

낙동강 유곡천에 서식하는 수수미꾸리 *Kichulchoia multifasciata* (Pisces: Cobitidae)의 산란시기와 산란특성

김형수* · 양 현¹

전북대학교 자연과학대학 생물학과, 부설 생물다양성연구소, ¹(주)생물다양성연구소

Spawning Period and Spawning Characteristics of *Kichulchoia multifasciata* (Pisces: Cobitidae) in the Yugokcheon (stream) of Nakdonggang (river) from Korea by Hyeong Su Kim* and Hyun Yang¹ (Department of Biological Science and Institute for Biodiversity, College of Natural Sciences, Chonbuk National University, Jeonju 54896, Korea; ¹Institute of Biodiversity Research, Jeonju 54904, Korea)

ABSTRACT Spawning period and spawning characteristics of *Kichulchoia multifasciata* (Pisces: Cobitidae) inhabiting the Yugokcheon (stream) of Nakdonggang (river) were investigated in the area of Segangyo (bridge), Yugok-myeon, Uiryeng-gun, Gyeongsannam-do, Korea from November 2008 to October 2009. The total length of population indicated that 45~55 mm group is one year old, 55~75 mm group is two years old and longer than 75 mm is regarded over three years old in males and 40~55 mm group is one year old, 55~75 mm group is two years old, 75~95 mm group is three years old and longer than 95 mm is considered over four years old in females (January 2009). It has predicted that the spawning period is from May to June (water temperature in the range 21.0~26.6°C). Sexually matured individuals appeared over the two years old. The number of eggs in the ovaries was 202~747 (491 ± 154.0).

Key words: *Kichulchoia multifasciata*, spawning period, Yugokcheon, gonadosomatic index (GSI)

서 론

잉어목(Cypriniformes) 미꾸리과(Cobitidae) 어류는 유럽과 아시아의 담수지역에 널리 분포하는 저서성 어류로서 전세계에 26속 177종(Nelson, 2006)이 보고되어 있고 우리나라에는 5속 16종이 분포하는 것으로 알려져 있다(Kim, 2009). 이 중 수수미꾸리 *Kichulchoia multifasciata*는 전장 10 cm 내외의 소형어로 낙동강 상류의 물이 맑고 유속이 빠르며 큰 자갈이 많은 곳의 바닥에서 부착조류를 먹고 사는 한국고유종이다(Kim, 1997).

수수미꾸리는 Wakiya and Mori (1929)가 낙동강의 대구 부근에서 채집한 표본을 근거로 *Cobitis*속의 별종으로 보고하였다. 이후 Sawada and Kim (1977)은 입 모양, 가슴지느러미 형

태, 등지느러미 위치 및 척추골수의 특징을 기준으로 *Cobitis*속으로 전속하였으나 Kim (2009)은 한국산 미꾸리과 어류의 속명을 재검토하면서 뒷지느러미 불분지기조수 4개, 등지느러미 불분지기조수 6개, 수컷의 가슴지느러미에 골질반(lamina circularis)이 없는 점을 근거로 *Kichulchoia*속으로 정리하였다.

본 종에 대한 연구는 형태 및 생태(Uchida, 1939; Chong, 1986), 핵형(Nam *et al.*, 1991), 초기발생(Kim and Lee, 1995), 난막 구조 및 생식주기(Kim *et al.*, 2011; Kim and Park, 2013)가 수행된 바 있었으나 구체적인 산란 생태에 관한 연구 및 논의는 부족한 실정이다.

일반적인 미꾸리과 어류의 산란시기는 4~7월이며 일부 종의 수컷은 가슴지느러미 골질반으로 암컷의 복부를 압박하여 암컷이 산란하도록 유도하는 산란행동을 보이는 것으로 알려져 있다(Bohlen, 2003; Lee, 2009). 수수미꾸리 수컷은 골질반이 없고 산란시기는 겨울인 11~1월 사이로 알려져 있었으나(Kim and Lee, 1995; Kim, 1997), Chong (1986)과 Kim and

*Corresponding author: Hyeong Su Kim Tel: 82-63-270-3447,
Fax: 82-63-270-3362, E-mail: kimk2k@jbn.u.ac.kr

Park (2013)은 생식소 성숙도와 조직학적 분석을 근거로 본 종의 산란시기를 4~5월로 제안한 바 있다.

본 연구는 일반적인 어류의 산란기 추정에 이용되는 생식소 성숙도지수를 Kim and Park (2013)의 연구보다 더 많은 개체를 대상으로 매월 분석하여 정확한 산란기를 추정하고 수컷의 생식소성숙도지수가 국내 다른 미꾸리과 어류의 수컷보다 높고 골질반이 없는 특징을 바탕으로 본 종의 산란습성을 예측하고자 하였다.

