

# 멸종위기어류 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae)의 수조 내 산란행동

홍양기 · 양 현<sup>1</sup> · 방인철<sup>2,\*</sup>

국립중앙과학관, <sup>1</sup>(주)생물다양성연구소, <sup>2</sup>순천향대학교 생명과학과

**The Spawning Behaviour of the Endangered Freshwater Fish *Koreocobitis naktongensis* (Cypriniformes: Cobitidae) under Artificial Conditions by Yang-Ki Hong, Hyun Yang<sup>1</sup> and In-Chul Bang<sup>2,\*</sup>** (National Science Museum, Daejeon 34143, Republic of Korea; <sup>1</sup>Institute of Biodiversity Research, Jeonju 54904, Republic of Korea; <sup>2</sup>Department of Biology, Soonchunhyang University, Asan 31538, Republic of Korea)

**ABSTRACT** The Nakdong nose loach, *Koreocobitis naktongensis* is an endangered freshwater fish endemic to Korea. The spawning behaviour of the *K. naktongensis* was observed after treating Ovaprim in laboratory aquarium from 20~27 April 2010. The behavioral patterns were categorized into three stages of pre-spawning, spawning and post-spawning behaviors. Before spawning *K. naktongensis* usually repeated taking a rest and swimming. On average, initial spawning activity started 11 to 12 hours later after injection with Ovaprim. During the spawning period, the number of spawning acts ranged from 1 to 18. The spawning ratio of female to male was 1 : 1. The male embraced the back of the female's dorsal fin with his lamina circularis. It looked like a complete circle at that time. After spawning, parental care was not observed. Individuals not participating in spawning have been observed to feed on some of the fertilized eggs.

**Key words:** *Koreocobitis naktongensis*, endangered freshwater fish, endemic, spawning behaviour

## 서 론

잉어목(Cypriniformes)에 속하는 미꾸리과(Cobitidae) 어류는 유라시아(Eurasia)와 모로코(Morocco)의 강과 하천에 서식하는 저서성 소형어류로 약 21속 195종이 알려져 있으며, 국내에는 북한에 서식하는 부포미꾸리과 *Misgrunus buphoensis* 1종을 제외하고 5속 16종이 분포한다(Nelson *et al.*, 2016; Chae *et al.*, 2019). 이 중 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*는 우리나라 고유종으로 낙동강의 돌과 자갈이 많이 깔린 중·상류 지역에 제한적으로 서식하는 저서성 어류이다(Kim *et al.*, 2000; Kim and Park, 2002). 최근 댐 건설, 하천 개수, 골재 채취, 수질오염 등에 의한 수 환경 변화로 인해 서식지가 교란되고, 서식 개체수가 급감하고 있어서 환경부는 멸종위기 야생생

물 I급으로 지정하여 보호하고 있다(Kim and Park, 2002; ME, 2017).

멸종위기종의 종 보전 및 생태계 복원을 위한 방법의 일환으로 인공증식을 통한 종묘방류가 이루어지는데, 이를 위해서 종의 번식생물학적 특성에 대한 조사가 선행되어야 한다. 실험 조건에서의 인공번식에 대한 연구는 멸종위기 담수어류의 종묘생산 증대 및 종 복원을 위한 보전 방법으로 종종 시행된다(Philippart, 1995; Poncin and Philippart, 2002). 본 종의 경우 난 발생 및 자치어 형태 발달에 대한 초기 생활사 연구(Song *et al.*, 2009)는 수행되었으나 산란행동에 대한 연구는 이루어지지 않았다.

미꾸리과 어류에 대한 산란행동 연구는 국내의 경우 호르몬을 이용한 미호종개의 수조 내 산란행동(Lee, 2009)이 유일하며, 국외의 경우 미꾸리(Tsukahara, 1948), *Cobitis delicata* (Suzuki, 1966), *Leptobotia curta* (Abe *et al.*, 2007)의 자연 상태에서의 산란행동 연구 이외에 *Cobitis taenia* (Bohlen, 1999),

저자 직위: 홍양기(해양수산연구소), 양 현(소장), 방인철(교수)  
\*Corresponding author: In-Chul Bang Tel: 82-41-530-1286,  
Fax: 82-41-530-1638, E-mail: incbang@sch.ac.kr

