

묵납자루, *Acheilognathus signifer* (Pisces: Acheilognathinae)의 산란 및 재산란 조건

김형수 · 양 현*

(주)생물다양성연구소

Spawning or Respawning Conditions of *Acheilognathus signifer* (Pisces: Acheilognathinae) by Hyeong-Su Kim and Hyun Yang* (Institute of Biodiversity Research, Jeonju 561-211, Korea)

ABSTRACT Factors influencing spawning or respawning conditions of the bitterling, *Acheilognathus signifer* were investigated in the aquariums. Inducing the female spawning was more sensitive to the mussel than the male. The ovipositor of the female was periodically elongated and reduced from 4 to 6 days with the presence of mussel. During of the elongated state of the ovipositor was 1 to 2 days. As the result of natural spawning in the aquariums, it takes 1 to 3 days (mean 1.6) to spawn. The most important factor to respawn spawned females again was the mussel. It takes 11 to 53 days (mean 29.5) from extraction to reextraction of females which have elongated ovipositor. The egg numbers of reextraction were 2 to 41 (mean 19). This experiments showed the tendency the more standard length of females grows, the more the number of extracted eggs increases.

Key words : Spawning conditions, respawning conditions, *Acheilognathus signifer*, *Lamprolula leai*

서 론

잉어과(Cyprinidae) 납자루아과(Acheilognathinae) 어류는 몸이 납작하고 체고가 높은 소형 담수어로서 전세계에 약 40여 종이 알려져 있으며 그중 납줄개 *Rhodeus sericeus*, *R. amarus*, *R. colchicus* 3종은 유럽-지중해 지역까지 분포하고 나머지 종들은 중국대륙, 시베리아 남부, 북부베트남, 한국, 대만, 일본 등지에 주로 분포한다(Bogutskaya and Komelev, 2001; Damme *et al.*, 2007). 우리나라에는 멸종된 것으로 알려진 서호납줄개 *R. hondae*를 포함하여 2속 14종이 기록되어 있다(김 등, 2005; Kim and Kim, 2009). 본 아과 어류의 암컷은 산란시기에 길게 신장된 산란관을 이용하여 담수산 이매패의 아가미에 산란하고 3~6주 후 조개의 밖으로 나와 독립된 생활을 하는 독특한 생물학적 특징을 가지고 있다(Uchida, 1939; Aldridge, 1999).

묵납자루 *Acheilognathus signifer*는 한국고유종으로서 최

근 발행된 한국의 멸종위기 야생동식물 적색자료집 (Red Data Book)에서 준위협(NT)종으로 포함되었다(국립생물자원관, 2011). 본 종은 한강수계를 포함하여 이북지역인 임진강, 대동강, 압록강, 성천 및 회양 등에 분포하는 것으로 알려져 있고(Uchida, 1939; 김, 1997), 동일 아과 내 다른 어류보다 비교적 상류에 서식하며 작은말조개 (*Unio douglasiae sinuolatus*)에 산란한다고 보고된 바 있다(Back, 2005). 본 종에 대한 기초 생물학적 연구는 묵납자루의 생태학적 연구(Back, 2005)에서 매우 자세하게 연구되었으며, 난발생과 자어의 발육 및 자어의 포피상돌기(Suzuki and Jeon, 1988), 초기발생과 분류(김과 김, 1989), Oculocutaneous Albinism에 대한 조직학적 연구(Oh *et al.*, 2008), 알비노 묵납자루의 부위별 색소발현(Oh *et al.*, 2010) 등에서 많은 연구가 진행되었다. 그러나 인공증식 기술개발에 있어서 중요한 요인인 산란 조건에 관한 자세한 연구는 아직까지 진행된 바 없다.

최근 우리나라에 서식하고 있는 어류는 하천의 개발압과 서식환경의 급격한 변화로 그 분포역과 서식개체수가 현저히 감소되고 있는 추세이다(환경부, 1997~2005). 우리나라 납자루아과 어류 중에는 임실납자루(I급)와 묵납자루(II급)

*Corresponding author: Hyun Yang Tel: 82-63-246-8600,
Fax: 82-63-246-8610, E-mail: bitterling@hanmail.net

만이 야생생물 보호 및 관리에 관한 법률(2013년 6월 23일 시행)에 근거하여 법적보호종으로 지정되어 있는 실정이며, 김 등(2011)은 멸종위기에 처한 본 종들에 대한 보호와 자원 유지를 위한 기초적인 생물학적 연구, 인위적인 증식·복원 방법 개발 그리고 서식지의 종 보존의 필요성을 지적한 바 있다.

