

한국산 긴몰개 (*Squalidus gracilis majimae*, Cyprinidae)의 산란 행동

박경서 · 홍영표¹ · 최신석² · 안광국^{2,*}

(미시건 대학교 자연자원 및 환경학부,
¹국립과학관 자연사연구실, ²충남대학교 생명과학부)

The Spawning Behavior of Korean Slender Gudgeon, *Squalidus gracilis majimae* (Cypriniforms: Cyprinidae). Park, Kyung-Seo, Young-Pyo Hong¹, Shin-Suk Choi² and Kwang-Guk An^{2,*} (School of Natural Resources and Environment, University of Michigan, Ann Arbor, MI 48109-1115, U.S.A.; ¹Department of Natural History, National Science Museum, Daejeon 305-705, Korea; ²School of Bioscience and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

Spawning behaviors of *Squalidus gracilis majimae* (Cyprinidae) were observed in the laboratory whose environmental factors such as light (D/L = 16 : 8), temperature (20~24°C), and dissolved oxygen (>8 mg L⁻¹) were quite regularly controlled. The behavioral patterns were categorized into three stages of pre-spawning, spawning, and post-spawning behaviors. In particular, the pre-spawning stage was specified by 11 specific behavioral patterns of aggressive mating behaviors. During the spawning stage, the male and female performed four distinct spawning behaviors including sexual temptation, stimulation, egg spawning, and the separation, and randomly laid about 200~300 eggs on the bottom substrates through the night. After finishing spawning, two adults separated toward their refuges and showed 3 types of post-spawning behaviors such as the resting, occasional eggs protecting, and the egg eating. The fish was identified as a partial-parental care species after the spawning.

Key words : Korean slender gudgeon, *Squalidus gracilis majimae*, spawning behavior

서 론

한국 고유 어종인 긴몰개 (*Squalidus gracilis majimae*)는 잉어과 (Cyprinidae) 모래무지아과 (Gobioninae)에 속하는 소형 일차 담수어로서 (정, 1977; 김과 이, 1984), 유속이 완만한 하천이나 저수지에서 유영하며 (정, 1977; 최 등, 1989), 작은갑각류 및 수서곤충을 섭식하는 식충성 어류 (insectivore fish)이다 (김과 박, 2002). 주요 산란 시

기는 5~6월이고, 얇은 물 속의 수초에 난을 붙이는 종으로 밝혀진 바 있다 (정, 1977; 김, 1997).

긴몰개의 주요 서식 분포지는 남한 내 서남부 및 중부 이남 하천 (전, 1980; 김과 강, 1993; 김과 박, 2002)에 널리 분포하고 있으며, 일부 북한에도 서식하는 것이 알려져 있다 (최 등, 1989). 유연 아종으로 중국에는 *S. gracilis minkiangensis*, 일본에는 *S. gracilis gracilis*가 서식 (정, 1977; 김, 1997)하는 것으로 알려져 있으나, 우리나라에서 이들 아종의 분포에 대한 보고는 없다.

* Corresponding author: Tel: 042) 821-6408, Fax: 042) 822-9690, E-mail: kgan@cnu.ac.kr

한국산 어종의 산란행동에 관한 연구는 밀어(*Rhinogobius brunneus*; 한 등, 1998), 좁구굴치(*Micropercops swinhoni*; 김과 김, 1996), 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*; 최와 나, 2000)와 같이 주로 바위와 같은 기질에 난(egg)을 부착하는 저서성 어종들에 대해 보고된 바 있으며, 이런 보문에는 산란습성, 난 발생, 자어 성장율 및 초기생활사에 대한 연구가 포함되어 있다. 또한 천연기념물로써 산란 시 산란탑을 쌓는 어름치(*Hermibarbus mylodon*; 최와 백, 1970), 우리나라 생태독성시험에 가장 빈번하게 이용되는 송사리(*Oryzias latipes*; 박과 최, 1998), 산란 전·후에 산란장 형성 및 난 보호 행동을 보이는 버들붕어(*Macropodus chinensis*; 송과 최, 2000) 등과 같이 특이한 산란 양식을 가진 종들에 대해 연구가 국한되어 있으며, 이들 연구의 대부분은 난 보호 행동에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔다.

한편, 일본과 중국을 포함한 동남아시아 및 다른 나라들의 경우에는 담수어류의 생태학적 세력권 형성, 개체군 집단에서의 사회적 행동 및 산란행동에 대해 광범위하고 체계적인 조사가 진행된 바 있다(Chapman, 1962; Miller, 1964; Breed and Bekoff, 1981; Colgan, 1983; Katano,

1983, 1985). 그러나 현재 우리나라에 서식하는 담수어류는 50여 종의 한국고유종을 포함하여 총 212종(김과 박, 2002)임을 감안할 때 한국고유종을 비롯한 담수어류 전반에 대한 산란행동 및 그에 대한 제반 기초연구는 극히 미진한 실정이다.

본 연구에서는 한국산 담수어류의 산란생태 연구의 일환으로 한국 고유어종인 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*)를 실험실 조건하에서 사육하여 산란행동 양상, 산란 및 그에 따른 생태적 특성을 조사하였다.