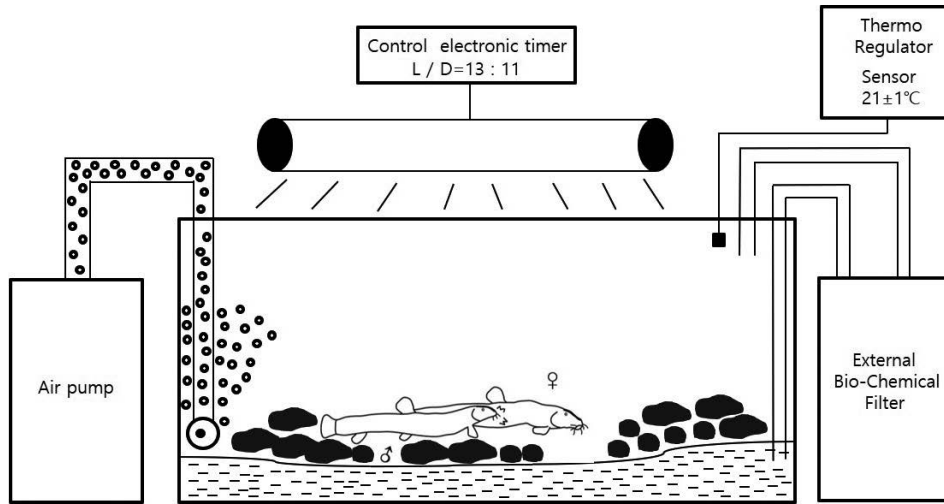


Fig. 1. Schematic drawing of the spawning aquarium for *Koreocobitis naktongensis*.

*Lefua* sp. (Aoyama *et al.*, 2005), *Sabanejewia vallachica* (Bohlen, 2008) 등은 수조 내에서 이루어진 산란행동에 대해서만 보고되었다.

따라서 본 연구에서는 지속적인 서식지 파괴와 개체군 감소로 멸종위기에 처해있는 얼룩새코미꾸리를 대상으로 산란행동 및 산란특성을 밝히고, 유연종과의 차이를 비교하여 본 종의 복원을 위한 자료를 확보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험어 채집

본 실험에 사용된 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*는 한국의 멸종위기 야생생물 1급으로 지정하여 보존하고 있으므로, 낙동강유역환경청의 포획허가(제2009-02호)를 취득한 후 2010년 4월 남강 상류인 경상남도 산청군 일원에서 채집하였으며, 개체군의 보호를 위해 자세한 지명과 위치를 나타내는 지도는 표시하지 않았다. 채집은 낚장망(망목 4×4 mm)을 이용하여 가슴지느러미의 형태와 골질반(lamina circularis)의 유무로 성별을 구분하여 암·수를 채집하였고, 채집 당일 산란 가능 여부를 판단한 후 산란행동 실험에 이용될 친어를 제외하고 나머지 개체는 채집된 장소에 방류하였다.

### 2. 실험 수조

실험에 이용된 수조는 투명한 유리수조(W/H/D/ = 125 cm × 45 cm × 45 cm)를 사용하여 전면부를 제외한 나머지 면은 암 처리를 하여 외부 자극을 최소화하였다. 각 수조는 외부여과기(Jebo 829, China)를 이용하여 순환 여과식으로 시설하였고, 바

닥은 자연서식지와 유사하게 모래와 자갈, 돌을 1:4:5의 비율로 혼합하여 약 5 cm 정도 깔아 은신처를 제공하였다(Fig. 1). 수조 내 용존산소는 공기펌프를 이용하여 지속적으로 8 mg/L 이상이 되게 관리하고, 수온은 자동조절히터(Philgreen PH-200, China)를 이용하여 실험기간 내내 21±1°C로 조정하였으며 광조건(L/D=13:11)이 일정하게 유지되는 조건에서 관찰하였다. 먹이는 배합사료(넙치 종묘 생산용)와 냉동 Blood worm을 공급하였다.

### 3. 산란유도

실험에 사용된 얼룩새코미꾸리는 암컷 10마리(평균 전장 198.8±10.5 mm, 평균 체중 47.4±4 g)와 수컷 26마리(평균 전장 176.5±15.5 mm, 평균 체중 34.6±3.9 g)로, 실험실로 가져와 전장(Total length, TL)은 Vernier calipers (Mitutoyo, Japan)로 0.1 mm까지, 체중(Body weight, BW)은 전자저울(CAS, Korea)을 이용하여 0.1 g까지 측정 한 후 암컷 1개체와 수컷 1개체씩 1:1, 암컷 2개체와 수컷 4개체씩 1:2, 암컷 2개체와 수컷 8개체씩 1:4의 비율로 각각 2회 반복 실험하였다(Table 1). 자연산란 유도를 위하여 채집 당일 암컷과 수컷의 복강에 성 성숙 호르몬 Ovaprim (Syndel, Canada)을 1 g당 0.001 mL의 농도로 주사한 후 수조에 수용하였다.

