

# 한국자생종 종개 *Orthrias toni* (Pisces: Balitoridae)의 생활사

고명훈\*

이화여자대학교 에코과학부

**Life History of the Siberian Stone Loach *Orthrias toni* (Pisces: Balitoridae) in the Buk Stream, Goseong, Korea by Myeong-Hun Ko\*** (Division of EcoScience, Ewha Womans University, Seoul 03760, Republic of Korea)

**ABSTRACT** Life history of the Siberian stone loach, *Orthrias toni*, were investigated using samples collected from Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea. Growth was rapid between April and October when water temperature exceeded 10°C, but growth almost stopped from November-March when water temperature was below 10°C. Age groups for *O. toni* estimated by frequency distribution of total length in spawning season (May) indicated the 60~81 mm is 1-year old, the 82~99 mm group is 2-years old, the 100~119 mm is 3-years old, and the 120~140 mm is more than 4-years old. Total length range by sex was similar, and sex ratio (♂/♀) was 0.73. Spawning season according to the gonadosomatic index (GSI) was May with water temperature 14~17°C, and almost all fish were mature after one year old. Fecundity increased rapidly with age with an average of 4,460 ± 3,302 (mean ± SD). Size of mature eggs was 0.87 ± 0.03 mm in diameter irrespective of age.

**Key words:** Stone loach, age composition, spawning period, fecundity, mature egg size

## 서론

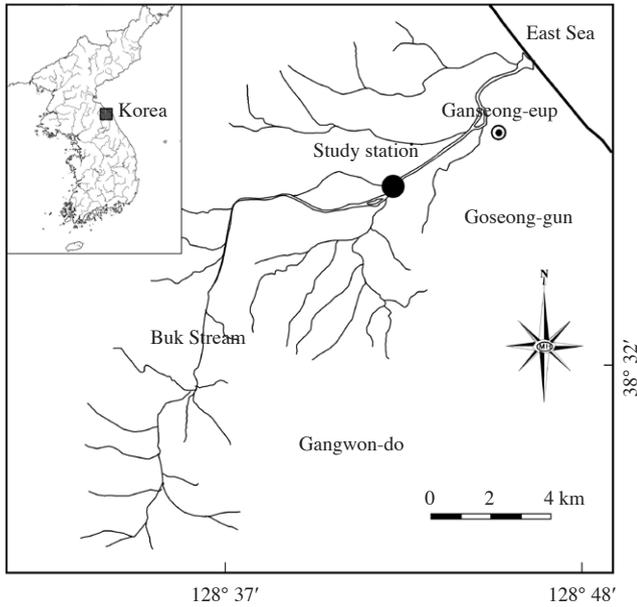
잉어목(Cypriniformes), 미꾸리아목(Cobitoidei)에 속하는 종개과(Balitoridae) 어류는 유럽과 아시아에 다양하게 분화하여 42속 618종이 분포하고 있으며(Kottelat, 2012; Nelson *et al.*, 2016), 우리나라에는 2속 3종인 종개 *Orthrias toni*, 대륙종개 *O. nudus*, 쌀미꾸리 *Lefua costata*가 서식하고 있다(Kim, 1997; Kim and Park, 2007). Kottelat (2012)은 미꾸리아목 어류를 정리하면서 종개, 대륙종개, 쌀미꾸리 3종을 Nemachilidae에 포함시키고 종개 속명을 *Barbatula*로 사용한 바 있기에 분류학적으로 문제가 제기되고 있다. 종개는 대륙종개와 형태적으로 유사하나 추성의 배열 및 전비공과 후비공의 형태에 차이가 나는 것으로 보고되었다(Kim and Park, 2007; Cao *et al.*, 2012). 분포지에 있어서 종개는 태백산맥을 기준으로 동해로 흐르는 하천에, 대륙종개는 서해안으로 흐르는 한강수계에 서식하는 것으로 알려져 있으며, 국외에서 종개는 일본의

북해도, 러시아의 사할린 및 시베리아 동부 등에, 대륙종개는 몽고 및 중국대륙에 서식하는 것으로 알려져 있어 분포지 차이를 보인다(Kim and Park, 2007).

우리나라 종개속 어류는 모두 자생종으로 하천 중·상류의 돌과 자갈 등이 깔린 곳에 서식하는 대표적 저서성 어류이며(Kim, 1997; Kim and Park, 2007), 대륙종개의 경우 수서곤충을 주로 섭식하는 식충성 어류로 보고되어(Byeon, 2010) 수생태계 먹이사슬에서 중요한 2차 소비자 역할을 하고 있다. 최근 하천생태계에 대한 관심이 높아지면서 생태적으로 교란된 하천의 경우 하천복원사업이 진행되고 있고(Park *et al.*, 2009; Choi, *et al.*, 2011; Lee and Choi, 2015), 하천의 건강성을 평가하여 관리하려는 사업 등(ME, 2007; NIER, 2015)이 진행되고 있는데, 자생종의 생태학적 특징은 멸종위기종 및 고유종과 함께 중요한 자료로 활용되고 있다.

우리나라 종개에 관한 연구는 형태와 핵형분석, DNA 염기서열 등을 이용한 계통분류학적 연구(Kim *et al.*, 1988; Lee *et al.*, 1990; Park and Lee, 1991; Yang *et al.*, 1991)가 있지만 생태학적 연구는 거의 연구되지 않았으며, 종개과로 확대해도 대륙종개의 피부구조(Park and Kim, 2003)와 생태(Byeon,

\*Corresponding author: Myeong-Hun Ko Tel: 82-2-3277-4630, Fax: 82-2-3277-2385, E-mail: hun@jbnu.ac.kr



**Fig. 1.** Study station of Buk Stream, Eocheonri, Ganseong-eup, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea.

