

돌상어 *Gobiobotia brevibarba* (Cyprinidae)의 산란 생태

최 재 석 · 변 화 근 · 권 오 길

강원대학교 자연과학대학 생물학과

Reproductive Ecology of *Gobiobotia brevibarba* (Cyprinidae)

Jae-Suk Choi, Hwa-Kun Byeon and Oh-Kil Kwon

Department of Biology, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

The reproductive ecology of *Gobiobotia brevibarba* was investigated at Hongchen River of Bangokri, Seomyon, Hongcheongun, Kangwondo, from March 1999 to February 2000. The favorite habitat was a stretch of river with fast flow and a stream bed mostly covered with cobbles and pebbles. The spawning ground was a riffle area 20~50 cm deep, with a current velocity of 0.6~1.3 m/sec, and a bottom consisting of cobble and boulder. The sex ratio of female to male was 1 : 0.86. Peak spawning season was May when water temperatures rose to 18~20°C. Male and females became sexually mature when they attained more than 40 mm and 50 mm in body length, respectively. The average number of eggs in the ovary was $2,040 \pm 400.57$ and the egg diameter was 1.98 ± 0.06 mm. The matured eggs were demersal, spherical, and dimmed light yellow in color.

Key words : *Gobiobotia brevibarba*, Hongcheon River, reproductive ecology

서 론

돌상어 (*Gobiobotia brevibarba*)는 잉어목 (Cypriniformes) 잉어과 (Cyprinidae) 모래무지아과 (Gobioninae) 꾸구리 (*Gobiobotia*)속에 속한다. *Gobiobotia*속 어류는 동아시아의 중국대륙, 대만, 하이난에 분포하며 (Winfield and Nelson, 1991), 중국대륙에는 2아속 11종 (He and Chen, 1998), 대만에는 2종 (Shen, 1993; He and Chen, 1998), 러시아에 1종 (Teshetnikov *et al.*, 1997) 그리고 국내에 3종 등 모두 15종이 알려져 있다 (Eschmeyer, 1999). 우리나라에는 *Gobiobotia macrocephala*, *G. brevibarba*, *G. naktongensis*가 있으며 모두 한국고유종이다 (최 등, 1990; 김과 강, 1993; 김, 1977). 이들의 분포지를 보면 *G. brevibarba*와 *G. macrocephala*는 임진강, 금강과 한강에서 그리고 *G. naktongensis*는 낙동강, 금강, 임

진강에 분포하며 일반적으로 *Gobiobotia*속 어류의 서식지는 하상구조가 자갈과 돌, 모래로 구성되어 있고 유속이 빠른 상류 여울지역에 서식하는 것으로 알려져 있다 (Mori, 1935; Uchida, 1939; Mori, 1952; 최와 백, 1972; 정, 1977; 전, 1980; 전과 손, 1983; 최 등, 1989, 1990; 심, 1994; 김, 1997).

본 종은 1935년 Mori (1935)가 강원도 회양의 북한강 상류에서 채집한 표본을 일본 동물학잡지에 발표하였고 Uchida (1939)는 형태 및 생태에 관하여 보고하면서 중국 만주 등지에 서식하는 *Gobiobotia pappenheimi* Kreyenberg와 가장 가깝다고 하였지만 Banarescu and Nalbant (1973), Banarescu (1992)는 *Gobiobotia*속의 다른 종과는 구별되는 별종으로 기록하였다. 이 후 초기 발생에 관한 연구 (심, 1994) 그리고 Ueno and Ojima (1984)에 의한 핵형분석에 관한 연구외에는 어류상 조사를 위해 서식지를 확인하는 정도에 그치고 있는 실정

이므로 본 종에 대한 개체군의 특징 및 동태 등에 대한 생태전반에 대한 연구가 거의 없는 실정이다.

특히 본 종은 댐의 건설, 골재채취, 유로변경, 수질오염 등으로 인한 환경변화에 민감한 종들 중 한 종으로 생태학적 특성을 밝히는 것은 그 의미가 매우 크다고 본다. 따라서 본 연구에서는 *G. brevivarva*의 서식 및 산란지환경, 성비, 생식소 성숙, 산란시기 등을 밝혀 본 종의 보존과 자원 증식에 대한 기초자료를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

본 연구는 *G. brevivarva*의 서식밀도가 비교적 높은 홍천강의 중류인 강원도 홍천군 서면 반곡리 반곡교에서 1999년 3월부터 2000년 2월까지 매월 실시하였다 (Fig. 1).