### 4. 산란행동

산란행동 관찰은 육안관찰과 병행하여 디지털 카메라(Nikon D200, Japan)와 비디오 캠코더(Sony HDR-CX12, Japan)로 촬영 및 녹화한 후 비교 분석하였다. 1회 산란량은 캠코더에 녹화된 영상을 모니터로 확대하여 수를 세었고, 산란횟수에 비례하여 암컷 1마리의 총 산란량을 추정하였다.

**Table 1.** Experimental fish data on the spawning of *Koreocobitis naktongensis* observed under artificial condition

Pair no.	Spawning ratio	Female			Male			Total number of spawning acts
		Name	TL(mm)	W (g)	Name	TL(mm)	W (g)	
I	1 : 1	F1	200	49.3	M1	190	39.5	5
II	1 : 1	F2	285	49.5	M2	168	22.7	0
III	1 : 2	F3	208	45.5	M3	180	28.8	1
		F4	195	40.1	M4	185	35.7	0
					M5	190	32.5	
					M6	200	39.5	
IV	1 : 2	F5	205	49.1	M7	187	32.9	3
		F6	205	42.8	M8	194	37.7	0
					M9	195	38.3	
					M10	195	39.2	
V	1 : 4	F7	285	49.5	M11	250	32.6	18
		F8	285	44.3	M12	255	34.3	0
					M13	255	36.6	
					M14	255	30.1	
					M15	260	35.2	
					M16	260	37.7	
					M17	260	36.6	
					M18	260	36.6	
VI	1 : 4	F9	210	52.2	M19	165	28.1	7
		F10	210	51.8	M20	175	33.1	0
					M21	180	36.8	
					M22	185	36.4	
					M23	185	34.5	
					M24	185	34.7	
					M25	185	34.8	
					M26	190	35.3	
Total	6	10		26			34	

## 결 과

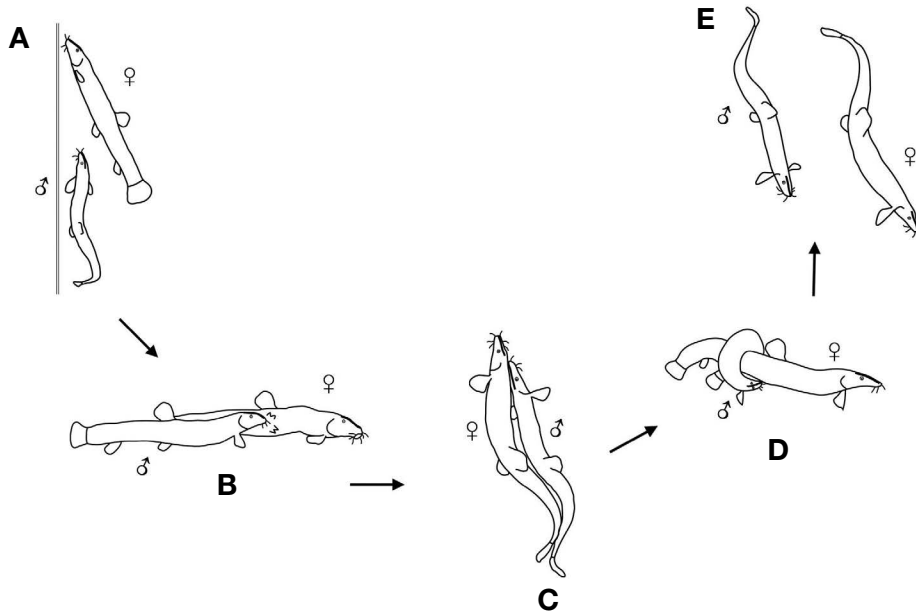
### 1. 산란행동

실험에 이용한 얼룩새코미꾸리 수컷과 암컷은 체색 및 체측 반문의 변화는 보이지 않았으나 암컷의 경우 난 성숙으로 인하여 복부가 팽대하였다. 얼룩새코미꾸리의 산란행동은 수컷과 암컷의 상호 간 행동과 반응에 중점을 두고 크게 산란 전 단계 (Pre-spawning phase), 산란 단계 (spawning phase), 산란 후 단계 (Post-spawning phase)로 구분하였으며 이에 대한 세부적인 분석은 Table 2와 Fig. 2에서 제시하였다.