2010) 등이 있을 뿐이다. 국외의 경우도 *Barbatula barbatula*, *Metaschistura cristata*, *Lefua echigonia* 등 일부 종들에 대해서만 생활사와 연령 및 성장, 산란 및 섭식 생태 등의 연구가 진행되었다(Smyly, 1955; Sauvonsaari, 1971; Mills *et al.*, 1983; Erös, 2001; Hofmann and Fischer, 2001; Saat *et al.*, 2003; Vinyoles *et al.*, 2010; Aoyama and Doi, 2011; Patimar *et al.*, 2011).

따라서 본 연구에서는 한국자생종 종개의 생활사 특징인 성장 및 연령, 성비, 산란특성 등의 생물학적 특징을 밝히고 근연종들과 비교·논의하였다.

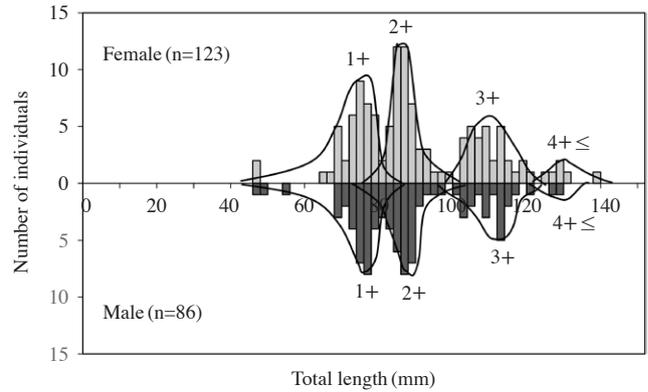
## 재료 및 방법

### 1. 조사 지점 및 시기

조사는 종개 *Orthrias toni*가 집단으로 서식하는 것으로 보고된(Lee *et al.*, 2010) 강원도 고성군 간성읍 간천리의 북천(Fig. 1)에서 2013년 1월부터 12월까지 실시하였다.

### 2. 채집방법

채집은 족대(망목 1×1, 4×4 mm)를 사용하였으며, 채집된 개체는 마취제 MS-222 (Sindal, Canada)로 마취하여 전장과 체중, 성별 등을 조사한 후 생식소 분석이 필요한 일부 개체만 10% 포르말린에 고정하고 그 외 모든 개체는 바로 방류하였다. 또한 채집지역의 수심, 유속, 하상 등을 조사하여 서식지



**Fig. 2.** Frequency distribution of the total length of female and male of *Orthrias toni* collected from the Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, May, 2013.

특성을 파악하였다.

### 3. 생활사 조사방법

성장 및 연령 추정에는 채집된 개체를 근거로 전장빈도분포도(Ricker, 1971)를 매달 작성하여 추정하였다. 성비는 생식소가 성숙하여 암수가 구별되는 1월부터 5월, 11월부터 12월까지 계산하였으며  $\chi^2$  검정을 통하여 성비 1:1 유의성을 확인하였다. 산란기는 매달 3년생 이상인 전장 100~140 mm 개체를 암컷과 수컷으로 나누어 각각 10~15개체를 10% 포르말린 수용액에 고정하였으며, 이후 실험실로 옮겨 전장과 체중, 생식소 무게 등을 측정 후 생식소성숙도(gonadosomatic index,  $GSI = \text{gonad weight/body weight} \times 100$ )를 계산하여 추정하였다. 수온 변화는 매달 전자수온계를 이용하여 측정하였으며, 기온변화는 국가수자원관리종합시스템(WAMIS) 강원도 고성군(속초관측소)의 기상 자료를 인용하여 일평균 기온으로 그래프를 작성하였다(WAMIS, 2013). 또한 포란수는 3월과 4월에 채집된 개체의 난수를 계수하였으며, 성숙란의 크기는 4월에 채집된 성숙개체의 난을 개체별로 30개를 측정하여 계산하였다.

## 결 과

### 1. 성장 및 연령 추정

종개 암·수의 전장 성적이형을 알아보기 위해 산란기인 5월에 암컷과 수컷으로 나누어 전장빈도분포도를 작성하였다. Fig. 2와 같이 전장 분포는 암·수가 유사한 4개의 최빈값을 보여 전장에 대한 성적이형은 없는 것으로 판단되었다. 따라서 매월 전장빈도분포도 작성은 암·수 구분 없이 하나의 도

표로 작성하였다.

당년생(2013년 부화) 치어는 전장 26~49(mean±SD, 38.6±4.93)mm로 6월에 처음 관찰되었으며, 7월 28~59(47.2±5.44)mm, 8월 40~75(57.9±6.95)mm, 9월 38~69(62.0±6.76)mm로 급격한 성장을 보였으며, 이후 수온이 내려가면서 성장은 둔화되어 10월 50~71(65.2±5.83)mm였고 수온이 10°C 이하로 내려가는 11월부터 12월까지는 52~79mm로 성장을 멈추었다. 당년생 11~12월의 전장 범위는 1월의 첫 번째 최빈값 범위 62~84mm와 유사하여 같은 당년생으로 판단되었다.