재료 및 방법

수수미꾸리의 연구는 2008년 11월부터 2009년 10월까지 경상남도 의령군 유곡면 세간교 일대 유곡천에서 족대(망목, 3×3 mm)를 사용하여 매월 20~25일 사이에 조사하였고 수온과 기온은 오후 1~2시 사이에 디지털 온도계를 이용하여 측정하였다. 채집한 어류의 전장은 dial caliper로 0.01 mm까지 측정하였고 체중과 생식소 무게는 0.01 g까지 측정하였다. 조사지점의 수심과 하상구조는 줄자를 이용하여 조사하였고 하상구조는 Cummins (1962)의 기준에 따라 분석하였다.

연령을 추정하기 위해서 매월 채집된 모든 개체를 대상으로 전장빈도분포법(Ricker, 1971)에 따라 연령 구분이 가능했던 2009년 1월을 기준으로 분석하였다. 산란시기 조사를 위해서 만 2년생 이상으로 추정되는 전장 95 mm 이상의 개체를 대상으로 매달 생식소성숙도지수(gonadosomatic index, GSI = gonad weight/body weight × 100)를 구하였다. 산란시기에 채

집된 GSI 값이 13% 이상인 암컷 10개체를 대상으로 해부현미경(HA80, HITECH, Japan) 하에서 포란수를 계수하였다. 수수미꾸리는 성적이형이 나타나지 않기 때문에 암수 구분은 복부를 절개하여 생식소를 직접 확인한 후 구분하였다.

결과 및 고찰

1. 서식지 환경

본 연구를 실시한 세간교 일대는 낙동강으로 유입되는 소하천으로 주변은 주로 농경지로 이용되고 있었다. 하천의 하폭은 150~200 m, 유폍은 15~70 m, 수심은 0.2~1.0 m였고 인공보로 인하여 보 상방은 소, 하방은 잔잔한 여울부가 이어졌다. 하상은 돌(B, C)과 자갈(P, G)의 비율이 높아(B : C : P : G : S : SC = 10 : 20 : 30 : 30 : 10 : 0) 수수미꾸리가 서식하기에 매우 양호한 환경을 보였다(Fig. 1; Table 1). 기온과 수온은 2009년 1월부터 상승하기 시작하여 7월에는 각각 33.1°C, 31.0°C로 가장 높았

Table 1. The environmental characters at the habit of *Kichulchoia multifasciata* in the Yugokcheon (stream), Korea

Study site	Stream width (m)	Water width (m)	Water depth (m)	Bottom structure (%) [*]					
				B	C	P	G	S	SC
	150~200	15~70	0.2~1.0	10	20	30	30	10	0

^{*}Cummins (1962): B (bolder, > 256 mm), C (cobble, 256~64 mm), P (pebble, 64~16 mm), G (gravel, 16~2 mm), S (sand, 2~0.06 mm), SC (silt and clay, < 0.06 mm)

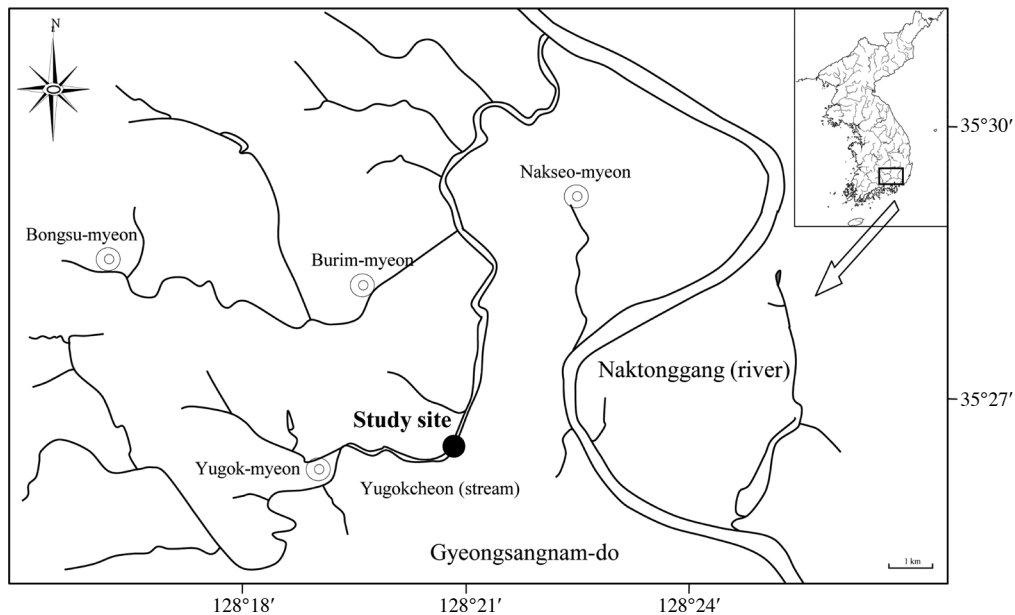


Fig. 1. A map showing the study site of *Kichulchoia multifasciata* in the area of Segangyo (bridge), Yugok-myeon, Uiryeng-gun, Gyeongsangnam-do, Korea.