#### 1) 산란 전 단계(Pre-spawning phase)

산란 전 단계에서는 휴식, 수직유영, 지그재그 유영 등 3가지

행동이 관찰되었다. 수조에 수용된 직후에는 별다른 움직임이 없이 양쪽으로 흩어져 휴식을 취하였다. 이후 암컷은 수조의 양쪽 모서리 부분에서 위아래로 수직 및 지그재그 유영을 하거나 수면을 따라서 유영을 하고 내려오면서 두부로 수조 바닥의 기질을 접촉하는 행동을 보였다. 수컷의 경우에는 자유 유영을 하거나 암컷을 찾아 따라다니는 모습을 보였다. 그러나 암컷이 먼저 수컷 주위로 유영하여 수컷의 접근을 유도하는 행동도 관찰되었으며, 이에 반응한 수컷이 암컷의 뒤를 따라가는 행동을 하였다. 암컷이 유영 속도를 늦추거나 휴식을 취하면 수컷들은 두부를 이용하여 암컷의 복부를 자극하는 행동을 보였으며 소등 이후부터 산란 전까지 이러한 행동은 다수에 걸쳐 관찰되었다. 첫 산란 시까지 걸리는 시간은 7.58~16.17 hr (평균 11.36 hr, n=6)로 나타났다(Fig. 3).



**Fig. 2.** Schematic drawing of the main behavioral elements during spawning of *Koreocobitis naktongensis* (A, vertical and zig-zag swimming; B, approaching and beating; C, swimming side by side; D, spawning; E, separation).

**Table 2.** Stages and periods of spawning behavioral patterns observed under artificial condition of *Koreocobitis naktongensis*

Phase	Stage	Behaviors
Pre-spawning	Resting	The fish are separating each other for resting
	Vertical swimming	The fish swims slowly, vertical along structures
	Zig-zag swimming	The fish swims slowly like Zig-zag dance
Spawning	Approaching and beating	The male tries to beat the female at the head and abdomen
	Spawning	The male wrapping his body around the female's body
	Separation	After spawning the fish are separating each other
Post-spawning	Resting	After spawning the fish swims or take a rest
	Eggs eating	Some eggs eaten by except spawners

**2) 산란 단계(spawning phase)**

산란 단계에서는 접근 및 자극, 산란, 분리 등 3가지 행동이 관찰되었다. 산란단계 지속 시간은 0.62~9.25 hr (평균 4.57 hr, n=6)으로 산란 전 단계에 비해 짧았고 산란 간격은 5회 이상 산란한 경우 평균 0.24 hr이었다. 실험한 모든 실험구에서 호르몬 주사 후 7시간이 지난 뒤부터 암·수 모두 움직임이 활발해졌으며, 수컷은 주둥이로 산란 준비가 된 암컷의 복부와 두부를 자극하였다. 수컷의 자극에 반응한 암컷은 수면 위아래로 올라갔다 내려오는 행동을 하였고 산란에 임박해서는 수컷 1~3 개체가 암컷 한 마리를 따라다니며 이 같은 행동을 반복하였다. 수컷의 자극에 반응한 암컷은 순간적으로 수면 위로 솟구쳐 올라갔고 동시에 수컷은 평행하게 몸을 붙인 채 유영하였다. 이후 수컷이 암컷의 등지느러미 뒷부분의 몸을 골질반을 이용하

여 원의 형태로 몸을 감싸 안고, 암컷은 생식공을 수면 위로 향하게 몸을 틀며 수중에서 1:1로 산란 및 방정이 이루어졌다. 산란을 마친 암컷과 수컷은 떨어져 수조 바닥에서 휴식을 취하였고 이후 수차례 추가 산란이 이루어졌다. 산란을 마치기 전까지 암컷은 산란 전 유영을 계속하였고 수컷은 암컷의 복부와 두부를 계속 자극하여 산란을 유도했다. 산란 단계에서 관찰된 행동은 암컷과 수컷의 비율에 상관없이 모든 실험군에서 동일하게 관찰되었다.

