, 수컷은 $L_t=100.19[1-\exp\{-1.119(t+0.695)\}]$ 으로 나타났다. 체장-체중의 관계식은 $W=2.192 \times 10^{-6}L^{3.199}$ 으로 암수가 동일하게 나타났다. 연령에 따른 체중의 성장식은 암컷 $W_t=11.567[1-\exp\{-0.576(t+0.940)\}]^{3.199}$ 수컷은 $W_t=5.514[1-\exp\{-1.119(t+0.695)\}]^{3.199}$ 으로 나타났다.

사 사

본 논문은 경희대학교 개교 55주년 기념 학술진흥특별연구지원비에 의하여 수행하였습니다.

인 용 문 헌

김수암 · 장창익. 1994. 어류생태학(산란 및 초기 생활사를 중심으로). 서울프레스, 서울, 237pp.

김익수. 1978. 전주천 참중개 *Cobitis koreensis*의 생태. 한국생태학회지, 2: 9-14.

김익수 · 고명훈. 2005. 섬진강에 서식하는 왕중개 *Iksookimia longicorpa* (Cobitidae)의 생태. 한국어류학회지, 17: 112-122.

김익수 · 박종영. 2002. 한국의 민물고기. 교학사, 서울, 465pp.

김익수 · 이완욱. 1984. 백천에 서식하는 참중개 *Cobitis koreensis* Kim 개체군의 형태와 생태. 한국생태학회지, 7: 10-20.

김익수 · 정만택. 1988. 한국산 점줄중개 *Cobitis taenis lutheri*의 계절적 반문섭이. 한국생태학회지, 11: 77-82.

민미숙. 1983. 버들치속(*Moroco*) 2종의 종문체에 관하여. 전국대학생학술연구발표논문집, 8: 118-132.

백근욱 · 허성희. 2004. 남해 참서대 (*Cynoglossus joyneri*)의 연령과 성장. 한국수산학회지, 37: 307-311.

백현민 · 송호복 · 권오길. 2002. 홍천강 상류에 서식하는 묵납자루, *Acheilognathus signifer*의 연령과 성장. 한국어류학회지, 14: 254-261.

이택열 · 우생공 · 고천칭. 1984. 그물코취치, *Rudarius ercodes*의 생식활동에 미치는 광주기 및 온도의 영향. 한국수산학회지, 17: 523-528.

최은경. 2003. 남방중개 *Iksookimia hugowolfeldi* (Pisces, Cobitidae)의 생물학적 연구. 전북대학교 교육대학원 석사학위논문, 42pp.

하성찬. 2001. 한국산 꺾지(*Coreoperca herzi*)의 치어생산 및 성장에 관한 연구. 영남대학교 대학원 석사학위논문, 52pp.

Chung, S.G. 1989. Species composition and seasonal changes of fish communities in the Nakdong River estuary. National

Fisheries University of Pusan Thesis master, 75pp.

Dawley, R.M. 1989. An introduction to unisexual vertebrates. In: Dawley, R.M. and J.P. Bogart (ed.), Evolution and ecology of unisexual vertebrates. New York State Museum, USA, pp. 1-18.

Encina, L. and C. Granado-Lorencio. 1997. Seasonal changes in condition, nutrition, gonad maturation and energy content in barbel, *Barbus sclateri*, inhabiting a fluctuating river. Environmental Biology of Fishes, 50: 75-84.

Jacques, M. 1987. Mathematical and biological expression of growth in fishes: Recent trends and further developments. In: Summerfelt, R.C. and G.E. Hall, The age and Growth of Fish. The Iowa State University Press, USA, pp. 81-113.

Kaneko, T., K. Aida and I. Hanyu. 1986. Changes in ovarian activity and fine structure of pituitary gonadotropin during spawning cycle of thachichibugoby, *Tridentiger obscurus*. Nippon suisan Gakkaishi, 52: 1923-1928.

Kim, I.S. 1975. A new species of Cobitid fish from Korea. Korean Journal of Limnology, 8: 51-57.

Park, J.Y. 1995. A morphological study on the gonad of the species in the Family Cobitidae (Pisces: Cypriniformes) from Korea. Chonbuk National University Thesis doctoral, 134 pp.

Shimizu, A. and I. Hanyu. 1982. Environmental regulation of annual reproductive cycle in a spring-spawning bitterling *Acheilognathus tabira*. Nippon Suisan Gakkaishi, 48: 1563-1568.

Shimizu, A., K. Aida and I. Hanyu. 1987. Annual reproductive cycle in an autumn-spawning bitterling *Acheilognathus rhombea*. Nippon Suisan Gakkaishi, 53: 529-536.

Son, J.C. 1986. A study on the scales of Korean Cobitid fishes. Chungbuk National University Thesis master, 19pp.

Soriguer, M.C., C. Vallespin, C. Gomez-Cama and J.A. Hernando. 2000. Age, diet, growth and reproduction of a population of *Cobitis paludica* (de Buen, 1930) in the Palancar Stream (southwest of Europe, Spain) (Pisces: Cobitidae). Hydrobiologia, 436: 51-58.

Tienhoven, A.V. 1983. Reproductive physiology of vertebrates. Cornell University Press, 491pp.