재료 및 방법

1. 사육

본 실험을 위해 사용된 긴물개의 친어는 충청남도에 위치한 보령댐에서 2001년 5월부터 2002년 5월까지 채집하여 실험실로 옮겨와 자갈과 모래가 깔린 20°C로 유지되는 상태의 저장조에 순응 시켰다. 친어는 1/20 mm 버니어 캘리퍼스(1/20 mm, vernier caliper)와 정밀 저울(AEG-455 0.01 mg, AEG-45SM)을 사용하여 각 개체들

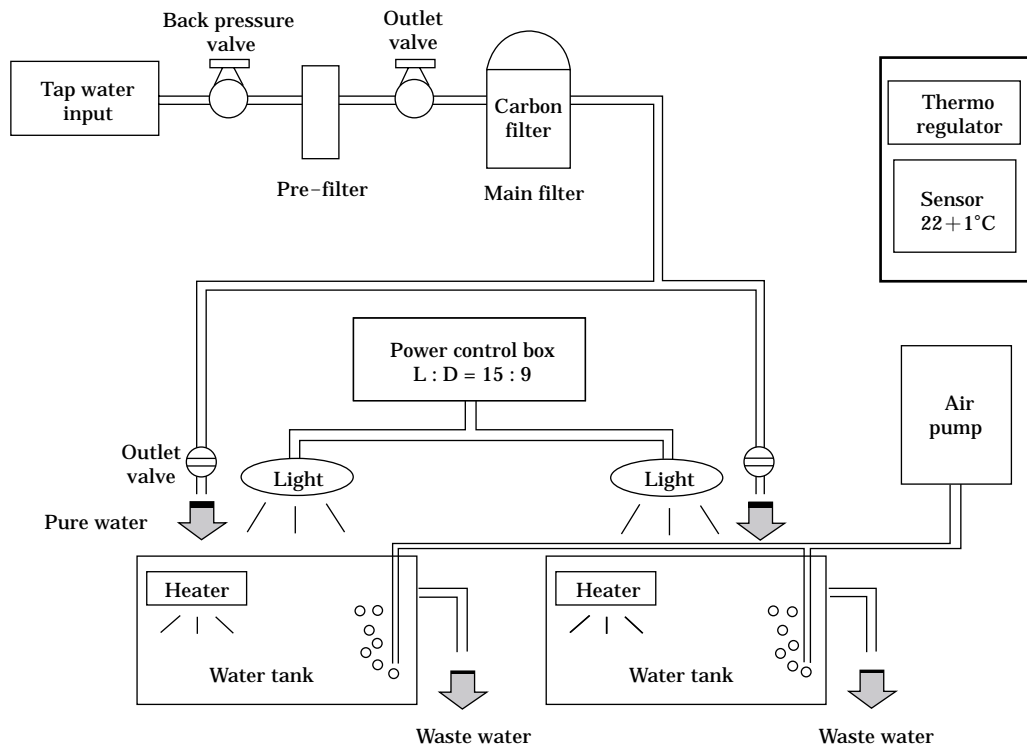


Fig. 1. Diagram of a fish rearing system designed to study spawning behavior and the life cycle of fishes. Tap water is filtered through two kinds of filters. Temperature is controlled by a thermo-regulator first and heaters in each water tank control.

의 전장 (total length) 및 체고 (body height)를 측정하였다.

실험실 내 순응 기간을 거친 후, 암수를 구별하여 실험을 위한 사육조에 넣어 주었고, 실험을 위해 사용된 모든 수조는 투명한 유리수조 (60×30×30 cm)를 이용하였다. 각각의 수조는 물 공급 밸브와 배수구를 갖추고 있어 사용된 물은 배수구를 통해 사육수를 지속적으로 교환된다. 실험기간동안 사육수는 Fig. 1과 같이 실험실로 공급되는 수도물을 1차로 막성여과장치 (pre-filter, 10 μm)를 이용하여 물속의 부유성 고형물질 (suspended solid)을 제거하고, 2차로 활성탄으로 충전한 여과장치 (carbon-filter)를 이용하여 정화된 물을 저장조에서 1일간 탈염소하여 공급하였다. 또한 사육수의 수질은 실험 전부터 실험 종료 시까지 수시로 수질측정기 (YSI model 610-D)를 이용하여 측정하였다.

실험실 내 온도는 냉난방기 (LS-091CS, Samsung)를 이용하여 16~20°C로 설정해 유지하였고, 2차적으로 수온은 자동조절히터 (IC point-heater, Samsung)를 이용하여 20°C로 고정하였다. 또한 수조 내 용존 산소 (dissolved oxygen)는 공기펌프를 이용하여 각각의 수조에 지속적으로 8 mg L⁻¹ 이상을 유지하였다. 외부의 빛은 완전히 차단하였고, 자동 시간 조절기를 이용하여 광주기 (L/D=15/9)를 일정하게 유지하였다 (Fig. 1).

먹이는 Brine shrimp (*Artemia* sp.)를 24시간 동안 부화시킨 유생을 오전과 오후에 각 수조의 먹이섭취상태를 고려하여 공급하였고, 먹이의 부패 상태는 공급 후 매일 2~3회 가량 관찰하여 기록하였으며 부패 우려가 있는 수조는 공급수를 통하여 정화하였다.

긴물개의 산란 행동 양상에 대한 실험은 저장조에서 암수 한 마리씩 선택하여 자연 환경과 유사한 조건의 사육조에 넣어 실시하였다. 또한 스트레스의 영향을 줄이기 위하여 사육조에 은신처로 이용될 수 있는 덮개돌을 넣어주었다.

산란에 관련된 모든 행동들은 매일 6회 이상의 온도 측정 시간에 맞추어 정기적으로 행동 변화를 관찰하여 기록하였고, 산란은 종 특성상 일몰 후에 일어나므로 광전원 공급차단 전·후로 산란행동 및 산란 전·후 행동을 집중적으로 스케치하였다. 또한 관찰된 산란 관련 행동은 수동카메라 (FM2, NICON)와 디지털 카메라 (Fuzifilm, Fine Pix 4900 ZOOM, Olympus)를 이용하여 촬영하였고, 자동 비디오카메라 (SV-599, Samsung)를 설치하여 녹화 및 녹화자료 분석을 실시하였다. 실험에 이용된 긴물개 친어는 총 30개체를 (수컷은 17개체, 암컷은 13개체) 이용하여 산란행동 및 산란을 관찰하였다.