**3) 산란 후 단계(Post-spawning phase)**

산란 후 단계에서는 휴식 및 난 섭식 행동이 관찰되었다. 산란을 마친 친어들은 움직임이 느려졌고 유영을 계속하거나 주로 수조 바닥에서 쉬는 모습을 보였다. 암컷과 수컷의 비율

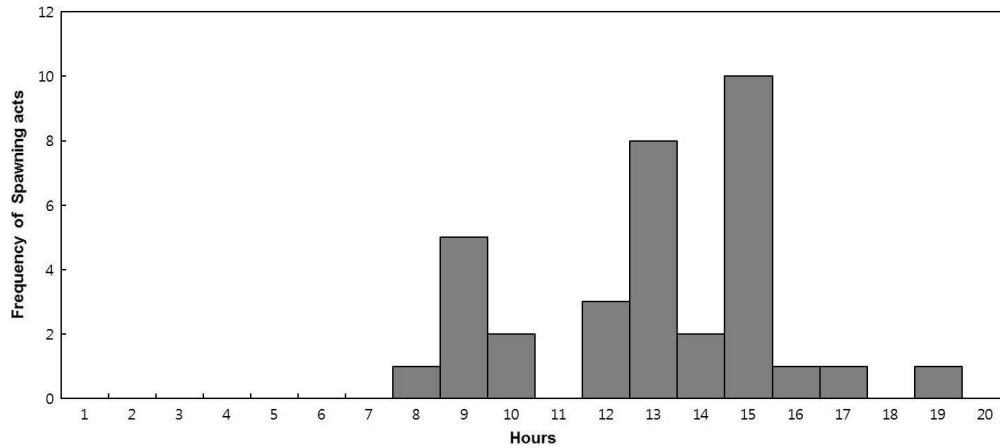


Fig. 3. The frequency of Spawning acts and elapsed time after Ovaprim injection into *Koreocobitis naktongensis*, based on total 34 spawning acts, during the experimental period.

(1:1, 1:2, 1:4)을 달리한 모든 실험군(n=6) 중 각각의 비율로 구성된 1개의 실험군에 사용된 암컷에서만 산란이 이루어졌다. 나머지 암컷(50%)은 산란에 성공하지 못하였고 체내에 과숙된 알을 가지고 있었으며, 산란에 참여한 암컷들도 전부 산란하지는 못하였다. 산란 후 특별한 난 보호 행동은 보이지 않았으며, 산란에 참여하지 않은 개체들이 일부 수정란을 섭취하였다.

### 2. 산란방식

2010년 4월 20~27일까지 총 6회 실험을 진행한 결과 5회 산란행동을 관찰하였다. 얼룩새코미꾸리의 산란행동 연구를 위해 사용된 친어들 중 수컷(n=26)의 평균 전장은 176.5 mm (150~200 mm), 평균 체중은 34.6 g (22.7~39.5 g)였고, 암컷(n=10)의 평균 전장은 198.8 mm (185~210 mm), 평균 체중은 47.4 g (40.1~52.2 g)였다(Table 1). 이 개체들은 수온이 20°C 이상으로 상승하면 움직임 횟수가 증가하였으며 20.2~21.5°C에서 산란행동을 보였다. 산란행동과 산란은 소등 후 관찰되었으며, 암컷과 수컷의 비율에 따른 총 6회의 실험 동안 실제 산란한 횟수는 1~18회(평균 5.6회)로 관찰되어 암·수 비율에 관계없이 다회 산란하였다(Table 1). 한편 호르몬 주사 후 첫 산란 시까지 걸리는 시간은 7.58~16.17 hr (평균 11.36 hr)으로, 주사 후 14~15시간까지는 산란횟수가 점차 증가하여 정점에 이른 뒤 급격하게 감소하였다. 19시간 이후까지 산란을 하지 못한 암컷의 복부를 자극하면 과숙된 알들이 흘러나왔다(Fig. 3). 산란 지속 시간은 0.62~9.25 hr (평균 4.57 hr), 산란 간격은 5회 이상 산란한 경우 평균 0.24 hr이었다. 1회 산란량은 비디오 캠코더에 녹화 후 모니터로 확대하여 갯수를 세어 본 결과 약 230~390 개(평균 299개)가량이었으며, 암·수 비율에 따른 각 실험군별 산란횟수에 비례하여 얼룩새코미꾸리의 암컷 1마리의 자연산란 시 총 산란량을 추정한 결과 약 2,033개로 나타났다.

### 고찰

본 연구는 멸종위기어류 얼룩새코미꾸리의 산란행동 및 산란특성에 대한 보고로서 이를 바탕으로 본 종의 인공증식 기술 개발 시 유용한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다. 암컷의 경우 산란 시기에 성숙난으로 인하여 복부가 팽대되었다. 이 같은 결과는 이전에 연구된 *Koreocobitis*속, *Misgurnus*속, *Paramisgurnus*속(Kim et al., 1997; Vasil'eva, 2001)과 일치하였으나 *Sabanejewia*속 수컷의 경우 복부가 수직으로 팽대된다고 보고되어 차이를 보였다(Bohlen, 2008). 또한 산란기의 특별한 성적이형은 발견되지 않았다.