으며 1월에는 3.0°C, 4.1°C로 가장 낮게 나타났다(Fig. 2).

본 종은 미꾸리과 어류 중 수심이 얇고 빠른 여울부의 돌 및 자갈 바닥에서 주로 서식하고 있어 여울부의 돌 및 자갈 하상에서 주로 활동하는 참종개 *Iksookimia koreensis* (Kim, 1978), 새코미꾸리 *Koreocobitis rotundicaudata* (Byeon, 2007)와 유사하였다. 수수미꾸리의 서식환경은 일본산 *Niwaella delicata*와 비슷하였는데 (Hiramatsu, 2004) 최근까지 두 종은 형태적 특징이 유사하여 *Niwaella*속에 포함되어 있었던 유연관계가 매우 가까운 종들로 (Sawada and Kim, 1977) 산란시기가 겨울 또는 봄이며 수컷 생식소가 특이적으로 발달하는 특징이 나타나고 있어 형태와 생태적 특징이 유사하게 진화한 것으로 추정된다 (Kim and Lee, 1995; Nakabo, 2002).

2. 연령 추정

본 종의 연령을 추정하기 위해서 암수를 구분하여 전장을 측

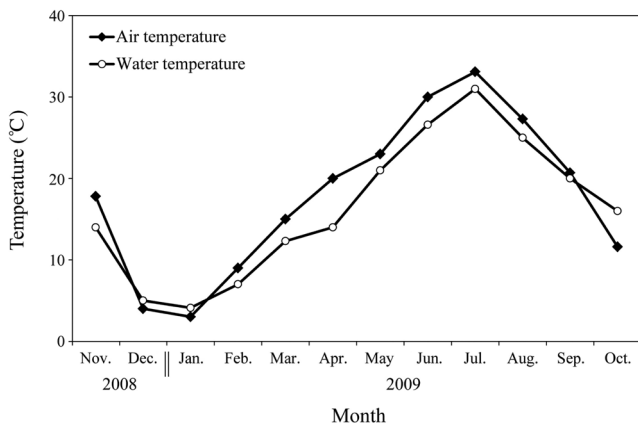


Fig. 2. Monthly changes in the air and water temperature in the Yugokcheon (stream) of Nakdonggang (river), Korea from November 2008 to October 2009.

정하였고 전장빈도분포법에 의해 분석한 결과는 Fig. 3와 같다. 가장 다양한 크기가 채집되었고 연령 구분이 가능한 2009년 1월 조사를 기준으로 연령을 비교한 결과 암컷과 수컷의 전장은 유사하게 나타났다. 수컷은 전장 45~55 mm 군은 1년생, 55~75 mm 군은 2년생, 75 mm 이상군은 3년생 이상으로 추정되었고 암컷은 전장 40~55 mm 군은 1년생, 55~75 mm 군은 2년생, 75~95 mm 군은 3년생, 95 mm 이상군은 4년생 이상으로 추정되었다. 채집된 개체 중 가장 큰 개체는 수컷 121.90 mm (7.92 g), 암컷 131.45 mm (9.52 g)이었다.

Chong (1986)은 7월 기준으로 본 종의 연령을 추정한 결과 50~70 mm 군은 당년생, 80~100 mm 군은 만 1년생, 100~130 mm 군은 만 2년생, 130 mm 이상은 만 3년생 군으로 추정할 바 있는데 본 조사의 결과와는 차이가 있었다. 이는 조사 지점, 조사 시기, 환경적 요인 및 분석 결과의 해석 차이로 인한 것으로 사료되며 이석과 비늘을 이용한 정확한 연령 분석이 추가되어야 할 것으로 생각된다. Kano (2000)는 일본산 *N. delicata*의 이석과 비늘을 분석하여 연령을 추정한 결과 수컷이 2.5년생까지는 더 성장이 빠르나 이후 암컷이 더 크게 성장한다고 언급하였는데 본 종의 전장분포도에서도 75 mm 이하의 개체에서는 작은 암컷 개체가 다수 확인되고 조사 기간별

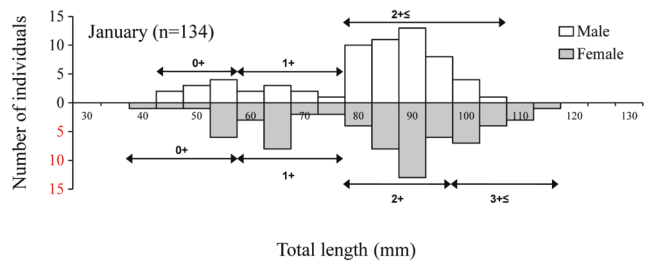


Fig. 3. Total length frequency distribution of *Kichulchoia multifasciata* in the Yugokcheon (stream), Korea on January 2009.