결 과

1. 긴물개의 외형적 특성 및 산란 행동

긴물개의 산란 행동 연구를 위해 사용된 친어들 중 수컷의 평균 전장은 68.65 mm (중앙값 평균: 66.5, 범위: 55~78 mm, n = 17)였고, 암컷의 평균 전장은 68.00 mm (중앙값 평균: 65.5, 범위: 54~77 mm, n = 13)였다. 이 개체들은 수온이 21°C 이상으로 상승하면 움직임 횟수가 증가하였으며 산란행동을 보였다.

산란기 때의 긴물개 수컷과 암컷은 외형적으로 큰 차이가 없었으며, 뚜렷한 추성이나 화려한 혼인색이 나타나지 않는 것으로 관찰되었다. 그러나 산란기가 되면 다른 종과 같이 암컷은 난 성숙으로 인하여 복부가 팽대하였다 (Fig. 2).

산란 행동과 산란은 주로 소동 1~2시간 후부터 시작하여 3~5시간 사이에 활발히 일어났다. 산란행동은 주로 암컷과 수컷의 상호간 행동과 반응에 초점을 맞추었고, 총 60일의 실험기간 동안 관찰된 산란 행동은 크게 산란 전 단계 (pre-spawning period), 산란 단계 (spawning period)와 산란 후 단계 (post-spawning period)로 구분하였으며, 이에 대한 분석은 Table 1, 2 및 Figs. 3, 4에 세부적으로 기술하였다.

1) 산란 전 단계 (Pre-spawning period)

산란 전 단계는 행동 양상을 분석한 결과 총 11단계로

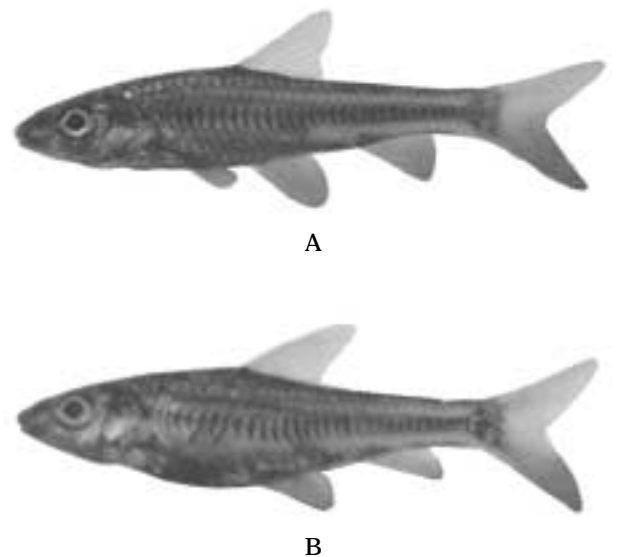


Fig. 2. Side view showing the characteristics of *Squalidus gracilis majimae* (A, male; B, female).

Table 1. Stages and periods of spawning behavioral patterns of *Squalidus gracilis majimae*.

Period	Stage	Behaviors	Behavior speed
Pre-spawning	Approaching	A matured fish moves towards another fish, but this behavior is distinguished from the chasing stage.	Very slow
	Chasing	Male: Chasing toward the female. Female: Fleeing slowly. The matured male fish pursues a fleeing fish.	Slow
	Parallel swimming	Two fish swim forward slowly, parallel to each other.	Slow
	Vertical swimming	Two fish swim forward slowly, vertical to each other. Usually, male swims under the female.	Slow
	Crossing	Two fish cross each other. One fish stimulate the belly of the other fish.	Slow
	Body beating	One fish darts under the other fish and beats anus and belly using mouth.	Fast
	Head butting	The fish darts forward and hits the opponent with its head. Generally, the head of the opponent is butted.	Very fast
	Front beating	The fish moves to the front of the opponent and they perform body beating each other.	Fast
	Behind beating	This is similar to the front beating stage, except for moving to the behind of the opponent.	Fast
	Circling	Two fish pursue each other in a circle. The mouths of them beat their anus.	Very fast
	Beating on the board	It is observed, when a female is matured faster than a male. After beating male's body strongly using its body, female tilts its body on the board.	Very fast
Spawning	Chasing	A male pursues a female strongly and tries to beat the female's body.	
	Beating	A male performs body beating and behind beating of pre-mating period very frequently.	
	Spawning	Two fish tilt their body and one fish folds its dorsal fin and body to the other fish. Fertilized eggs are produced.	
	Separating	After spawning 2 or 3 times, they take a rest for a few minutes. And then begins the same patterns from the chasing stage.	
Post-spawning	Resting	The fish are separating each other for resting to their reguges.	
	Guarding	Occurring very rarely and female makes water waves clean the eggs using its fins. It's not maintained until hatching.	
	Eating	Parents eat their eggs which are exposed to them. Usually, it occurs during the day time.	

구분되었다. 이들 중 5단계는 접근을 위한 행동으로 주로 산란 1~2일 전부터 주로 나타났고, 일주기적인 측면에서는 소등 전 6시간과 소등 후 1시간 사이에 주로 발생하였다. 나머지 6단계는 소등 후부터 나타나기 시작하여 산란 전의 적극적인 구애 행동으로서 주로 수컷에 의해 여러 차례 반복적으로 주도되었고, 격렬한 행동 횟수가 산란시 까지 증가하였다 (Table 1, Fig. 3).

A. 접근 (Approaching): 산란을 종결하였거나 휴식에 들어간 암수는 서로 다른 은신처에 거의 움직이지 않는 상태로 존재했다. 그러나 산란기에 가까워질수록 다른 개체 주변을 맴도는 행동을 보였다. 한편 직접적인 신체접촉이

나 이에 상응하는 뚜렷한 반응은 보이지 않았다 (Fig. 3A).