호르몬 처리에 의한 수조 내 산란행동을 관찰한 결과 산란 전 1~4마리의 수컷이 1마리의 암컷을 자극하거나 함께 유영하다가 산란 시에는 암·수 1:1로 다회 산란하였다. 산란횟수는 국내에서 호르몬 처리에 의한 산란행동을 보고한 미호종개(Lee, 2009)의 약 15~25회(평균 20회), 메기 *Silurus asotus* (Choi and Lee, 1997)의 다회 산란과 유사하였고, 호르몬을 처리하지 않고 실험실 내 수조에서 자연산란을 한 *C. taenia*는 14~18회(평균 16회), *Sabanejewia vallahica*는 1시간에 5회로 호르몬을 처리한 본 실험결과와 직접적인 비교는 어려우나 1회 이상 다회 산란하는 특성은 유사하게 나타났다(Bohlen, 1999, 2008). 호르몬 처리 후 첫 산란 시까지 걸리는 시간은 태반성 성선 자극 호르몬(Human Chorionic Gonadotropin)을 처리한 메기의 14~15시간보다는 빨랐으며, 미호종개의 10시간에 비해서는 느려 차이를 보였으나 이 같은 결과는 동일한 호르몬 처리에 의한 실험이 아니었기 때문에 직접적인 비교는 어려웠다(Choi and Lee, 1997; Lee, 2009).

미꾸리과 어류의 산란행동을 비교해 보면 골질반을 이용하여 몸을 둥글게 만든 뒤 암컷의 몸을 조여 산란을 하는 행동

은 미꾸리(Tsukahara, 1948), 미호종개(Lee, 2009), *C. taenia* (Bohlen, 1999)의 산란행동과 유사하였으나 수컷이 몸을 ‘V’자로 만들어 암컷의 복부를 압박하여 산란하는 *S. vallachica* (Bohlen, 2008)와 암·수 붙어서 몸을 떨며 모래 바닥을 파고들며 산란을 하는 *Lefua* sp. (Aoyama *et al.*, 2005)와는 차이를 보였다. 한편 산란 시 *Sabanejewia*속 수컷의 경우 V자 형태를 취하는 반면 *Misgurnus*속, *Cobitis*속 수컷의 경우 몸을 둥글게 원으로 만들어 행동에 차이를 언급하면서 이는 *Sabanejewia*속 수컷의 경우 골질반이 없어 산란 시 몸을 둥글게 만들 필요가 없으며 아울러 수컷이 암컷에 비해 개체의 크기 또한 작을 필요가 없다고 보고하였다(Bohlen, 2008). 얼룩새코미꾸리의 경우 수컷이 골질반을 가지고 산란 시 암컷의 복부를 압박하는 데 이용하며 일반적으로 개체의 크기도 암컷에 비해 작아 Bohlen이 언급한 내용과 유사한 경향을 나타내었다. 산란 전 수조 바닥에서 휴식을 취하거나 수컷이 암컷의 복부를 자극하는 행동 및 암컷의 뒤를 따르며 유영하는 행동 등은 미꾸리, *C. taenia*, 미호종개의 산란 전 행동과 유사하였고(Tsukahara, 1948; Bohlen, 1999; Lee, 2009) 암컷이 수조 내 기질을 입으로 접촉하는 행동은 *S. vallachica*의 산란 전 암컷의 행동과 비슷하였다(Bohlen, 2008).

어류의 번식전략은 알 또는 자치어의 보호 여부에 따라 보호하지 않는 형태(nonguarders), 보호하는 형태(guarders) 그리고 품는 형태(bearers)로 구분할 수 있다(Balon, 1975; Balon, 1984). 얼룩새코미꾸리는 산란 후 난을 보호하지 않는 번식전략을 보였으며, 이러한 행동 양식은 이전에 연구된 좁구굴치 *Micropercops swinhonis*, 얼룩동사리 *Odontobutis interrupta*, 꺾지와 같이 바위나 돌과 같은 기질에 산란하고 난을 보호하는 행동양식과는 차이를 보였다(Kim and Kim, 1996; Choi and Na, 2000; Kim and Park, 2002). 또한 본 종은 난을 흩어뿌리는 행동을 보여 밀도가 높은 식물에 산란을 하는 *C. taenia*나 바위 밑 모래가 있는 곳에 산란을 함으로써 천적의 위험을 줄이는 *Lefua* sp.와는 차이를 보였고, 난을 흩어뿌리는 미호종개와 *S. vallachica*와는 유사하였지만 호르몬 처리에 의한 수조 내 인공산란유도이기 때문에 본 종의 자연생태계 내에서의 산란행동 특성에 대해서는 정확한 파악이 불가능하였으나 산란된 난을 보호하지 않은 습성은 비슷하였다(Bohlen, 1999; Aoyama *et al.*, 2005; Bohlen, 2008; Lee, 2009).