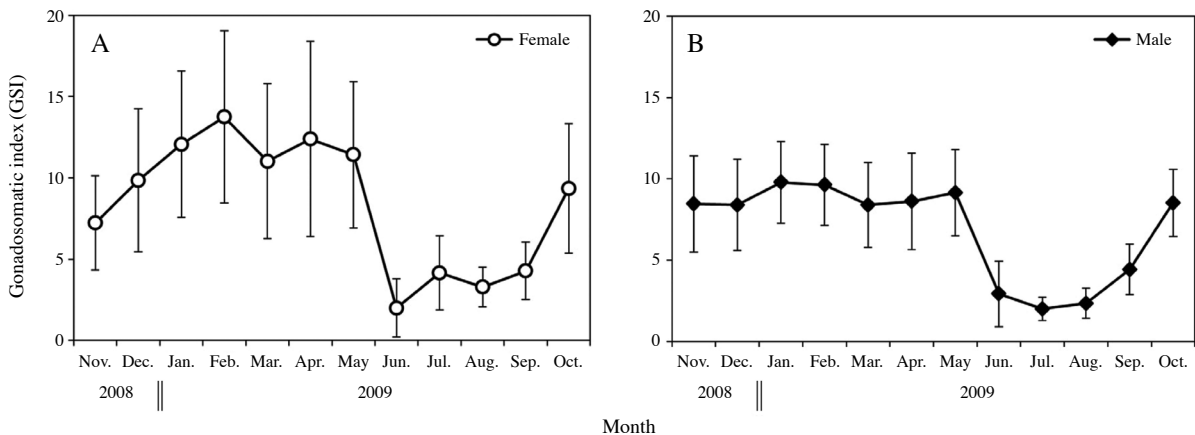


Fig. 4. Monthly change of gonadosomatic index (GSI) of *Kichulchoia multifasciata* (A: female, B: male) in the Yugokcheon (stream), Korea from November 2008 to October 2009. Vertical lines show SD.