B. 유혹 (Chasing): 암컷은 수컷이 거주한 은신처 주위를 서서히 유영하였으며 수컷은 암컷의 후방에서 간격을 두고 쫓아가는 것이 관찰되었다. 암컷은 원형이나 8자 형태로 유영하면서 수컷을 유인하였고 수컷은 암컷을 쫓아갔다. 암컷이 속도를 내는 경우엔 수컷도 보조를 맞추어 따라가는 행동양식을 보였다 (Fig. 3B).

C. 평행유영 (Parallel swimming): 유혹 단계 중 1~2시간 경과 후 수컷이 암컷의 측면에 나란히 붙어 유영하였다. 유영 속도는 암컷에 의해 좌우되었으며 산란장 주위를

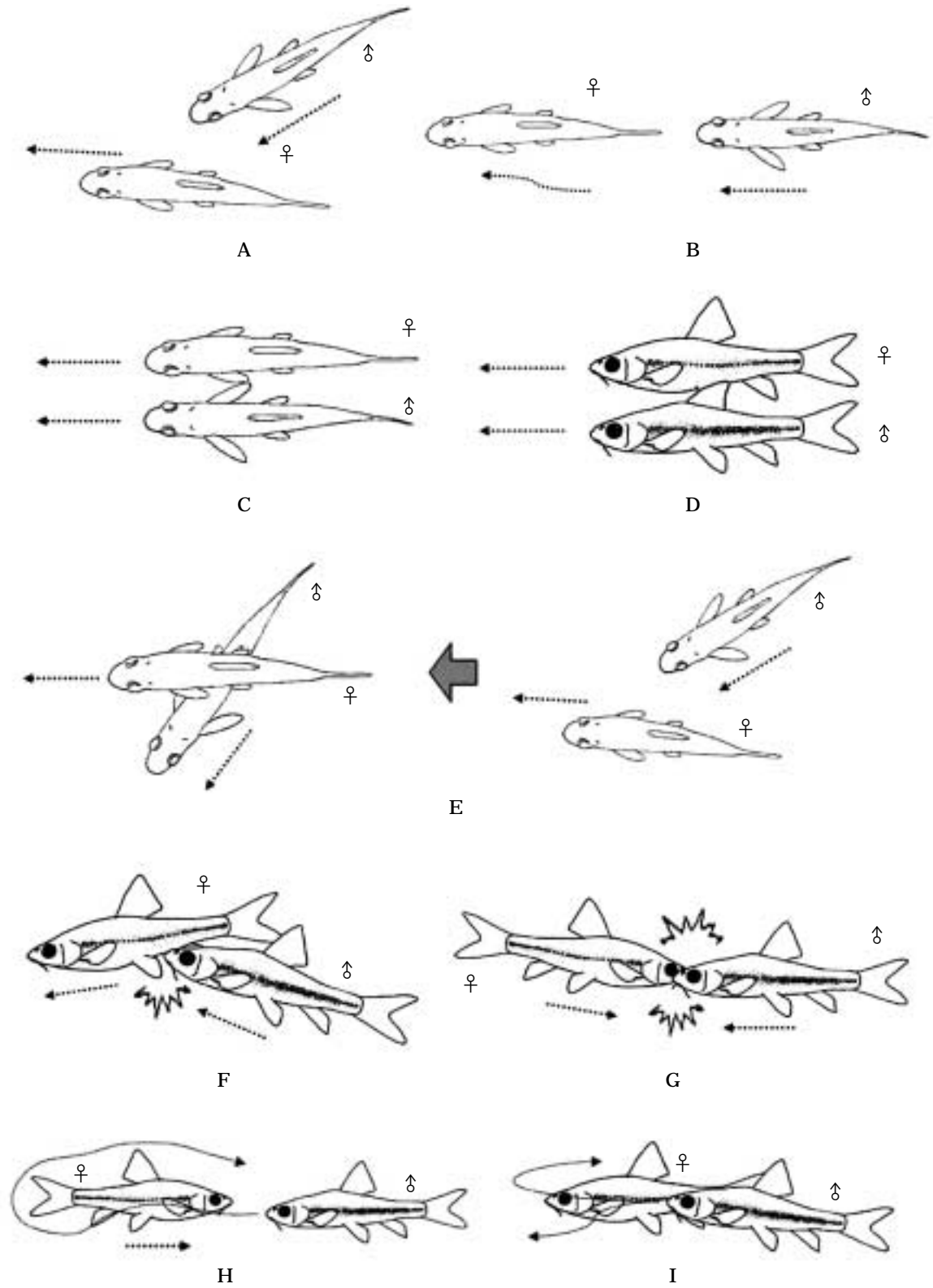


Fig. 3. Illustrations of the pre-spawning behavior of *Squalidus gracilis majimae* [A, approaching; B, chasing; C, parallel swimming; D, vertical swimming; E, crossing; F, body beating; G, head butting; H, front beating; I, behind beating; J, circling; K, beating on the board]. More explanation of this Fig. 3 is shown in the Table 1.