서식지 및 산란처의 수환경은 수온, 기온, pH, 전기전도도, 유속, 유폭, 수심, 하상구조 등을 조사하였다. 수온과 기온은 현장에서 봉상 알콜온도계 (50°C), 수소이온농도 (pH)는 DP-135, 전기전도도 (conductivity)는 KENT-EII 5009, 용존산소 (DO)는 YSI-51A를 사용하여 각각 측정하였다. 유속은 먹물과 줄자, 유폭과 수심은 줄자 그리고 하상구조는 50×50 cm 방형구를 사용하여 무작위적으로 10개의 지소를 선정·측정하였으며 Cummins (1962) 방법에 따라 돌의 크기를 분류하였다. 또한 산란지의 하상구조는 직접 물속에 잠수하여 난의 위치를 확인, 50×50 cm 방형구를 이용 5개의 지소에서 측정하였다.

표본은 족대 (3×3 mm)와 투망 (5×5 mm)을 사용하여 채집한 후 10% 포르말린에 고정하여 실험실로 운반·분석하였다. 전장과 체장은 1/20 mm vernier calipers를

사용하여 측정하였고, 암·수 구별은 복부를 절개 후 생식소로 확인하였으며, 체중과 생식소의 무게는 0.01 g까지 측정하여 생식소 성숙도 (gonadosomatic index (GSI) : gonad weight/body weight × 100)를 나타내었다. 포란수는 생식소 성숙도가 15% 이상이 되는 10개체의 표본을 대상으로 육안으로 포란수를 계수하고 난의 직경을 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 서식지 환경

조사지점은 홍천강의 중류수역으로 유폭은 약 8~30 m, 수심은 약 20~80 cm 정도였다. *G. brevivarva*는 유속이 매우 빠른 지역에 주로 서식하므로 여울역을 중심으로 서식지 환경을 조사하였다. 하상은 하천바닥에서부터 gravel, pebble, cobble, boulder가 층을 이루고 쌓여 있으며 유속은 0.50~1.50 m/sec로 매우 빨랐다 (Table 1). 한편 본 종은 pebble, cobble, boulder층에 숨거나 빠르게 이동하였으며, 물의 흐름의 반대편인 돌의 뒷쪽에 위치하면서 먹이를 섭식하는 것을 볼 수 있었다. 또한 개체가 클수록 급류이고 깊은 곳에서 주로 채집되었다. 수

Table 1. Physical characters at habitat of *Gobiobotia brevivarva* at the Hongcheon River (Bangokri)

River width (m)	8~30
Water depth (cm)	20~80
Water current (m/sec)	0.50~1.50
Status of river bed (*B:C:P:G:S)	B:C:P:G=2:4:3:1

* B : Boulder (>256 mm), C : Cobble (64~256 mm),
P : Pebble (16~64 mm), G : Gravel (2~16 mm),
S : Sand (0.1~2 mm) (Modified by Cummins, 1962)

Table 2. Monthly changes of chemical characters at the Hongcheon River from Mar. 1999 to Feb. 2000

	pH	DO (mg/l)	Conductivity (μs/cm)
Mar.	8.50	11.20	170.00
Apr.	8.20	10.20	110.00
May	8.20	8.70	92.00
Jun.	8.10	8.90	86.00
Jul.	7.90	8.70	65.00
Aug.	8.10	8.50	94.00
Sep.	8.20	9.10	82.00
Oct.	8.20	10.60	150.00
Nov.	7.70	10.80	145.00
Dec.	7.90	10.90	161.00
Jan.	8.00	12.80	210.00
Feb.	8.20	11.40	186.00

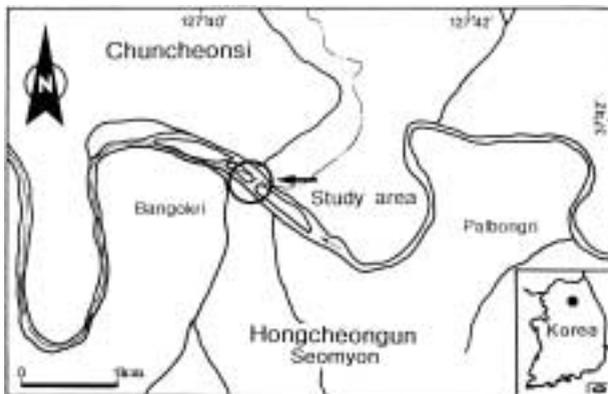


Fig. 1. Map showing the study area in the Hongcheon River (Han River System). Station : Bangokri, Seomyon, Hongcheongun, Kangwondo