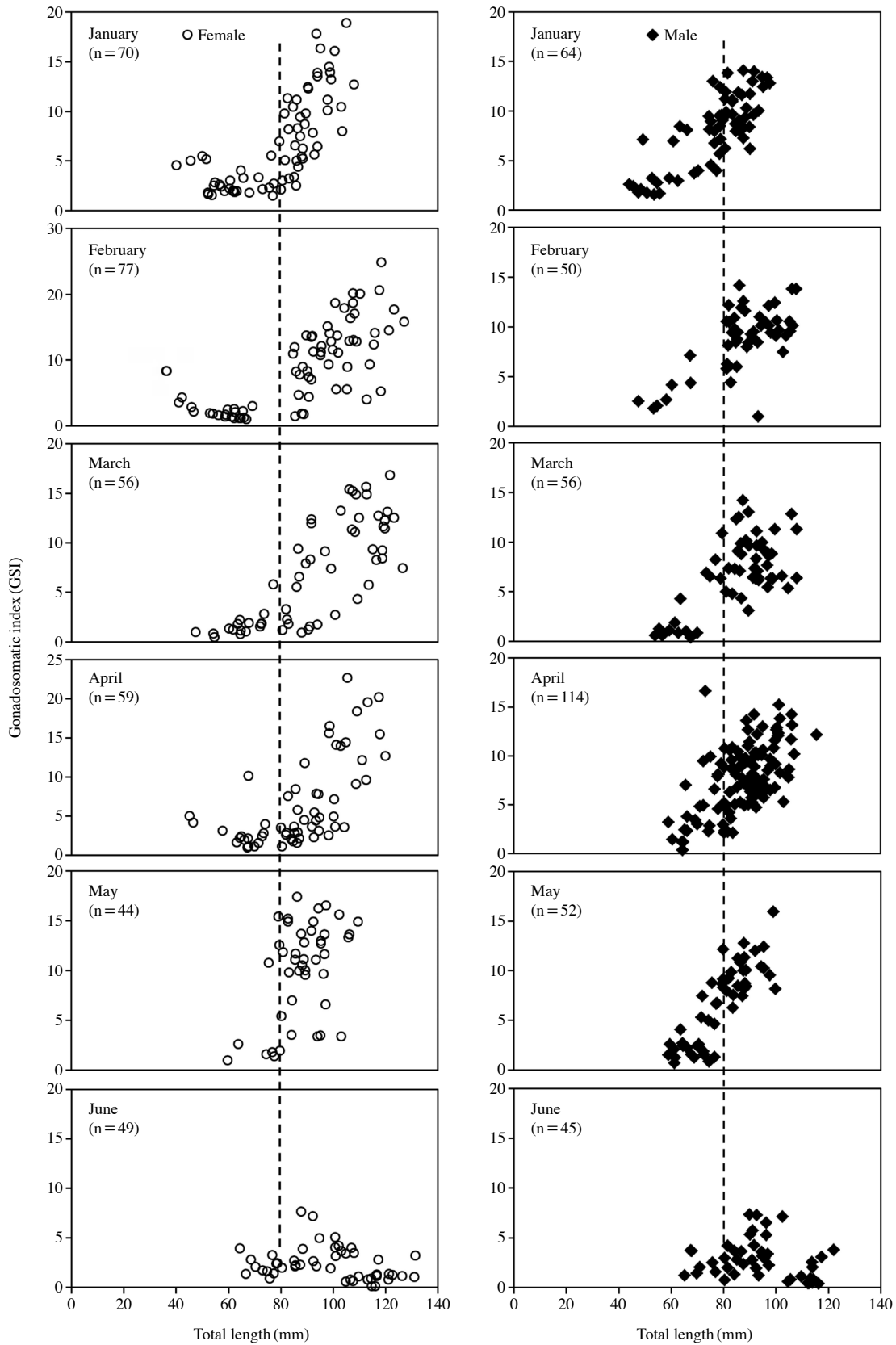


Fig. 5. Relationship between gonadosomatic index (GSI) and total length of *Kichulchoia multifasciata* (○: female, ◆: male) in the Yugokcheon (stream), Korea from January to June 2009.

Table 2. Comparisons of ecological characters in Cobitidae fishes by each investigator

Species	Spawning period	Water temperature (°C)	Egg number	*GSI in spawning period (female/male)	Authors
<i>Cobitis tetralineata</i>	June to July	22~26	1,288 ± 853 (474~2,976)	14.1/2.3	Kim <i>et al.</i> (2006)
<i>C. lutheri</i>	July	24~26	1,127 ± 453 (547~2,058)	20.6/2.6	Ko and Park (2011)
<i>Iksookimia hugowolfeldi</i>	June to July	21~22	933 ± 154 (731~1,249)	14.7/2.2	Park (2016)
<i>I. koreensis</i>	June	20~26	1,138 ± 431 (595~2,023)	23.3/5.0	Kim (1978)
<i>I. longicorpa</i>	June	20~24	2,402 ± 944 (1,455~5,405)	17.8/6.3	Kim and Ko (2005)
<i>I. pacifica</i>	June to August	25~27	809 ± 295 (257~1,206)	6.0/0.6	Choi and Byeon (2009)
<i>I. pumila</i>	May	20	328 ± 203 (142~878)	20.3/2.5	Kim and Lee (1984)
<i>Kichulchoia multifasciata</i>	March to May	14~21	491 ± 154 (202~747)	16.8/9.2	Present study
<i>Koreocobitis naktongensis</i>	May to June	17~20	22,643 ± 4,629 (15,909~30,323)	13.2/-	Hong <i>et al.</i> (2011)
<i>K. rotundicaudata</i>	May to June	20~23	1,365 ± 720 (439~2,950)	8.8/0.7	Byeon (2007)

*GSI: gonadosomatic index

로 수컷보다 전장이 큰 암컷 개체가 지속적으로 출현하고 있어 두 종은 유사한 성장 패턴을 보이는 것으로 판단된다.

3. 산란시기

수수미꾸리의 산란시기를 추정하기 위하여 GSI를 분석한 결과 암컷은 6월에 0.13~7.09% (2.00 ± 1.45)로 가장 낮았고 2월에 4.04~24.89% (13.75 ± 4.97)로 가장 높았다. 수컷은 7월에 2.02~2.95% (2.43 ± 0.32)로 가장 낮았으며 1월에 6.22~14.01% (11.14 ± 2.34)로 가장 높게 나타나 암컷과 유사하였다. 특히, 암컷과 수컷은 모두 12월부터 이듬해 5월까지 평균 8.0% 이상의 높은 GSI를 보였고 암컷은 1월부터 5월까지 10.0% 이상의 값을 나타냈다(Fig. 4). 3월에는 GSI가 일부 감소하는 경향을 보였으나 전반적으로 높게 유지되었고 6월 이후 급격히 감소하는 것으로 미루어 본 종의 산란시기는 5~6월로 추정된다(Fig. 5).