얼룩새코미꾸리는 산란 시 수정난을 수중에 흩어뿌려 산란장소에 대한 기질 선택성은 없는 것으로 추정되었으며, 난은 구형의 침성 점착난이었다. 산란 장소에서는 *C. taenia*는 비점착성 난을 가지며 밀도가 높은 식물에 산란을 하였고, 일본산 *Lefua* sp.는 모래 바닥 속에 산란을 하여 기질에 대한 차이를 보였다(Bohlen, 2003; Aoyama *et al.*, 2005). 그러나 *S. vallachica*, 미꾸리, 미호종개의 난은 점착성 난을 가지며 흩어뿌리는 산란방식을 나타내어 본 종과 유사하였다(Breder and Rosen, 1966;

Bohlen, 2000; Lee, 2009). 한편 산란장소에 있어서 *C. taenia* (Bohlen, 2003)는 밀도가 높은 식물에 산란함으로써 난이 포식자와 외부 환경에 따른 유실 등에 덜 노출되어 포식당할 확률을 낮게 추정하였고, *S. vallachica*의 경우 산란 전 암컷의 유영은 적절한 산란장소를 찾기 위한 행동이며 점착성의 난의 특성으로 볼 때 자갈이나 돌과 같은 단단한 기질 표면에 산란할 것으로 추정하여 종마다 산란장소에 대한 기질 특이성을 언급하였다(Bohlen, 2000). 얼룩새코미꾸리는 침성점착난을 가지며 흩어뿌리는 산란방식으로 볼 때 *S. vallachica*의 경우와 유사할 것으로 추정되나, 본 연구에서는 호르몬 처리에 의한 수조 내에서 이루어진 산란 유도이기 때문에 보다 정확한 산란량 및 산란습성을 알기 위해서는 추후 직접 숫자를 세거나 다양한 기질 조건에 따른 산란행동 실험 및 자연상태에서 산란행동 관찰 등의 연구가 추가되어야 할 것으로 판단된다.

## 요 약

멸종위기에 처한 우리나라 고유 담수어류인 얼룩새코미꾸리 *Koreocobitis naktongensis*의 호르몬 처리에 의한 산란행동을 관찰하기 위하여 2010년 4월 20~27일까지 산란시기에 성 성숙 호르몬(Ovaprim)을 주사하여 산란행동을 관찰하였다. 산란행동을 분석한 결과 산란 전 행동, 산란행동, 산란 후 행동으로 구분되었다. 산란 전에는 주로 휴식과 유영을 반복하였다. 호르몬 주사 후 평균적으로 11~12시간 경과하면 산란행동을 시작하여 암·수 1:1로 1~18회 산란하였고, 수중에서 수컷이 골질반을 이용하여 암컷의 등지느러미 뒷부분의 몸을 원의 형태로 감싸 안고 산란이 이루어졌다. 산란 후 행동에서는 특별한 난 보호행동은 보이지 않았으며 산란에 참여하지 않은 개체들이 수정란 일부를 섭식하는 것이 관찰되었다.

## 사 사

본 연구는 환경부 차세대핵심환경기술개발사업(과제번호 052-091-077) 및 순천향대학교의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

- Abe, T., I. Kobayashi, M. Kon and T. Sakamoto. 2007. Spawning behavior of the kissing loach (*Leptobotia curta*) in temporary waters. *Zool. Sci.*, 24: 850-853. <https://doi.org/10.2108/zsj.24.850>.
- Aoyama, S., T. Doi and K. Baba. 2005. Spawning habits of fluvial eight-barbel loach *Lefua* sp. observed in captivity. *Ichthyol.*