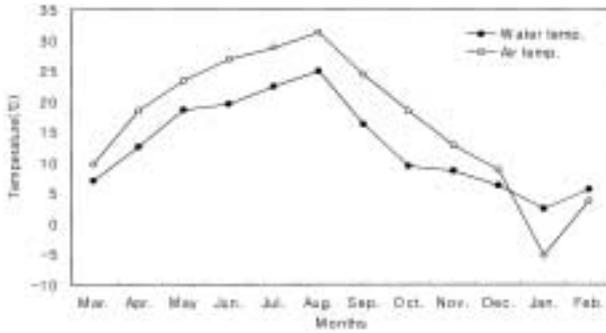


Fig. 2. Monthly changes of air and water temperature of study station from March 1999 to February 2000.

온은 8월에 21.30°C로 가장 높았고 1월에 2.30°C로 가장 낮게 나타났으며 기온은 -5.30°C에서 부터 31.20°C까지 나타났다 (Fig. 2). pH는 7.70~8.50의 범위로 어류가 서식하기에 적합한 상태를 유지하였고 DO는 8.50~12.80 mg/l로 높았으며 전기전도도 (Conductivity)는 65.00~210.00 $\mu\text{s}/\text{cm}$ 의 범위를 유지하고 있었다 (Table 2).

2. 성비

조사지역에서 채집된 개체들 중 산란에 참여가 가능한 360개체 (수컷 체장 40 mm 이상, 암컷 체장 50 mm 이상)를 대상으로 월별 조사한 결과 암컷은 194개체, 수컷이 166개체로 구별되어 1:0.86로 나타났다. 산란시기인 5월에는 1:1.11로 암·수의 비가 거의 같았으며 이후 수컷의 개체수가 감소하여, 10월에 1:0.38로 가장 낮았다. 그러나 10월을 기점으로 암컷의 개체수가 감소하여, 3월에 1:2.50으로 수컷이 가장 우세하게 나타났다 (Table 3). 이는 산란시기가 지난 후에 수컷의 사망률이 높아지는 것으로 판단되며, 암컷은 10월을 기점으로 사망률이 높아지는 것으로 생각된다. 공서어종인 *C. splendidus*는 수컷과 암컷의 비가 1.73:1 (송과 권, 1993)로 본 종과는 달리 수컷이 우세하게 나타났다.

3. 산란시기 및 생식소 성숙

산란시기를 알아보기 위하여 매월 채집된 표본을 대상으로 평균 생식소 성숙도를 조사하였다. 암·수 모두 수온이 10°C 이하로 급격히 낮아지는 10월에 생식소가 발달하기 시작하여 암컷은 5월초에 생식소 성숙도가 13.41%로 가장 높았으며 6월초에 2.44%로 급격히 하강하였고 이후 7월에 2.37%로 최저값을 나타내었다. 수컷 또한 5월에 2.74%까지 증가한 후 6월에 0.63%로 급격

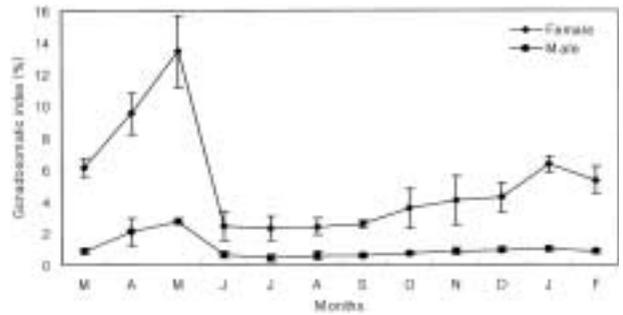


Fig. 3. Mean of the gonadosomatic indices (GSI) of *Gobiobotia brevibarba* in monthly samples at the Hongcheon River from Mar. 1999 to Feb. 2000.