Kim and Lee (1995)는 본 종의 초기생활사 연구에서 12월과 1월에 채집된 개체를 사용하여 인공 수정하였고 발생과정을 보고하면서 산란기를 11월부터 1월로 추정한 바 있다. 본 연구결과와 비교하여 추론해 보면 이전 연구(Kim and Lee, 1995)가 가능했던 이유는 본 종이 12월 겨울부터 이듬해 봄 5월까지 성숙한 난모세포와 정모세포를 가지고 있었기 때문에 산란성기가 아니었지만 호르몬 처리로 인한 인공수정이 가능했던 것으로 추정된다. 겨울부터 이듬해 봄까지 높은 GSI가 유지되는 점, 조직학적 분석을 통해 4~5월에 성숙한 난모세포가 대부분 나타나는 점, 6월 이후 급격히 감소하는 점을 종합적으로 고려하면 수수미꾸리의 산란시기는 5~6월로 추정되며 이 때의 수온은 21.0~26.6°C 범위였다. 이는 본 종의 산란기를 4~5월로 추정한 Chong (1986)과 Kim and Park (2013)의 결과보다 1달 정도 느린 것으로 나타났고 환경적 요인에 의한 차이라고 생각된다. 산란시기가 5월로 알려진 부안종개 *I. pumila* (Kim and Lee, 1984), 5~7월로 알려진 줄종

Table 3. The sex ratio of *Kichulchoia multifasciata* in the Yugokcheon (stream), Korea from January to October 2009

Month	Female	Male	Total	Sex ratio	χ^2
Jan.	70	64	134	0.91	0.27
Feb.	77	50	127	0.65	5.74
Mar.	56	56	112	1.00	0.00
Apr.	59	114	173	1.93	17.49
May	44	52	96	1.18	0.67
Jun.	49	45	94	0.92	0.17
Jul.	55	47	102	0.85	0.63
Aug.	52	45	97	0.87	0.51
Sep.	57	43	100	0.75	1.96
Oct.	64	35	99	0.55	8.49
Total	583	551	1,134	0.95	0.90

The critical value for χ^2 goodness-of-fit test of equal numbers of females and males (1 df) at 95% significance is 3.84

개 *C. tetralineata* (Kim *et al.*, 2006), 점줄종개 *C. lutheri* (Ko and Park, 2011), 남방종개 *I. hugowolfeldi* (Park, 2016), 참종개 (Kim, 1978), 왕종개 *I. longicorpa* (Kim and Ko, 2005), 북방종개 *I. pacifica* (Choi and Byeon, 2009), 얼룩새꼬미꾸리 *K. naktongensis* (Hong *et al.*, 2011) 등 국내 미꾸리과 어류와 유사한 것으로 판단된다(Table 2).

4. 성비, 성숙연령, 포란수

수수미꾸리는 조사 기간 중 암컷이 583개체, 수컷이 551개체가 채집되어 성비는 1:0.95로 나타나 암수간의 성비는 유의한 차이가 없는 것으로 조사되었다($\chi^2=0.90$, $P>0.05$; Table 3). 그러나 Chong (1986)은 본 종의 성비(암컷:수컷)는 1:0.73로 암컷이 수컷에 비해 많다고 보고하여 결과 차이가 나타났다. 다른 국내 미꾸리과 어류의 성비는 줄종개 1:0.57 (Kim *et al.*, 2006), 점줄종개 1:0.78 (Ko and Park, 2011), 참종개 1:0.75 (Kim, 1978), 왕종개 1:0.65 (Kim and Ko, 2005)로 암컷이 다소 많은 상태의 성비를 보여주고 있었고 추후 여러 지역의 성

Table 4. The relationship among the total length, body weight, gonadosomatic index (GSI) and egg number in the ovaries of *Kichulchoia multifasciata* in the Yugokcheon (stream), Korea from April to May 2009

No. of individuals	Total length (mm)	Body weight (g)	Gonadosomatic index (GSI)	Egg number
1	89.32	2.76	13.77	202
2	97.45	4.23	15.13	336
3	100.28	5.00	17.80	455
4	103.82	5.81	17.90	468
5	107.71	5.79	16.06	481
6	112.65	6.30	18.89	554
7	117.14	8.68	20.62	747
8	120.80	7.50	14.53	463
9	122.79	8.61	17.65	668
10	126.63	8.02	15.84	541
Mean ± SD	109.86 ± 12.19	6.27 ± 1.95	16.82 ± 2.12	491.49 ± 154.02

비를 조사하여야 정확하게 나타날 것으로 생각된다.

수수미꾸리의 생식소가 발달하기 시작하고 성적으로 성숙하여 산란에 참여하는 개체군의 전장 범위와 연령을 조사하였다. GSI는 암컷과 수컷 모두 전장 80 mm 내외에서 1월부터 5월까지 높게 유지되었고 6월부터는 급격하게 감소하는 바 만 2년생부터 성숙하는 것으로 판단되며 일부 만 1년생 개체도 조기 성숙하는 것으로 판단된다 (Fig. 5). 이는 줄종개 (Kim *et al.*, 2006), 참종개 (Kim, 1978), 왕종개 (Kim and Ko, 2005), 북방종개 (Choi and Byeon, 2009)와 유사하게 나타났다. 다만 일부 전장 80 mm 이하의 일부 개체에서도 GSI가 높게 나타났는데 만 2년생 이하의 개체가 조기 성숙에 의한 스니커 행동으로 산란에 참여하는지에 관해서는 면밀한 조사가 요구된다.