- Res., 52: 237-242. <https://doi.org/10.1007/s10228-005-0274-6>.
- Balon, E.K. 1975. Reproductive guilds in fishes: a proposal and definition. *J. Fish. Res. Board Can.*, 32: 821-864.
- Balon, E.K. 1984. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. In: Potts G.W. and R.J. Wootton (eds.), *Fish Reproduction: Strategies and Tactics*. Academic Press, London, U.K., pp. 35-53.
- Bolhen, J. 1999. Reproduction of spined loach, *Cobitis taenia* (Cypriniformes; Cobitidae) under laboratory conditions. *J. Appl. Ichthyol.*, 15: 49-53. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0426.1999.00122.x>.
- Bolhen, J. 2000. Similarities and differences in the reproductive biology of loaches (*Cobitis* and *Sabanejewia*) under laboratory conditions. *Folia Zool.*, 49: 179-186.
- Bolhen, J. 2003. Spawning habitat in the spined loach, *Cobitis taenia* (Cypriniformes; Cobitidae). *Ichthyol. Res.*, 50: 98-101.
- Bolhen, J. 2008. First report on the spawning behaviour of a golden spined loach, *Sabanejewia vallahica* (Teleostei: Cobitidae). *Folia Zool.*, 57: 139-146.
- Breder, C.M. and D.E. Rosen. 1966. *Modes of Reproduction in Fishes*. Natural History Press, Garden City, New York, U.S.A., 941pp.
- Chae, B.S., H.B. Song and J.Y. Park. 2019. *A field guide to the freshes-water fishes of Korea*. LG Evergreen Foundation, Seoul, Korea, 355pp.
- Choi, N.J. and W.O. Lee. 1997. Spawning behavior of the silurid catfish, *Silurus asotus*, treated with hormone in laboratory aquaria. *J. Aquaculture*, 10: 63-68.
- Choi, S.K. and Y.U. Na. 2000. The spawning behavior and egg development of *Odontobutis interrupta* IWATA and JEON, 1985. *Korean J. Environ. Biol.*, 18: 323-330.
- Kim, I.S. and B.J. Kim. 1996. Breeding habit and egg development of the goby, *Micropercops swinhonis*. *Kor. J. Ecol.*, 19: 477-486.
- Kim, I.S. and J.Y. Park. 2002. *Fresheswater Fishes of Korea*. Kyohak Publishing Co. Ltd., Seoul, Korea, 465pp.
- Kim, I.S., J.Y. Park and T.T. Nalbant. 1997. Two new genera of loaches (Pisces: Cobitidae) from Korea. *Trav. Mus. Natl. Hist. Nat. (Grigore Antipa)*, 34: 191-195.
- Kim, I.S., J.Y. Park and T.T. Nalbant. 2000. A new species of *Koreocobitis* from Korea with a redescription of *K. rotundicaudata*. *Korean J. Ichthyol.*, 12: 89-94.
- Lee, I.R. 2009. *Studies on the conservation biology of an endangered freshes fish, Cobitis choii* Soonchunhyang university. Doctoral thesis, Soonchunhyang University, Asan, Korea, 167pp.
- ME (Ministry of Environment). 2017. *Conservation and Management Laws of Wildlife (Law No. 737)*.
- Nelson, J.S., T.C. Grande and M.V.H. Wilson. 2016. *Fishes of the world*, 5th ed. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey, U.S.A., 190pp.
- Philippart, J.C. 1995. Is captive breeding an effective solution for the preservation of endemic species? *Biol. Conserv.*, 72: 281-295.
- Poncin, P. and J.C. Philippart. 2002. The role of aquaculture in fish conservation: a case study of *Barbus barbus* in Belgium. In: Collares-Pereira, M.J., I.G. Cowx and M.M. Coelho (eds.), *Conservation of Freshwater Fishes: Options for the Future*. Fishing News Books, Blackwell Science, Oxford, U.K., pp. 402-413.
- Song, H.Y., H. Yang, E.M. Cho, H.C. Shin and I.C. Bang. 2009. Morphological development of egg and larvae of *Koreocobitis naktongensis* (Cobitidae). *Korean J. Ichthyol.*, 21: 247-252.
- Suzuki, R. 1966. Artificial spawning and early development of the loach, *Cobitis delicata* Niwa. *Bull. Freshwater Fish. Res. Lab.*, 15: 175-188.
- Tsukahara, H. 1948. The relation between the secondary sex-characters and the spawning habits in the loach *Misgurnus anguillicaudatus* Cantor. *Seibutu*, 3: 64-69.
- Vasil'eva, E.D. 2001. Loaches (genus *Misgurnus*, Cobitidae) of Russian Asia. I. The species composition in waters of Russia (with a description of a new species) and some nomenclature and taxonomic problems of related forms from adjacent countries. *J. Ichtyol.*, 41: 553-563.