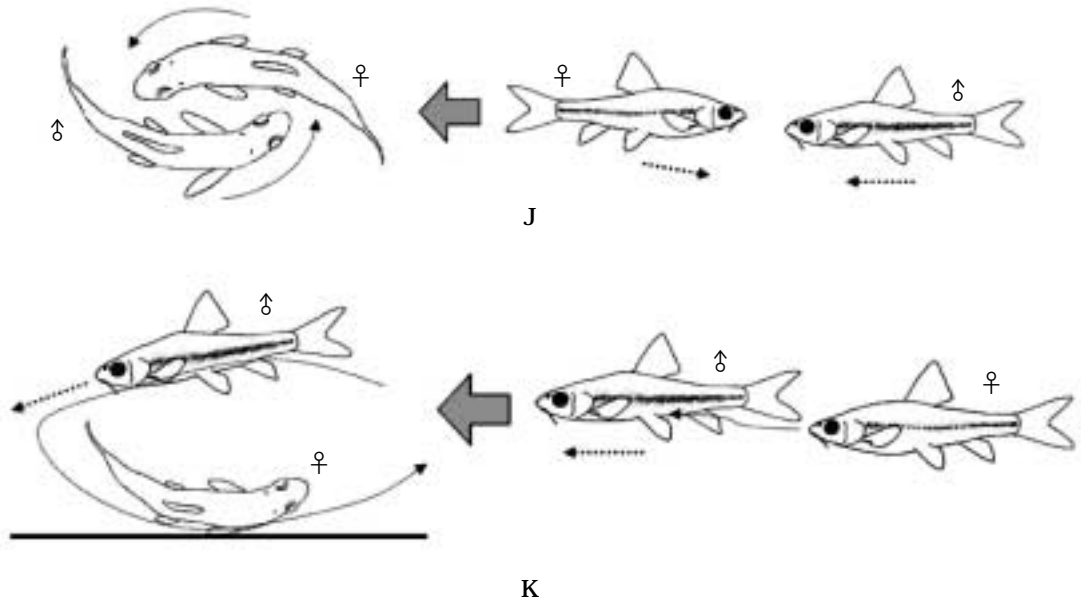


Fig. 3. To be continued.

천천히 돌았다 (Fig. 3C).

D. 수직유영 (Vertical swimming): 수컷이 암컷의 복부하부에 접근해 유영하였다. 그 후 평형 유영 행동양식을 번갈아 보였다 (Fig. 3D).

E. 교차 (Crossing): 접근하는 개체가 등지느러미나 등 부위를 이용해 유혹하는 개체의 중앙 복부 부분을 스치면서 교차하였다. A에서 D의 단계들 후반부에 일어나며, 이 시점을 통해 점점 격렬해지고 빨라지는 구애 행동을 보였다 (Fig. 3E).

F. 복부자극 (Body beating): 암컷을 뒤쫓던 수컷은 두부와 주둥이로 암컷의 생식기 부분을 자극하는 행동을 보였다. 몇 초 사이에 일어나는 이러한 행동은 주로 수컷이 암컷을 지속적으로 쫓아다니면서 반복하는 행동을 보였다 (Fig. 3F).

G. 두부자극 (Head butting): 마주 보고 접근하는 암수는 주둥이와 두부를 이용하여 상대방 두부를 부딪쳤다. 주로 주둥이 부분과 아가미 주변을 치며, 암컷은 공격을 받으며 앞으로 전진 하였다 (Fig. 3G).

H. 전방에서 측면 자극 (Front beating): 수컷은 암컷의 전방부에 접근하여 아가미 부위부터 꼬리까지 부딪치며 전진 하였다. 수컷은 다시 정면 쪽으로 선회해서 다시 시도하는 경우도 있었으며, 두부, 몸통 그리고 미병부 등 전 부위를 이용하여 구애행동을 시도하였다. 동작은 신속하게 일어났으며, 넓은 활동 반경을 보였다. 이 단계는 두부 자극 (head butting)과는 확연하게 구별되었다 (Fig. 3H).

I. 뒷면에서 측면 자극 (Behind beating): 주둥이와 두부를 이용하여 암컷의 후방으로부터 빠르게 접근한 수컷은 암컷의 생식기와 하복부를 중심으로 자극하며 전진하는 행동을 보였다. 이런 행동의 빈도는 산란기가 가까워질수록 높게 나타났다 (Fig. 3I).

J. 회전 (Circling): 암컷과 수컷이 마주보고 접근한 후, 서로의 생식기 부근을 주둥이로 자극하였으며, 반시계 방향으로 3~4회 회전하는 행동을 보였다. 이런 행동양식은 하상의 기질 상부에서만 나타났다 (Fig. 3J).

K. 암컷 바닥치기 (Beating on the board): 초기에는 암컷이 수컷의 미병부로 접근하였다. 그 후 암컷은 재빠르게 자신의 복부를 수컷의 몸통에 부딪치며 전진하는 행동을 보였고, 이후에는 180° 방향으로 회전하여 복부 측면을 바닥 기질에 강하게 치고 몸을 요동하며 상승하였다. 이러한 행동양상은 암컷의 복부가 최대 팽창을 했으나, 산란하지 못한 경우나 수컷이 산란기에 도달하지 못한 경우에 주로 일어났다. 결과적으로 이 단계의 경우에는 산란에 도달하지 못했다 (Fig. 3K).

상기 11가지의 행동양상은 개체의 성숙 정도와 밀접하게 나타났으며, 각 행동의 시간대 별 분포는 Table 2와 같다. 접근과 유혹에 나타난 행동양식은 주로 평형유영, 수직유영 및 개체간 상호교차와 같은 적극적인 구애행동을 보였다. 광주기를 위해 D/L (8/16), 즉 8시간 암기, 16시간 명기를 유지하였는데, 일반적으로 소등 후, 암것과 수컷의 움직임이 빠르고 격렬해졌으며, 넓은 활동 반경을

가졌다. 그 결과, 사육조에 부딪쳐 주둥이에 상처가 빈번하게 관찰되었다. 소등 후 2~3시간 정도 지나면 전방에서 측면 자극을 보였고, 동시에 후방에서 측면, 두부 및 복부의 다양한 자극을 가했으며, 적극적이고 격렬한 행동양상을 보였다. 이런 자극행동은 사이사이의 짧은 휴식과 함께 반복적으로 일어났으며, 짧게는 30분에서 길게는 3시간까지 계속되었다.

Table 2. Relative time distribution lapsed for behavioral patterns at each stage during pre-spawning period (Double Line = present frequently Dotted line = present occasionally).