1월부터 4월까지 나타난 당년생(첫 번째 최빈값, 2012년에 부화)은 1월부터 4월까지의 수온이 낮아 거의 성장을 하지 않았으나 5월부터 성장을 시작하여 6월 68~90mm, 7월 73~92mm, 8월 77~94mm, 9월 80~96mm로 빠른 성장을 보였으나 11월 이후에는 80~102mm로 온도가 급격히 내려가면서 성장을 멈추었다. 이들의 11~12월 전장 범위는 1월의 두 번째 최빈값의 범위와 유사하여 동일한 1년생으로 판단되었다. 2년생 이상의 연령군도 공통적으로 수온 10°C 이상 되는 4월에서 10월까지의 성장이 이루어졌으나 수온이 10°C 이하인 1월부터

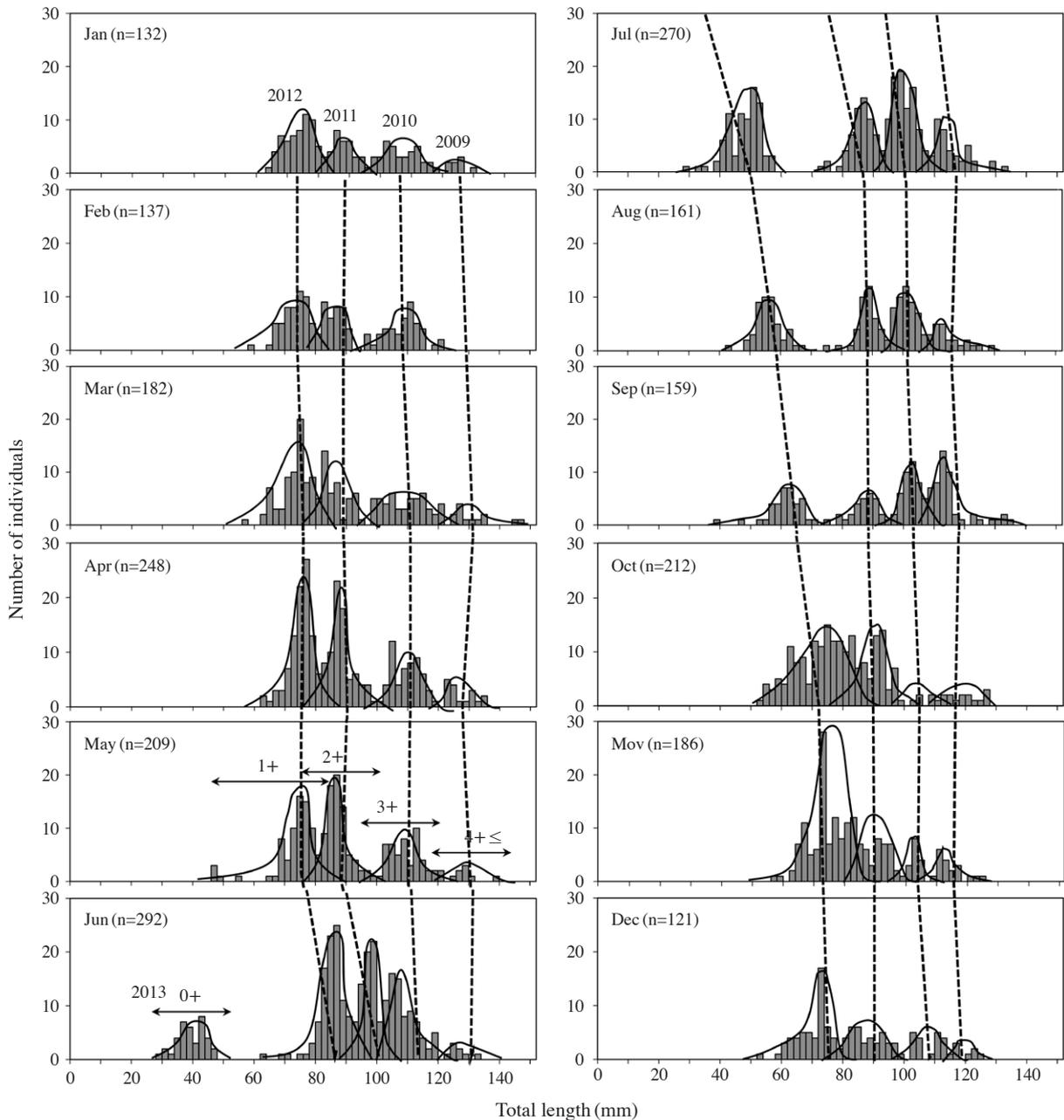


Fig. 3. Monthly variation of age and year class in frequency distribution of total length of *Orthrias toni* collected from the Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea from January to December, 2013.

**Table 1.** The sex ratio of *Orthrias toni* in the Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, from January to December, 2013.

Month	Female	Male	Total	Sex ratio (♂/♀)	$\chi^2$
Jan.	77	55	132	0.71	3.67
Feb.	74	63	137	0.85	0.88
Mar.	112	70	182	0.63	9.69
Apr.	151	97	248	0.64	11.76
May	123	86	209	0.70	6.55
Nov.	103	83	186	0.81	2.15
Dec.	61	60	121	0.98	0.01
Total	701	514	1215	0.73	28.78

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

터 3월, 11월부터 12월은 거의 성장하지 않았고 1월의 최빈값 단계가 12월에 한 단계씩 이동한 것으로 나타났다. 따라서 이러한 최빈값의 이동으로 볼 때 각각의 최빈값이 각각의 연령으로 판단되었다. 산란기(5월)를 기준으로 연령은 암·수 구분 없이 1년생은 전장 60~81 mm, 만 2년생은 82~99 mm, 만 3년생은 100~119 mm, 만 4년생 이상은 120~140 mm로 추정되었다(Fig. 3).