Table 3. Sex ratio of *Gobiobotia brevibarba* collected at the Hongcheon River from Mar. 1999 to Feb. 2000

	Female	Male	Sex ratio
Mar.	8	20	1:2.50
Apr.	10	13	1:1.30
May	9	10	1:1.11
Jun.	17	12	1:0.71
Jul.	16	10	1:0.63
Aug.	16	7	1:0.44
Sep.	20	18	1:0.90
Oct.	29	11	1:0.38
Nov.	16	10	1:0.63
Dec.	38	31	1:0.82
Jan.	5	10	1:2.00
Feb.	10	14	1:1.40
Total	194	166	1:0.86

히 하강하였고, 암컷과 마찬가지로 7월에 0.40%로 최저값을 나타내었다 (Fig. 3). 따라서 본종의 생식소 성숙도가 5월초에 최고에 달하고 6월초 이후 급격히 하강하는 점으로 보아 산란시기는 5월 중순과 하순으로 추정되었는데 이러한 결과는 4월 하순에서 5월까지로 기재한 심 (1994)의 결과와 약간의 차이를 보였다. 이는 일조시간이나 수온 등이 어류의 생식소 성숙에 매우 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있는 바 (Nishi and Takano, 1979; Lam, 1983; Bye, 1984), 조사장소의 차이에 따른 수온의 차이 등에서 기인된 것으로 생각된다. 또한 같은 장소에서 서식하는 *C. splendidus*의 경우 산란시기가 5월 초순 (송과 권, 1993)이며 *G. macrocephala*의 경우 5월 하순에서 6월 하순 사이 (최와 백, 1972)로 본 종과는 비슷한 장소에서 시간의 차이를 두고 산란하는 것으로 생각된다. 산란성기의 수온은 18~20°C의 범위였다.

본 종은 산란시기에 다른 종에서와 같은 추성 (nuptial

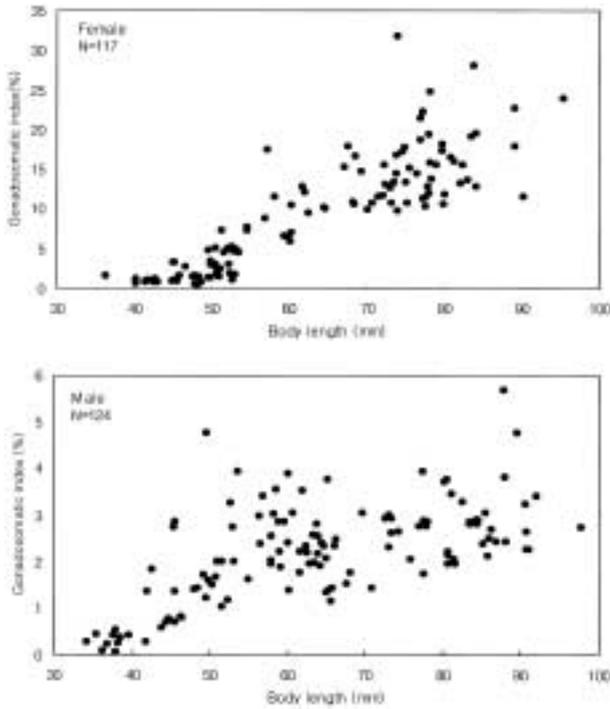


Fig. 4. Gonadosomatic indices for individual females and males of *Gobiobotia brevibarba* in monthly samples at the Hongchen River, Mar. 1999 to Feb. 2000.

tubercles)이나 혼인색 (nuptial pigmentation)의 변화는 뚜렷이 관찰되지 않았으며 다만 암수 모두 복부가 팽배해져 있었다. 또한 산란장소는 산란된 난의 위치로 보아 수심 20~50 cm, 유속 0.60~1.30 m/sec 그리고 하상구조는 직경 50~250 mm인 cobble과 boulder로 이루어진 여울역의 상부나 중부인 곳이었다. 그러나 산란행동은 cobble 또는 boulder 사이에서 이루어지므로 자연상태에서는 육안으로 관찰이 매우 어려웠다. 또한 산란된 난은 하천의 바닥인 gravel층 사이에 가라앉은 후 부착되어

있었다. 공서어종인 *G. macrocephala*의 산란장과 비교해 보면 *G. macrocephala*는 여울역의 하부인 수심 8~15 cm, 유속 0.90~1.00 m/sec, 자갈의 크기가 20~70 mm 곳에 산란(최와 백, 1972)을 하므로 본 종은 수심이 더 깊고 유속이 더 빠르며 자갈의 크기가 더 큰 장소에 산란을 하는 것으로 조사되었다. *G. brevibarba*와 *G. macrocephala*처럼 생태적 지위 (ecological niche)가 유사한 종들이 동일장소를 공유하며 혼서하는 현상은 생태계에서 찾아보기 힘들다 (MacArthur, 1968; Horn and MacArthur, 1972; Keast and Fox, 1992) 이들은 산란장소 및 시기에서 뚜렷이 구분됨을 알 수 있었다.