Behavior pattern frequency of appearance (%)	Behavior initiation (0%)	(50%)	Spawning (100%)
Approaching	=====	-----	
Chasing	=====	=====	
Parallel swimming	=====	-----	
Vertical swimming	=====		
Crossing	=====	-----	-----
Body beating		=====	-----
Head butting		=====	=====
Front beating		-----	=====
Behind beating	-----	=====	=====
Circling	=====	=====	-----

2) 산란 단계 (Spawning Stage)

산란 단계는 크게 구애, 자극, 산란과 분리의 4단계로 대별되었고, 30분에서 1시간 정도 지속되어 산란 전 단계에 비해 매우 짧은 지속시간을 보였다. 산란을 위한 행동은 지속적으로 유지 되었으며, 약 200~300개의 난을 낳았다 (Table 1, Fig. 4).

A. 구애 (Chasing): 구애를 위해 암수는 모두 재빠르게 움직이는 행동양식을 보였으며, 수컷은 암컷의 생식기 쪽 하복부를 향하여 돌진하였고 암컷은 빠르게 도망가며 유혹하였다. 수컷은 계속해서 암컷의 주변을 배회하였고, 접촉을 시도하였다 (Fig. 4A).

B. 자극 (Beating): 구애행동이 이루어진 후, 수컷은 암컷의 하복부와 미병부를 몸으로 비비면서 자극하였다. 이는 산란 시와 유사한 행동으로, 암컷을 수조벽 등의 장애물 쪽으로 밀며 산란을 유도하였다. 때때로 수컷은 암컷의 하복부를 자신의 몸으로 감아 방란을 유도하였다 (Fig. 4B).

C. 산란 (Spawning): A와 B의 행동을 반복하다가 수컷과 암컷이 동시에 몸을 떨며 방란과 방정을 하였다. 이 때 개체마다 변이를 보였으나 2~10개의 난을 배출하였다. 산란이 이루어지면 두 친어는 양쪽으로 흩어진 후 다시 자극이나 산란을 시도하였다. 산란은 1분에 1~3회의 방란과 방정이 이루어졌다 (Fig. 4C).

D. 분리 (Separation): 수차례의 산란이 이루어진 후 두

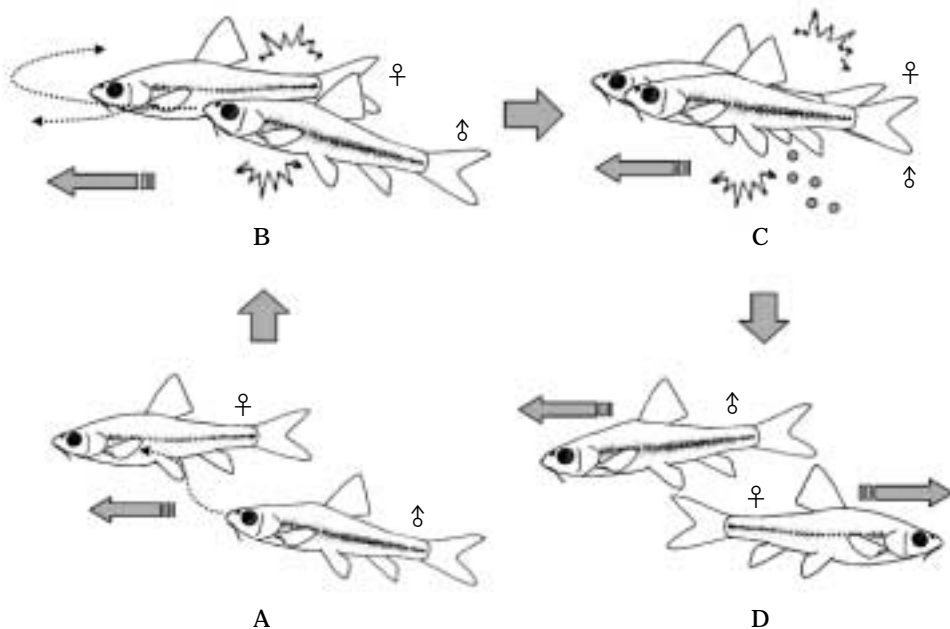


Fig. 4. Spawning behavior of *Squalidus gracilis majimae* (A, temptation; B, stimulation; C, spawning; D, separating). Details of each behavior are explained in Table 1.

친어는 수조 양 끝으로 떨어져 휴식을 취하였다. 이 때, 암컷의 휴식 시간이 길어지면 수컷은 암컷의 주위를 돌며 자신의 두부로 암컷의 하복부를 자극하여 다시 산란을 유도하였다 (Fig. 4D).

3) 산란 후 단계 (Post-spawning period)

산란과 휴식의 반복으로 친어들의 체력이 급격히 감소하여 움직임이 느려졌다. 산란이 끝난 후, 다음 날 점등될 때까지의 행동은 휴식 (resting), 난 보호 (egg guarding) 및 난 섭식 (egg eating)의 3단계로 구분되었다 (Table 1).

A. 휴식 (Resting): 산란 시작 후 약 30분에서 3시간이 경과하면 친어들은 급격한 체력 소모와 더불어 산란 의지 및 움직임이 감소하였다. 산란 행동을 마친 친어들은 수조 양쪽으로 흩어져 돌 밑 은신처나 수초 사이로 흩어져 움직임 없이 휴식을 취하였다.

B. 난 보호 (Eggs guarding): 산란이 끝나면 대부분 친어들은 특별한 난 보호 행동을 보이지 않았다. 특히 자갈이나 수초와 같이 난들이 자연적으로 은폐되는 경우 부화될 때까지 특별한 행동을 관찰할 수 없었다. 그러나 바닥 기질이 매끄러운 경우, 은신할 수 없는 경우, 산란처가 오염되기 쉬운 경우에는 암컷이 산란을 마친 후 난 바로 위에서 일시적으로 산소를 공급하였고, 난의 부패 물질을 청소하는 행동을 보였다. 가슴지느러미와 배지느러미를 이용해 수류를 일으켜 주거나 주둥이로 물을 뿜어 바닥 기질을 깨끗이 유지하는 행동을 보였는데 암컷의 이러한 보호 행동은 부화될 때까지 유지되지 않았고, 간헐적으로 일어났다. 반면 수컷은 휴식을 취하며 돌 밑 은신처에서 움직이지 않았다.