서식지는 당년생 치어가 빠른 여울부(유속 20~60 cm/sec)의 자갈(입자크기 5~15 cm) 바닥에 서식하였으나 1년생 이상은 공통적으로 느린 여울부(유속 0~20 cm/sec)의 돌 또는 큰 돌 바닥(입자크기 10~40 cm)에 주로 서식하여 차이를 보였다.

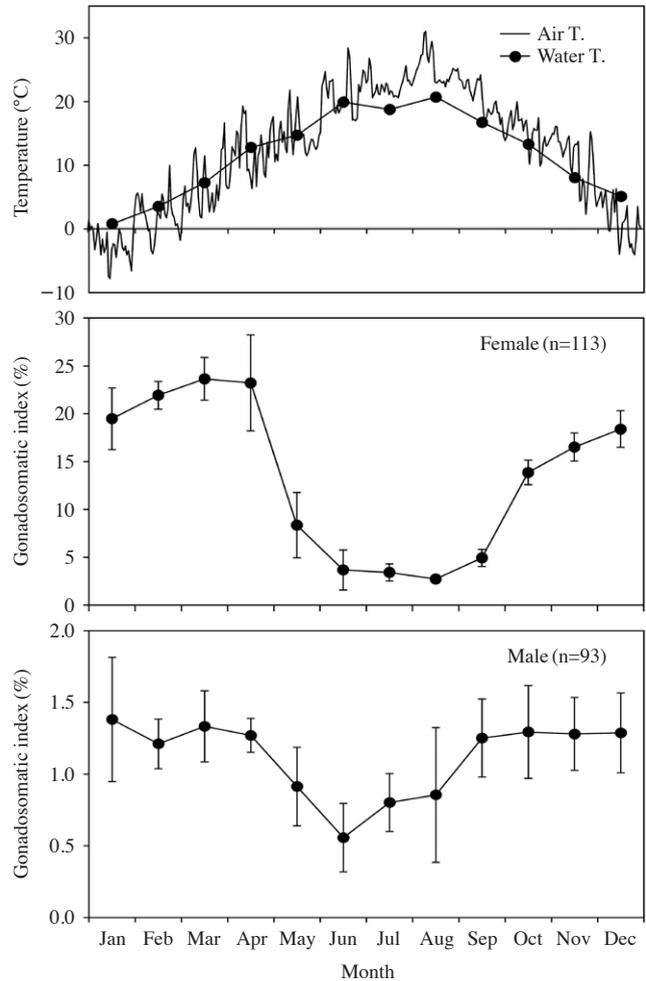
2. 성비

1월부터 12월 중 생식소가 성숙하여 암·수가 구별되는 달은 1월부터 5월, 11월부터 12월까지 7개월이었다(Table 1). 이 기간 중에 채집된 암컷은 701개체, 수컷은 514개체로 성비(♂/♀)는 0.73으로 나타나 암·수 간의 성비는 유의한 차이를 보여 1:1이 아니었다( $\chi^2 = 28.78, P < 0.05$ ). 월별로는 2월과 11월 12월이 유의한 차이를 보이지 않아 1:1이었으나( $\chi^2 < 3.84, P > 0.05$ ), 1월과 3월, 4월, 5월은 유의한 차이를 보여 1:1이 아니었다( $\chi^2 > 3.84, P < 0.05$ ).

3. 산란기 특징

1) 산란기 추정

산란기를 추정하기 위하여 매월 생식소성숙도(GSI)와 온도 변화를 조사하였다(Fig. 4). 암컷은 1월부터 4월까지 생식소성숙도가 20% 이상이었으며 약간씩 증가하는 경향을 보이다가 4월에 23.2±5.02%로 정점을 보였다. 하지만 5월에 8.4±3.41% 급격히 감소하고 이후 8월까지 조금씩 감소하여 8월에 2.7±0.34%로 최소치를 보였다. 이후 다시 생식소성숙도는 급격히 증가하여 10월에 13.4±0.90%, 12월에 18.4±1.91%로



**Fig. 4.** Change in temperature and gonadosomatic index (GSI) of *Orthrias toni* in the Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, from January to December, 2013. Air temperature data were obtained from WAMIS (2013).

증가하였다. 수컷은 1월부터 4월까지 1.2% 이상으로 높았으나 5월 0.9±0.27%, 6월 0.6±0.24%로 급격히 감소하여 최소치를 보였다. 이후 7월부터 다시 증가하기 시작하여 8월 0.9±0.47%를 보였고 9월부터 12월까지는 1.3% 이상으로 높았다. 따라서 생식소 성숙도가 급격히 감소하는 점과 6월에 당년생 치어(전장 27~48 mm)가 채집된 점으로 볼 때 산란기는 5월로 추정되었다. 또한 이때 채집된 수컷의 두부에 추성이 관찰되었으며, 수온은 14~17°C, 기온은 10~20°C 범위였다.