성적으로 성숙하여 산란에 참여하는 개체군의 체장범위를 알아보기 위하여 산란기인 4월과 5월에 채집한 개체를 대상으로 조사하였다. 암컷은 체장 45 mm 이하의 개체군에서 생식소 성숙도가 거의 발달하지 않았으며 체장 50 mm를 전후하여 생식소 성숙도가 급격히 증가하기 시작하였다. 또한 생식소 성숙도가 10% 이상을 넘는 개체에서 성숙된 난을 볼 수 있었다. 수컷은 체장 40 mm를 전후하여 생식소가 증가하기 시작하였다 (Fig. 4). 암컷은 체장 50 mm 이상, 수컷은 체장 40 mm 이상이 되어야 성적 성숙이 이루어지는 것으로 판단된다. 공서종인 *C. splendidus*의 경우 암·수 모두 체장 50 mm 이상인 개체에서 성숙하기 시작하여 만 2년생인 체장 55 mm 이상이 되어야 산란을 하는 것으로 보아 (송과 권, 1993) 본 종의 암컷과는 비슷한 크기에서 성적성숙이 이루어졌으나 수컷의 경우 작은 크기에서 성적으로 성숙하는 것으로 보인다.

4. 포란수

포란수 조사를 위하여 산란성기로 예상되는 5월에 체장 60~100 mm 사이의 개체 중 GSI가 15% 이상인 암컷 10개체를 무작위로 선정하여 난의 수를 계수한 결과

Table 4. The number of egg from the ovaries of *Gobiobotia brevibarba* in the Hongchen River, in May 1999

No.	Total length (mm)	Body length (mm)	Body weight (g)	Ovary weight (g)	GSI (%)	No. of eggs	Egg size (mm)
1	75.40	66.20	3.63	0.66	18.18	1,594	1.97±0.05
2	85.17	73.20	6.70	1.24	18.51	1,599	1.98±0.06
3	86.60	73.20	5.65	1.80	31.86	1,863	1.96±0.06
4	91.42	77.58	7.80	1.22	15.64	1,928	1.97±0.05
5	91.44	76.51	8.08	1.34	16.58	2,826	1.99±0.07
6	91.68	78.16	8.22	1.32	16.06	2,538	1.96±0.06
7	96.00	80.00	8.86	1.67	18.85	1,913	1.99±0.06
8	101.70	83.80	9.60	2.70	28.13	1,849	2.00±0.05
9	113.01	94.14	12.67	2.08	16.42	1,966	2.02±0.05
10	113.12	95.27	18.18	4.30	23.98	2,328	1.98±0.06
Mean						2,040	1.98±0.06

최저 포란수는 1,594개, 최대포란수는 2,826개로 나타났으며, 평균 $2,040 \pm 400.57$ 개였다. 성숙난의 직경은 1.96~2.02 mm의 범위이고 평균 1.98 ± 0.06 mm로 나타났다 (Table 4). 성숙란은 노란색을 띤 완전한 구형으로 침성란이었다.

한편 심 (1994)의 연구에서는 포란수가 1500~2000개, 성숙난의 직경이 1.8~2.0 mm라고 밝혀 본 연구와는 약간의 차이를 보였고, 또한 근연종인 *G. macrocephala* (최와 백, 1972)는 포란수가 900~1300개, 난경은 1.5 mm로 본 종보다는 적거나 작은 것으로 나타났다.

적 요

강원도 홍천군 서면 반곡리에서 1999년 3월부터 2000년 2월까지 *Gobiobotia brevibarva*를 대상으로 산란생태를 조사 연구하였다. 본 종의 서식지는 유속이 빠르며 하상이 작은돌, 자갈로 이루어진 여울역이었다. 산란장은 수심 20~50 cm, 유속 0.6~1.3 m/sec 그리고 하상구조는 cobble과 boulder로 이루어진 곳이었다. 암·수 성비는 1:0.86이었으며 산란성기는 수온이 18~20 °C가 되는 5월이었으며 생식활동의 시작은 암컷 체장 50 mm, 수컷 체장 40 mm 이상이 되어야만 성적으로 성숙하였다. 평균포란수는 평균 $2,040 \pm 400.57$ 개, 난의 직경은 1.98 ± 0.06 mm였다. 성숙란은 밝은 노란색을 띤 완전한 구형으로 침성란이었다.