4~5월에 GSI가 13.0% 이상인 전장 80 mm 이상의 성숙한 암컷 10개체의 난소를 적출하여 포란수를 계수한 결과 202~747개 (491 ± 154.0)였고 전장이 커질수록 포란수가 증가하는 경향이 나타났다 (Table 4). 이는 부안종개 328개 (142~878), 동일속의 좁수수치 *K. brevifasciata* 69개 (18~160) 보다는 많았으나 (Ko and Bang, 2014) 다른 미꾸리과 어류보다는 적었다 (Table 2).

5. 산란유형 추정

일부 어류에서는 다수의 수컷과 다수의 암컷이 산란에 참여하는 다부다처제 (polygynandry)의 산란습성을 이용하는 것으로 알려져 있다 (Moyle and Cech, 2004). 미꾸리과의 미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus* (Kim, 1997), *C. taenia* (Bohlen, 1999), 미호종개 *C. choii* (Lee, 2009)는 수컷이 가슴지느러미 골질반을 암컷의 복부에 고정하고 압박하여 산란하는 일부일처제 (Monogamy)의 산란습성을 이용하는 것으로 알려져 있다. 담수에서 은어 *Plecoglossus altivelis* (Ko *et al.*, 2007), 쏘가리 *Siniperca scherzeri* (Lee *et al.*, 2012)와 같은 어류의 수컷은 GSI가 각각 8.0% 내외, 5~12%로 높은 편이며 이들 종은 다부다처제의 집단산란에 참여하는 것으로 알려져 있다 (Kim,

1997). 현재까지 미꾸리과 어류 가운데 다부다처제의 산란에 대한 보고는 없었다. 본 연구에서는 수수미꾸리의 산란을 직접 확인하지 못하였고 본 종이 다른 미꾸리과 어류보다 체고에 대한 체장의 비가 높아 골질반이 없어도 몸을 감아서 산란할 가능성도 있지만 수컷 가슴지느러미 골질반이 없고 수컷의 GSI가 8~10%로 높으며 산란시기에 자연상태에서 수컷의 정액이 매우 쉽고 진하게 나오는 점으로 판단하면 본 종은 다부다처제의 집단산란습성을 이용할 가능성도 있을 것으로 추정된다.

요 약

본 연구는 2008년 11월부터 2009년 10월까지 경상남도 의령군 유곡면 세간교 일대 유곡천에서 수수미꾸리의 산란시기와 산란특성에 대해 조사하였다. 수수미꾸리의 연령을 분석한 결과 수컷은 1년생 전장 45~55 mm, 2년생 55~75 mm, 3년생 75 mm 이상, 암컷은 1년생 40~55 mm, 2년생 55~75 mm, 3년생 75~95 mm, 4년생 95 mm 이상으로 추정되었다 (2009년 1월 기준). 산란시기는 5~6월 사이로 추정되었고 (수온 21.0~26.6°C) 성적으로 성숙하는 연령은 만 2년생 이상으로 판단되었으며 포란수는 202~747개 (491 ± 154.0)로 나타났다.

사 사

본 연구기간 동안 현장조사와 시료분석에 도움을 준 홍양기 박사님, 장준호, 고재근, 이강식 연구원에게 감사드립니다.

REFERENCES

- Bohlen, J. 1999. Reproduction of spined loach, *Cobitis taenia*, (Cypriniformes; Cobitidae) under laboratory conditions. J.