2) 포란수와 성숙난의 크기

암컷의 연령별 생식소성숙도와 포란수, 성숙난의 크기는 Table 2와 같았다. 생식소는 만 1년생 소수의 개체를 제외하고 만 1년생부터 만 4년생 이상까지 모두 성숙하였으며, 생식소성숙도는 연령이 증가함에 따라 각각 약 2배 가까이 증가하는 경향을 보였다. 난의 크기는 균일하였으며, 포란수는 1년생

**Table 2.** Gonadosomatic index, fecundity and matured egg diameter of *Orthrias toni* by age in the Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea, from fish collected in March and April, 2013.

	Age				Total
	1+	2+	3+	4+ ≤	
Total length (mm)	60~81	82~99	100~119	120~140	—
Number of individuals*	9	13	21	5	48
Body weight (g)	3.2±0.63	5.6±1.28	9.1±1.30	18.8±4.43	8.0±4.71
Gonadosomatic index of female (%)	9.7±2.68	18.6±5.88	20.3±6.45	27.4±4.74	18.6±7.31
Fecundity	955±451	2,863±1,294	5,342±1,983	11,211±2,546	4,460±3,302
Matured egg diameter (mm)**	0.85±0.03 (n=6)	0.88±0.01 (n=5)	0.86±0.02 (n=6)	0.88±0.03 (n=3)	0.87±0.03 (n=20)

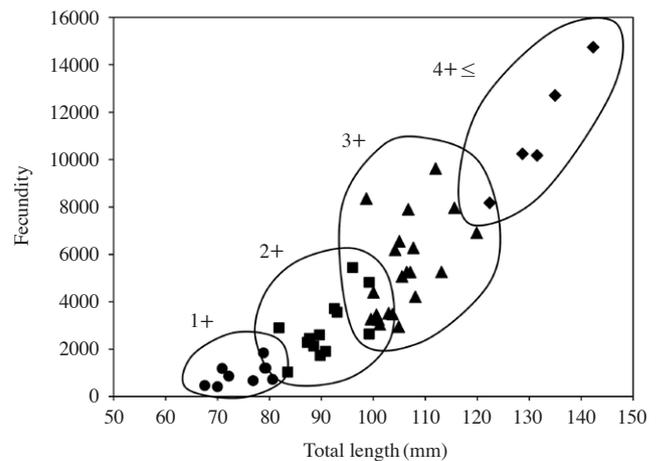
\*Data from sample collected in March and April; \*\*Data from sample collected only in April. 'n' is the number of individuals examined.

955±451개, 2년생 2,863±1,294개, 3년생 5,342±1,983개, 4년생 이상 11,211±2,546개로 연령이 높아지면서 포란수는 급격히 증가하였고 전체 평균은 4,460±3,302개였다(Fig. 5). 4월의 성숙란은 거의 완숙되어 있었으며 크기는 연령과 관계 없이 균일한 크기로 평균 0.87±0.03 mm였다. 5월에 배란된 성숙란은 회색으로 불투명하였으며 기질에 달라붙는 점착란이었다.

### 고찰

미꾸리아목(Cobitoidei) 어류는 종 또는 속에 따라 독특한 성적이형을 보이는 것으로 알려져 있는데, 미꾸리과(Cobitidae) 어류 대부분이 수컷 가슴지느러미에 골질반(lamina circularis)이 나타나고 공통적으로 전장 크기에 있어 암컷이 수컷보다 큰 경향을 보이며(Kim and Park, 2007; Kim, 2009; Kottelat, 2012), 기름종개속 *Cobitis* 어류 대부분은 산란기 전후로 수컷의 반문에 성적이형이 나타난다(Kim and Jeong, 1988; Kim et al., 2006; Ko, 2009). 또한 종개과(Balitoridae)의 쌀미꾸리 *Lefua costata* 수컷도 두 개의 짙은 검은줄이 나타나 암컷과 구별된다(Kim and Park, 2007). 그러나 종개 *Orthrias toni*의 성적이형을 조사한 결과 산란기에 수컷 두부에 추성이 관찰된 것 이외는 특별한 성적이형이 관찰되지 않았다. 또한 암·수의 연령별 전장에 대한 성적이형은 없었다(Fig. 2). 근연종인 *Barbatula barbatula*도 암컷과 수컷의 전장에 큰 차이가 없는 것으로 보고된 바 있다(Vinyoles et al., 2010).

종개의 성비(♂/♀)는 0.73으로 암컷이 수컷에 비해 유의하게 많았는데(Table 1), 같은 속의 대륙종개 *O. nudus*는 0.98(Byeon, 2010), 유럽에 서식하는 *B. barbatula*도 1.09(Erös, 2001)로 암·수 차이가 없었다. 같은 미꾸리상과에 속하는 우리나라 미꾸리과 어류의 성비는 참종개 *Iksookimia koreensis* 0.74(Kim, 1978), 왕종개 *I. longicarpa* 0.65(Kim and Ko, 2005), 북방종개 *I. pacifica* 0.63(Ko and Won, 2016), 동방종개



**Fig. 5.** Fecundity of *Orthrias toni* by total length and age in the Buk Stream, Goseong-gun, Gangwon-do, Korea from fish collected in March and April, 2013.

*I. yongdokensis* 0.69(Ko et al., 2016), 점줄종개 *C. nalbanti* 0.65(Ko and Park, 2011), 새코미꾸리 *Koreocobitis rotundicaudata* 0.78(Byeon, 2007), 수수미꾸리 *Kichulchoia multifasciata* 0.73(Chong, 1986) 등 다수가 0.6~0.8 사이로 나타나 본 종과 유사하였다.