C. 난 섭식 (Egg eating, carnivore): 친어들의 섭식 행동은 주로 점등되는 시간대에 일어났다. 암기에 산란을 마친 후 은신처에서 휴식을 취하던 친어들은 점등이 되면 소모된 에너지를 보충하기 위하여 먹이를 찾았다. 때때로 친어는 바닥 기질로 노출된 난을 먹이로 취했으며, 또한 부화된 치어 역시 먹히는 경우가 있었다.

이러한 산란 행동을 거친 후 산란을 위해 소요한 시간은 최소 30분에서 3시간으로 관찰되었고, 1회 방란 시 난은 2~10개로 나타났다. 방란과 방정에 의해 수정되어 기질 바닥으로 떨어지는 난들은 1일 200~300개 정도로 관찰되었다.

긴물개 친어들의 산란 시간을 보면 소등되는 22시를 기준으로, 빠르면 1시간에서 1시간 30분 내에 산란을 시작하고 다음날 3시까지 지속되는 경우도 있었다. 가장 산란이 빈번하고 활발한 시간대는 야간 0시 30분부터 2시

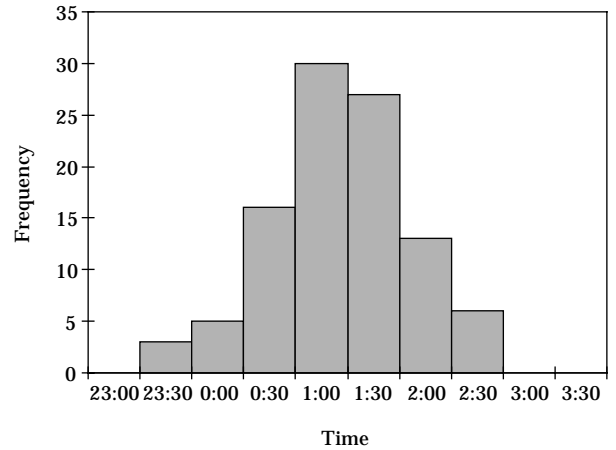


Fig. 5. Spawning frequency against time lapse of *Squalidus gracilis majimae*, based on total 36 spawning acts, during the experimental period. Light period was controlled as 16 hrs Light : 8 hrs Dark in the experiments.

30분 사이였고, 산란빈도는 야간 1시에서 2시 사이에 가장 높은 것으로 관찰되었다 (Fig. 5).

고 찰

본 연구에서는 우리나라에서 분포범위가 넓은 긴물개 (*Squalidus gracilis majimae*)를 실험대상으로 하여 실험실 내 산란 행동 및 산란에 대한 세부적인 특성을 파악하였다. 산란기에 외형적 특성 분석에 따르면, 암컷은 2차 성징으로 복부가 팽대해졌고 측선 띠의 색깔이 진해졌으나, 수컷은 큰 변화를 보이지 않았다. 즉, 긴물개는 망둑어과, 극락어과, 피라미아과와 같은 어류들처럼 뚜렷한 혼인색을 나타내거나 복부팽대현상을 보이지 않았다 (Mizuoka, 1971; Hidaka and Takahashi, 1987; 김과 김, 1996; 한 등, 1998; 송과 최, 2000; Daisuhe et al., 2001).

본 연구에서 산란 행동은 크게 산란 전, 산란, 산란 후 행동으로 대별되었으며, 특히 산란 전 행동은 다시 11단계의 행동양식으로 연구되었는데 이런 세부적인 연구는 이전의 산란에 관한 연구들과는 차별성을 보인다. 즉, 이전 연구에서 저서성이거나 기질에 부착난을 형성하는 일부종, 즉 밀어, 줌구굴치, 얼룩동사리에 대한 연구를 경우를 제외하면 특별히 산란 행동에 대해 자세히 묘사된 종은 없었다 (김과 김, 1996; 한 등, 1998; 최와 나, 2000). 우리나라에서 지금까지의 연구는 주로 산란과 산란 직전의 행동에 초점을 두었지만, 본 연구는 외국의 연구사례처럼

세부적인 산란행동 및 행동양식(Chapman, 1962; Miller, 1964; Breed and Bekoff, 1981; Colgan, 1983; Katano, 1983, 1985)을 분석했다는 것이 큰 의의를 갖는다.

본 종의 산란행동은 일광이 차단된 후 일어났으며, 짝끼는 약 30분에서 3시간동안 진행되었으며, 방란과 방정은 분당 1~3회 간격으로 일어났는데, 이런 연구결과는 주기적인 관찰을 통해 명백하게 밝혀졌다. 산란행동 초기에는 수컷이 암컷을 쫓아다니며 주둥이와 체측을 이용하여 암컷의 하복부와 측면을 자극하였는데 이런 행동 양식은 이전의 타 어종의 행동양식과 유사한 것으로 나타났다(한 등, 1998; 최와 나, 2000). 수차례의 산란 시도 후, 수컷이 암컷의 몸 중앙부를 스치며 감싸며 산란이 일어났고, 산란 후 특별히 난 보호 행동은 보이지 않았는데 이런 행동양식은 이전에 연구된 타 어종인 참붕어의 경우 산란 후 세력권을 형성하여 난을 보호하는 행동양식(최, 1987)과는 뚜렷한 차이를 보였다. 또한 긴물개는 자갈바닥에 무작위로 난을 방출하는 행동을 보여, 참붕어와는 차이를 보였다. 이런 본종은 이런 산란특성 때문에 타 종의 어류나 천적에 의하여 난이 소실될 확률이 높고, 이는 수정율 감소 및 개체수 감소로 이어지는 것으로 추정되었다. 또한 친어가 산란한 난들을 섭식하는 행동을 보였는데, 부화될 때까지 난들을 보호하고, 부화를 돕는 꺾지(*Coreoperca herzi*) 등의 종들과는 큰 차이를 보였다(김과 김, 1996; 한 등, 1998; 송과 최, 2000).