인 용 문 헌

김익수. 1997. 한국동식물도감, 제37권 동물편 (담수어류). 교 육부, 국정교과서 (주), 연기. pp. 231~236.
 김익수·강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적, 서울, pp. 21~450.
 송호복·권오길. 1993. 홍천강에 서식하는 쉬리, *Coreoleuciscus splendidus* Mori (Cyprinidae)의 생태. 육수지, 26(3): 235~244.
 심중훈. 1994. 한국산 돌상어의 초기발생에 관한 연구. 충남대 학교 이학석사학위논문, pp. 1~26.
 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교 박사학위청구논문, pp. 49~50.
 전상린·손영목. 1983. 한국산 흰수마자 *Gobiobotia nakton-gensis* Mori의 분포에 관하여. 육수지, 16(1-2): 21~26.
 정분기. 1977. 한국어도보. 일지사, 서울, pp. 205~207.
 최기철·백윤걸. 1972. *Gobiobotia macrocephala* MORI의 생활사. 육수지, 5(3-4): 45~57.
 최기철·전상린·김익수·손영목. 1989. 한국산 담수어 분포 도. 한국담수생물학연구소, pp. 1~35.

최기철·전상린·김익수·손영목. 1990. 원색한국담수어도감. 향문사, 서울, pp. 82~86.
 Banarescu, P. 1992. A critical updated checklist of Gobi-oninae (Pisces, Cyprinidae), Trav. Mus. Hist., Nat., Grigore Antipa, XXXII: 303~330.
 Banarescu, P. and T.T. Nalbant. 1973. Pisces, Teleostei, Cyprinidae (Gobioninae). Das Tierreich. Lieferung 93. Walter de Gruyter, Berlin, 304pp.
 Bye, V.J. 1984. The role of environmental factors in the timing of reproductive cycle. Fish reproduction: Strategies and tactics, Academic Press, London, pp. 187~205.
 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.
 Eschmeyer, W.N., Editor. 1999. Catalog of fishes. Updated database version of November 1999. Catalog databases as made available to FishBase in November 1999.
 He, S. and Y. Chen. 1998 Gobiobotinae. p. 389~413. In Chen, Y.Y. et al. (Editors). Fauna Sinica. Osteichthys. Cypriniformes II. Science press. Beijing. Fauna sinica. Cyprin. II (BOOK): 1~531.
 Horn, H.S. and R.H. MacArther. 1972. Competition among fugitive species in a Harlequin environment. Ecology, 53: 749~752.
 Keast, A. and M.G. Fox. 1992. Space use and feeding pattern of an offshore fish assemblage in a shallow mesotrophic lake. Environ. Biolo. of Fishes, 34: 159~170.
 Lam, T.J. 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. Fish Physiology, Vol. IX B, Academic Press, London, pp. 65~116.
 MacArther, R.H. 1968. Population biology and evolution (The theory of the niche). Syracuse Univ. Press, New York, pp. 159, 176.
 Mori, T. 1935. Description of two new genera and seven species of Cyprinidae from Korea. Ann. Zool. Japan, 15: 161~166.
 Mori, T. 1952. Check list of the fishes of Korea. Mem. Hyogo Univ. Agr. 1(3). Biol. Ser. 1. pp. 228.
 Nishi, K. and K. Takano. 1979. Effects of photoperiod and temperature on the ovary of the Bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 30: 63~73.
 Shen, S.C. (ed.). 1993 Fishes of Taiwan. Department of Zoology. National Taiwan University, Taipei, 960 p.
 Teshetnikov, Y.S., N.G. Bogutskaya, E.D. Vasil'eva, E.A. Dorfeeva, A.M. Naseka, O.A. Popova, K.A. Savvaitova, V.G. Sideleva and L.I. Sokolov, 1997 An annotated check-list of the freshwater fishes of Russia. J. Ich-

- thyol., 37(9) : 687~736.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyosen. Part 1. Nemato-gnathi, Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyosen. 6. 458 pp. (In Japanese).
- Ueno, K. and Y. Ojima. 1984 A chromosome study of nine species of Korean cyprinid fish. Jap. J. Ichthyol., 31(3) : 338~344.
- Winfield, I.J. and J.S. Nelson. 1991. Cyprinid Fishes: Systematics, biology and exploitation. Chapman & Hall, pp. 13, 194.

Received : April 2, 2001

Accetped : June 9, 2001