종개의 성장은 수온이 10°C 이상 되는 4월부터 10월까지 성장을 하였으나 수온이 10°C 이하인 11월부터 이듬해 3월까지 거의 성장을 하지 않았다. 이러한 월별 성장 주기는 이미 보고된 우리나라 미꾸리과 어류들인 왕종개, 북방종개, 동방종개, 줄종개 *C. tetralineata*, 점줄종개, 기름종개 *C. hankugensis* 등과 비교적 유사하였다(Kim and Ko, 2005; Kim et al., 2006; Ko, 2009; Ko and Park, 2011; Ko and Won, 2016; Ko et al., 2016).

연령은 월별로 전장빈도분포도를 조사하여 추정된 결과, 산란기를 기준으로 1년생은 전장 60~81 mm, 만 2년생은 82~99 mm, 만 3년생은 100~119 mm, 만 4년생 이상은 120~140 mm로 추정되었으며, 연령균은 월에 따라 4~5개의 연령군이 관

**Table 3.** Comparison of total length by age in spawning season of the stone loach

Species	Total length (mm) by age					Reference
	1+	2+	3+	4+	5+	
<i>Orthrias toni</i>	60~81	82~99	100~119	120~140		Present study
<i>O. nudus</i>	58~99	100~120				Byeon, 2010
<i>Barbatula barbatula</i>	51~53	75~77	91	104		Erös, 2001
<i>Metaschistura cristata</i>	49	83	102	109		Smyly, 1955
	46	72	89	101	112	Sauvonsaari, 1971
	65	93	103			Mills <i>et al.</i> , 1983

**Table 4.** Comparison of egg size and fecundity of Balitoridae and Cobitidae in Korea

	Species	Egg size	Fecundity	Reference
Balitoridae	<i>Orthrias toni</i>	0.87 ± 0.03	4,460 ± 330	Present study
	<i>O. nudus</i>	0.75 ± 0.04	4,119 ± 2,416	Byeon, 2010
Cobitidae	<i>Iksookimia yongdokensis</i>	1.45 ± 0.03	2,292 ± 618	Ko <i>et al.</i> , 2016
	<i>I. koreensis</i>	1.10 ± 0.08	1,138 ± 431	Kim, 1978
	<i>I. pumila</i>	1.35 ± 0.08	328 ± 203	Kim and Lee, 1984
	<i>I. longicorpa</i>	1.32 ± 0.12	2,402 ± 944	Kim and Ko, 2005
	<i>I. hugowolfeldi</i>	1.30 ± 0.07	1,933 ± 530	Choi, 2003; Park, 2016
	<i>I. pacifica</i>	1.11 ± 0.04	2,503 ± 1,337	Ko and Won, 2016
	<i>Cobitis hankugensis</i>	0.98 ± 0.05	2,783 ± 1,543	Ko, 2009
	<i>C. lutheri</i>	1.09 ± 0.02	1,127 ± 453	Ko and Park, 2011
	<i>C. tetralineata</i>	0.98 ± 0.10	1,288 ± 583	Kim <i>et al.</i> , 2006
	<i>Koreocobitis rotundicaudata</i>	1.18 ± 0.09	1,365 ± 720	Byeon, 2007
	<i>K. naktongensis</i>	0.87 ± 0.05	22,643 ± 4,629	Hong <i>et al.</i> , 2011
	<i>Kichulchoia brevifasciata</i>	1.46 ± 0.07	69 ± 35	Ko and Bang, 2014
	<i>K. multifasciata</i>	1.78 ± 0.06	820 ± 207	Chong, 1986
	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1.1	16,430~40,000	Uchida, 1939
<i>M. mizolepis</i>	1.12	8,500~13,500	Kim <i>et al.</i> , 1987; 1992	

찰되었다. 이러한 결과는 이석과 아가미 뚜껑 (operculae)의 연륜으로 분석된 근연종 *Metaschistura cristata*의 3~5개 연령군 (Smyly, 1955; Sauvonsaari, 1971; Mills *et al.*, 1983), *B. barbatula*의 4개 연령군 (Erös, 2001)과 비교적 유사하였다. 하지만 우리나라에 서식하는 대륙종개는 산란기에 2개의 연령군만 나타나는 것으로 보고되어 차이를 보였다 (Byeon, 2010) (Table 3).

종개의 생식소성숙도는 산란 이후 9월부터 급격히 발달하여 월동기에 20% 안팎까지 성숙한 후 3~4월에 정점을 보인 후 5월에 감소하여 (Fig. 4), 근연종 대륙종개 및 *B. barbatula*와 유사한 생식주기를 보였으나 산란기는 6월로 차이를 보였다 (Byeon, 2010; Vinyoles *et al.*, 2010). 우리나라 미꾸리과 어류 중에서 수수미꾸리는 월동기까지 생식소성숙도가 20% 이상 성숙하고 5~6월에 산란한다고 보고되어 생식주기 및 산란기가 본종과 매우 유사하였지만 (Chong, 1986; Kim and Yang, 2016), 참종개속 및 기름종개속 어류는 월동기까지 생식소성숙도가 5% 미만으로 낮다가 봄에 급격히 성숙한 후 6월부터 7월에 산란하여 (Kim, 1978; Kim and Lee, 1984; Kim and Ko, 2005; Kim *et al.*, 2006; Ko, 2009; Ko and Park, 2011; Ko and Won, 2016; Ko *et al.*, 2016) 본 종과 생식주기가 거의 반대 경

향이었고 산란기도 큰 차이를 보였다.