- Appl. Ichthyol., 15: 49-53.
- Bohlen, J. 2003. Spawning habitat in the spined loach, *Cobitis taenia* (Cypriniformes, Cobitidae). Ichthyol. Res., 50: 98-101.
- Byeon, H.K. 2007. Ecology of *Koreocobitis rotundicaudata* (Cobitidae) in the Naerin stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 299-305. (in Korean)
- Choi, J.K. and H.K. Byeon. 2009. Ecological characteristics of *Cobitis pacifica* (Cobitidae) in the Yeongok stream. Korean J. Limnol., 42: 26-31. (in Korean)
- Chong, D.S. 1986. Morphological and bionomical studies of *Niwaella multifasciata* (Wakiya et Mori). Master thesis, Chonbuk Nat. Univ., 37pp. (in Korean)
- Cummins, K.W. 1962. An evaluation of some techniques for the collection and analysis of benthic samples with special on lotic waters. Amer. Midl. Nat., 67: 477-504.
- Hiramatsu, K. 2004. Habitat analysis of Ajime-loach (*Niwaella delicata*) in the Ai river. Bull. Agric. Food. Environ. Res. Ctr. Osaka., 40: 34-40. (in Japanese)
- Hong, Y.K., H. Yang and I.C. Bang. 2011. Habitat, reproduction and feeding habit of endangered fish *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae) in the Jaho stream, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 234-241. (in Korean)
- Kano, Y. 2000. Age and growth of the Ajime-loach, *Niwaella delicata*, in the Yura river, Kyoto, Japan. Ichthyol. Res., 47: 183-186.
- Ko, M.H., I.S. Kim, J.Y. Park and Y.J. Lee. 2007. Distribution and ecology of a land-locked ayu, *Plecoglossus altivelis* (Pisces: Osmeridae) in lake Okjeong, Korea. Korean J. Ichthyol., 19: 24-34. (in Korean)
- Ko, M.H. and J.Y. Park. 2011. Growth and spawning ecology of *Cobitis lutheri* (Teleostei: Cobitidae) in the Mangyeong river, Korea. Korean J. Ichthyol., 23: 158-162. (in Korean)
- Ko, M.H. and I.C. Bang. 2014. Spawning character and early life history of the endangered Korean dwarf loach, *Kichulchoia brevifasciata* (Teleostei: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 26: 89-98. (in Korean)
- Kim, C.H., J.G. Kim and J.Y. Park. 2011. Structure of egg envelope and oogenesis of *Kichulchoia multifasciata* (Pisces, Cobitidae). Korean J. Microscopy, 41: 189-196. (in Korean)
- Kim, I.S. 1978. Ecological studies of cobitid fish, *Cobitis koreensis* in Jeonju-cheon creek, Jeonrabug-do province, Korea. J. Eoc. Environ., 2: 9-14. (in Korean)
- Kim, I.S. 1997. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea. Vol. 37. Freshwater Fishes. Ministry of Education, 629pp. (in Korean)
- Kim, I.S. 2009. A review of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 7-28.
- Kim, I.S. and M.H. Ko. 2005. Ecology of *Iksookimia longicorpa* (Cobitidae) in the Seomjin river, Korea. Korean J. Ichthyol., 17: 112-122. (in Korean)
- Kim, I.S., M.H. Ko and J.Y. Park. 2006. Population ecology of Korean sand loach *Cobitis tetralineata* (Pisces; Cobitidae) in the Seomjin river, Korea. J. Ecol. Field Biol., 29: 277-286. (in Korean)
- Kim, I.S. and E.H. Lee. 1995. Studies on early embryonic development of *Niwaella multifasciata* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Limnol., 28: 455-462. (in Korean)
- Kim, I.S. and W.O. Lee. 1984. Morphological and ecological aspects on the population of *Cobitis koreensis* Kim (Pisces, Cobitidae) in the Begchon stream, Puan-gun, Cholla-bugdo, Korea. Korean J. Ecol., 7: 10-20. (in Korean)
- Kim, J.G. and J.Y. Park. 2013. Reproductive cycle of the Korean loach, *Kichulchoia multifasciata* (Pisces: Cobitidae). Korean J. Ichthyol., 25: 216-221. (in Korean)
- Lee, I.R. 2009. Studies on the conservation biology of an endangered freshwater fish, *Iksookimia choii*. Doctoral dissertation, Soonchunhyang Univ., 167pp. (in Korean)
- Lee, W.O., J.M. Back, J.H. Lee, K.H. Kim, C.H. Kim and S.W. Yoon. 2012. Sexual maturation and feeding habit of Korean mandarin fish, *Siniperca scherzeri* (Perciformes, Centropomidae) in the Seomjin river and Imjin river, Korea. Kor. J. Env. Eco., 26: 57-66. (in Korean)
- Moyle, P.B. and J.J. Cech. 2004. Fishes: an introduction to ichthyology (5th ed.). Benjamin Cummings, USA, 744pp.
- Nakabo, T. 2002. Fishes of Japan. Tokai Univ. Press, Tokyo, 1800pp.
- Nam, M.M., H.J. Yang and B.S. Chae. 1991. The karyotypic analysis of *Niwaella multifasciata* Wakiya et Mori (Cobitidae), an endemic species in Korea. Korea J. Ichthyol., 3: 36-41. (in Korean)
- Nelson, J.S. 2006. Fishes of the world (4th ed). John Wiley and Sons, Inc., Canada, 601pp.
- Park, C.W. 2016. Ecology of the endemic Korean southern king spine loach, *Iksookimia hugowolfeldi*. Master thesis, Chonbuk Nat. Univ., 56pp. (in Korean)
- Ricker, W. E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. IBP hand book, 3: 112-113.
- Swada, Y. and I.S. Kim. 1977. Transfer of *Cobitis multifasciata* to the genus *Niwaella* (Cobitidae). Jpn. J. Ichthyol., 24: 155-160.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Työsen (Korea). Part 1. Nematognathi and Eventognathi. Bull. Fish Exp. Sta. Government-General Työsen, 6: 1-8+1-458. (in Japanese)
- Wakiya, Y. and T. Mori. 1929. On two new loaches of the genus *Cobitis* from Korea, Chosen Nat. Hist. Soc., 9: 31-33.