본 실험을 통해 산란 행동은 물론 성숙단계에 이르면서 나타나는 산란 전 행동이나 산란 후 친어의 행동 양상에 대한 산란 행동 및 산란분석은 향후 본종의 수환경 오염 및 교란에 따른 개체군 연구, 천적 관계 및 군집내의 본종의 역할 등에 대한 연구시 기초자료를 제공할 것으로 사료된다.

적 요

광조건(D/L = 16 : 8), 수온(20~24°C) 및 용존산소(>8 mg L⁻¹)가 일정하게 조절되는 실험실 조건 하에서 한국 고유어종인 긴물개(*Squalidus gracilis majimae*)의 산란 행동 양상 및 산란을 분석하였다. 산란행동은 크게 산란 전 단계(pre-spawning), 산란 단계(spawning) 및 산란 후 단계(post-spawning) 행동으로 대별되었다. 특히, 산란 전 행동은 구애 행동(courtship) 양상에 따라 11개의 단계로 구분되었다. 산란 행동은 구애, 자극, 산란과 분리의 4단계로 나타났으며, 교미 후 단계에서는 휴식(resting), 난 보호(egg protection) 및 난 섭식(egg eating)의 3

가지 행동양상을 보였다. 긴물개의 산란은 소등 후 약 3~5시간 사이에 이루어졌으며, 암컷은 간헐적으로 수류를 일으켜 산소를 공급하였고 난 보호 행동을 보였으나, 부화 완료시까지 포식자로부터 난을 보호하는 행동은 나타나지 않아 부분적으로 난을 돌보는 partial-parental care 종으로 나타났다.

인 용 문 헌

- 김익수, 강언중. 1993. 원색 한국어류도감. 아카데미서적.
- 김익수, 김병직. 1996. 쯤구굴치의 산란 습성 및 초기 생활사. 한국생태학회지 19: 447-486.
- 김익수, 박종성. 2002. 한국의 민물고기 (한국의 자연시리즈). 교학사.
- 김익수, 이용주. 1984. 한국산 물개(*Squalidus*)속 어류의 분류학적 재검토. 한국수산학회지 17(2): 132-138.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감, 담수어류. 교육부.
- 박두신, 최신석. 1998. 송사리와 대륙송사리의 산란, 난발생 및 자어의 성장. 한국육수학회지 31(2): 109-118.
- 송호복, 최신석. 2000. 버들붕어, *Macropodus chinensis*의 생식생태와 초기생활사. 한국육수학회지 33(3): 282-294.
- 전상린. 1980. 한국산 담수어의 분포에 관하여. 중앙대학교원 박사학위청구논문. pp. 1-91.
- 정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. pp. 169-172.
- 최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1989. 한국산담수어분포도. 한국담수생물 연구소. pp. 10-11.
- 최기철. 1987. 충남의 자연, 담수어편. 한국과학기술진흥재단. pp. 71-73, 278-279.
- 최기철, 백윤걸. 1970. 어름치의 생활사에 대하여(예보). 한국육수학회지 3: 1-11.
- 최신석, 나영언. 2000. 얼룩동사리(*Odontobutis interrupta*)의 산란행동 및 난발생에 관한 연구. 한국환경생물학회지 18(3): 323-330.
- 한경호, 김용익, 조규정. 1998. 한국산 밀어(*Rhinogobius brunneus*)의 산란습성, 난발생 및 자어의 형태발달. 한국수산학회지 31(1): 114-120.
- Breed, M.D. and M. Bekoff. 1981. Individual recognition. John Wiley & Sons, Inc., New York, xiv. 281 pp.
- Chapman, D.W. 1962. Aggressive behavior in juvenile coho salmon as a cause of emigration. *J. Fish. Res. Board Can.* 19: 1047-1080.
- Colgan, P.W. 1983. Comparative social recognition. John Wiley & Sons, Inc., New York, xiv. 281 pp.
- Daisuhe, T., M. Kohda and Yanagisawa. 2001. Male-male competition for large nest as a determinant of male mating success in a Japanese stream goby, *Rhinogobius* sp. DA. *Ichthyol. Resech.* 48: 91-95.

- Hidaka, T. and S. Takahashi. 1987. Effects of Temperature and Daylength on Gonadal Development of a Goby, *Rhinogobius brunneus* (Orange Type). *Japan. J. Ichthyol.* **34**(3): 361–367.
- Katano, O. 1983. Spawning of the dark chub, *Zacco temminckii* (Temminck et Schlegel) (Pisces: Cyprinidae), with special reference to male social status. *Physiol. Ecol. Japan.* **20**(1): 33–52.
- Katano, O. 1985. Aggressive behavior and dominance relationships of the dark chub, *Zacco temminckii* with special reference to their individual recognition. *Japan. J. Ichthyol.* **32**(2): 225–238.
- Miller, R.J. 1964. Studies on the social behavior of the blue gourami, *Trichogaster trichopterus* (Pisces: Belontiidae). *Copeia* **64**: 469–496.
- Mizuoka, S. 1971. Studies on the variation of *Rhinogobius brunneus* (Themminck et Schlegel). II. On the three types in body color pattern in Tottori-Ken, Shimane-Ken, Yamaguchi-Ken and the western coast. *Bull. Fac. Educ. Hiroshima Univ.* pt. 3. (20): 11~17. fig. 1~3. (In Japanese with English summary).

(Manuscript received 10 March 2005,
Revision accepted 2 June 2005)