포란수는 평균 4,460 ± 3,302개, 성숙란 크기는 0.87 ± 0.03 mm로 대륙종개의 포란수 (4,119 ± 2,416개)와는 유사하였으나 성숙란의 크기 (0.75 ± 0.04 mm)는 대륙종개보다 큰 편이었다. 이러한 포란수와 난경을 우리나라 미꾸리과 어류와 비교하면 (Table 4), 포란수는 얼룩새코미꾸리 (Hong *et al.*, 2011)와 미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus* (Uchida, 1939), 미꾸라지 *M. mizolepis* (Kim *et al.*, 1992)보다는 적은 편이었으나 그 외의 종들보다는 많은 편이었고, 난경은 미꾸리과 모두보다 작았다. 또한 성숙란은 회색으로 불투명하고 강한 점착성을 가지고 있어 비교적 투명하고 약한 점착성을 가지는 미꾸리과 어류와 차이를 보였다.

## 요 약

강원도 고성군 북천에서 종개 *Orthrias toni*의 생활사를 조사하여 생물학적 특징을 밝혔다. 성장은 수온이 10°C 이상 되는 4월부터 10월까지 빨랐으나 수온이 10°C 이하인 11월부터 이듬해 3월까지의 거의 멈추었다. 연령은 전장빈도분포도로

불 때 산란기인 5월을 기준으로 전장 60~81 mm는 만 1년생, 82~99 mm는 만 2년생, 100~119 mm는 만 3년생, 120~140 mm는 만 4년생 이상으로 추정되었다. 암컷과 수컷의 연령별 전장 범위는 거의 동일하였고, 성비(♂/♀)는 0.73으로 암컷이 많았다. 산란기는 생식소성숙도(GSD)로 추정된 결과 5월이었으며, 이때의 수온은 14~17°C였다. 생식소는 모든 연령이 성숙하였고, 연령이 높아지면서 포란수는 급격히 증가하였으며, 평균  $4,460 \pm 3,302$ 개였다. 성숙란의 크기는 연령과 상관없이 직경  $0.87 \pm 0.03$  mm로 비슷하였다.

## REFERENCES

- Aoyama, S. and T. Doi. 2011. Morphological comparison of early stages of two Japanese species of eight-barbel loaches: *Lefua echigonia* and *Lefua* sp. (Nemacheilidae). *Folia Zool.*, 60: 355-361.
- Byeon, H.K. 2007. Ecology of *Koreocobitis rotundicaudata* (Cobitidae) in the Naerin Stream, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 19: 299-305. (in Korean)
- Byeon, H.K. 2010. Ecological study of *Orthrias nudus* (Balitoridae) in the Eoron Stream of Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 22: 162-167. (in Korean)
- Cao, L., R. Causse and E. Zhang. 2012. Revision of the loach species *Barbatula nuda* (Bleeker 1865) (Pisces: Balitoridae) from North China, with a description of a new species from Inner Mongolia. *Zootaxa*, 3586: 236-248.
- Choi, E.K. 2003. Biology of the southern spined loach, *Iksookimia hugowolfeldi* (Pisces, Cobitidae). Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 42pp. (in Korean)
- Choi, J.K., C.R. Jang and H.K. Byeon. 2011. The characteristic of fish fauna by habitat type and population of *Zacco platypus* in the Tan Stream. *Korean J. Environ. Ecol.*, 25: 71-80. (in Korean)
- Chong, D.S. 1986. Morphological and bionomical studies of *Niwaella multifasciata* (Wakiya et Mori). Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 37pp. (in Korean)
- Erös, T. 2001. Life history of the stone loach, *Barbatula barbatula* in the Bükkös Stream (Hungary). *Folia Zool.*, 50: 209-215.
- Hofmann, N. and P. Fischer. 2001. Seasonal changes in abundance and age structure of burbot *Lota lota* (L.) and stone loach *Barbatula barbatula* (L.) in the littoral zone of a large pre-alpine lake. *Ecol. Freshw. Fish*, 10: 21-25.
- 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)
- Kim, D.S., J.H. Kim and I.S. Park. 1992. Induced and multiple spawnings by human chorionic gonadotropin injection of the loach, *Misgurnus mizolepis* (Teleostomi; Cobitidae). *J. Aquacult.*, 5: 109-115. (in Korean)
- Kim, H.S. and H. Yang. 2016. Spawning period and spawning characteristics of *Kichulchoia multifasciata* (Pisces: Cobitidae) in the Yugokcheon (stream) of Nakdonggang (river). *Korean J. Ichthyol.*, 28: 93-99. (in Korean)
- Kim, I.S. 1978. Ecological studies of cobitid fish, *Cobitis koreensis* in Jeonju-cheon Creek, Jeonrabug-do province, Korea. *Korean J. Ecol.*, 2: 9-14. (in Korean)
- Kim, I.S. 1997. Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea, Vol. 37, Freshwater Fishes. Ministry of Education, Yeongi, 518pp. (in Korean)
- Kim, I.S. 2009. A review of the spined loaches, family Cobitidae (Cypriniformes) in Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 21(supplement): 7-28.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2007. Freshwater Fishes of Korea. Kyohak Publishing Co., Ltd., Seoul, 467pp. (in Korean)
- 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 M.T. Jeong. 1988. Seasonal variation of the color pattern in the Cobitid fish *Cobitis taenia lutheri* form Korea. *Korean J. Ecol.*, 11: 77-82. (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, Y.U., D.S. Kim and Y.S. Park. 1987. Development of eggs, larvae and juveniles of loach, *Misgurnus mizolepis* Günther. *Bull. Korean Fish. Soc.*, 20: 16-23. (in Korean)
- Ko, M.H. 2009. Reproductive mechanisms of the unisexual diploid-triploid hybrid complex between the spined loach *Cobitis hankugensis* and *Iksookimia longicorpa* (Teleostei, Cobitidae) in Korea. Doctoral Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 160pp. (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)
- 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 Y.J. Won. 2016. The age and spawning characteristics of the Korean endemic spine loach, *Iksookimia pacifica* (Pisces: Cobitidae) in the Bukcheon (stream), Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 28: 72-78. (in Korean)
- Ko, M.H., Y.S. Jeon and Y.J. Won. 2016. The habitat, age and spawning characteristics of the Korean eastern spined loach, *Iksookimia yongdokensis* (Pisces: Cobitidae) in the Chuksancheon (stream), Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 28: 72-78. (in Korean)

- Kottelat, M. 2012. Conspectus Cobitidum: An inventory of the loaches of the world (Teleostei: Cypriniformes: Cobitoidei). *Raffles B. Zool.*, Suppl. 26: 1-199.
- Lee, H.G. and J.K. Choi. 2015. The characteristic of fish community following the restoration of Yangjae Stream. *Korean J. Environ. Ecol.*, 29: 873-883. (in Korean)
- Lee, H.Y., K.J. Jee and E.K. Jung. 1990. Characteristics and variations of the chromosomal constituents of Korean *Nemacheilus toni* (Pisces, Cobitidae). *Koreana J. Genetics*, 12: 256-262. (in Korean)
- Lee, W.O., M.H. Ko, J.M. Bak, D.H. Kim, H.J. Jeon and K.H. Kim. 2010. Characteristics of fish fauna and community structure in Buk Stream of Goseong, Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 22: 238-248. (in Korean)
- ME (Ministry of Environment). 2007. Research and planning guidelines of aquatic ecosystems health assessments. Ministry of Environment. Incheon, 334pp. (in Korean)
- Mills, C.A., J.S. Welton and E.L. Rendle. 1983. The age, growth and reproduction of the stone loach *Noemacheilus barbatulus* (L.) in a Dorset chalk stream. *Freshwater Biol.*, 13: 283-292.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the World* (Fifth edition). John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey, p. 192.
- NIER (National Institute of Environmental Research). 2015. Survey and Evaluation Method for River and Stream Ecosystem Health Assessment. National Institute of Biological Resources. Incheon, 116pp. (in Korean)
- Park, C.S. and H.Y. Lee. 1991. Systematic study on the fishes of family Cobitidae (Pisces: Cypriniformes): Extensive variation in mitochondrial DNA among geographic populations of *Nemacheilus toni*. *Korean J. Ichthyol.*, 3: 140-147.
- Park, C.W. 2016. Ecology of the endemic Korean southern king spine loach, *Iksookimia hugowolfeldi*. Master Thesis, Chonbuk National University, Jeonju, 56pp. (in Korean)
- Park, J.Y. and I.S. Kim. 2003. Skin and its gland cells of a neamcheiline loach, *Orthrias nudus* (Pisces: Balitoridae) in Korea. *Korean J. Ichthyol.*, 15: 19-25.
- Park, J.Y., S.H. Kim, M.H. Ko, M.K. Oh and J.C. Shin. 2009. Change of ichthyofauna and fish community on natural stream restoration in Jeonju-cheon stream, Jeollabuk-do, Korea. *Korean J. Environ. Ecol.*, 23: 281-291. (in Korean)
- Patimar, R., K.M. Rishkhorri and A. Sabiani. 2011. Age, growth and reproductive characteristics of the Turkmenian crested loach *Metaschistura cristata* (Nemacheilidae). *Folia Zool.*, 60: 302-307.
- Ricker, W.E. 1971. Methods for assessment of fish production in freshwater. *IBP Hand Book*, 3: 112-113.
- Saat, T., G. Lauringson and J. Lees. 2003. Reproduction of the stone loach, *Barbatula barbatula* (L.) in Estonia. *Folia Biol.*, 51: 193-197.
- Sauvonsaari, J. 1971. Biology of the stone loach (*Nemacheilus barbatulus* L.) in the lakes Päijänne and Pälkänevesi, Southern Finland. *Ann. Zool. Fenn.*, 8: 187-193.
- Smyly, W.J.P. 1955. On the biology of the stone-loach *Nemacheilus barbatula* (L.). *J. Anim. Ecol.*, 24: 167-186.
- Uchida, K. 1939. The Fishes of Tyosen. Part I. Nematognathi, Eventognathi. *Bull. Fish Exp. Sat. Gov. Gener. Tyōsen*, pp. 400-458. (in Japanese)
- Vinyoles, D., A.D. Sostoa, C. Franch, A. Maceda-Veiga, F. Casals and N. Caiola. 2010. Life-history traits of the stone loach *Barbatula barbatula*. *J. Fish Biol.*, 77: 20-32.
- WAMIS. 2013. Hydro/meteorology, Sokcho Station. Retrieved from <http://www.wamis.go.kr>. version (12/2013).
- Yang, S.Y., H.Y. Lee, H.J. Yang and J.H. Kim. 1991. Systematic study on the fishes of the family Cobitidae (Pisces: Cypriniformes): I. Geographic variation of *Nemacheilus toni*, *Lefua costata*, and *Niwaella multifasciata*. *Korean J. Zool.*, 34: 110-122.