따라서 본 연구에서는 멸종위기에 처하여 감소되고 있는 목납자루의 보존과 증식을 위한 방안으로 일정한 광주기와 수온에서 실내실험을 통하여 목납자루의 산란을 유도하는데 있어서 중요한 요인을 조사 분석하고자 하였다. 이를 통해서 본 종의 인공증묘생산에 효율적인 사육기술을 세우고 목납자루의 증식과 보존을 위한 기초자료를 마련하고자 한다.

재료 및 방법

1. 친어확보

목납자루는 멸종위기 야생생물 II급으로 지정되어 있는 법적보호종이므로 원주지방환경청의 포획허가(제2011-39호)를 받아 2011년 6월에 충북 괴산군 청천면에서 유인어망(망목, 3×3 mm)을 설치하고 1시간 후에 회수하여 포획하였다. 실험을 위한 산란조개의 선택은 작은말조개에 대한 보고만 있었으나(Back, 2005), 연구 결과 꾀체두드럭조개(*Lamprotula leai*)에 산란하는 효율과 빈도가 더 높아서 꾀체두드럭조개를 사용하였고 수중잠수를 통하여 손으로 직접 채집하였다. 이후 채집된 목납자루는 MS-222 마취제를 이용하여 마취시킨 후 산란이 가능할 정도인 전장 60~70 mm의 크기 중 산란관이 신장된 암컷과 추성발달이 현저한 수컷을 선별하여 실험실로 이송하였다.

2. 산란유발 및 자연산란유도

목납자루 암컷의 산란 유발에 수컷과 조개가 미치는 영향을 알아보기 위하여 산란 가능한 암컷과 수컷은 따로 선별하여 3개의 수조에 (A) 암컷, (B) 암컷, (C) 암컷+조개를 넣어 35일간 실험을 진행하였다. 35일 이후부터 (A)에는 수컷, (B)에는 조개, (C)에는 수컷을 각각 합사하여 60일까지 암컷의 산란관 길이 변화와 수컷의 반응을 관찰 기록하였다. 또한 산란관이 산란 가능할 정도로 신장된 암컷(10 AU 이상)과 추성발달이 현저한 수컷은 따로 선별하여 수조에 조개와 함께 넣어주어 자연산란을 유도하고 그 기간을 관찰하였다. 실험기간 동안은 광주기조건(D/L=10:14)과 수온(20±1°C) 상태를 일정하게 유지하였고 실험용 수조는 45(가로)×30(세로)×35(높이)cm의 유리 수조를 사용하였다.

3. 재산란 효율

산란을 한번 마친 암컷이 재산란하는 데 필요한 요인의 효율성을 확인하기 위해서 3개의 수조에 ① 10개체의 암컷(이하 10암컷), ② 10암컷+2개체의 수컷(이하 2수컷), ③ 10암컷+2개체의 조개(이하 2조개)의 3가지 조건으로 실험군을 나누어 50일 동안 산란관의 신장정도, 산란 가능한 길이까지 산란관이 신장되는 암컷의 개체수를 조사하였다.

4. 재산란 기간과 재채란개수

1개의 수조에 10암컷+2조개만을 투입하여 산란관길이의 변화를 관찰하고 산란이 가능할 것으로 판단되는 암컷은 채란 후 재채란이 가능한 기간과 재채란수를 60일 동안 조사하였다. 실험어의 재채란수를 확인하기 위해서 선별된 실험어는 MS-222 마취제를 사용하여 마취시켰고, 물속에서 복부압박법을 통해서 채란하여 최소한의 스트레스를 받도록 매우 조심스럽게 실험을 진행하였다. 10암컷의 각 개체들을 구분하여 관찰하기 위해서 시중에 판매하는 acrylic paint를 노랑색, 녹색, 파랑색, 핑크색, 보라색, 주황색, 흰색, 검정색, 회색, 빨강색의 10가지 색상을 목납자루의 왼쪽 미병부에 0.5 cc 인슐린 주사기를 이용하여 표지하였다. 실험에 사용된 목납자루는 전장 64~83 mm, 체중 3.1~7.3 g 사이의 개체였고 실험기간 동안은 광주기조건(D/L=10:14)과 수온(20±1°C) 상태를 일정하게 유지하였으며 실험용 수조는 60(가로)×45(세로)×40(높이)cm의 유리 수조를 사용하였다.

5. 실험수조 관리 및 관찰

산란관 길이변화는 암컷에 가장 영향을 적게 줄 수 있도록 육안관찰이 가능한 AU(anal fin unit, 1 AU=1/8 of the foremost ray in the anal fin, Duyvené De Wit, 1953)로 분석하였고 오후 1~2시 사이에 매일 관찰, 기록하였다. 수조 바닥에는 모래와 자갈을 깔아주고 수돗물을 2~3일간 받아 탈염소하여 사용하였다. 수조안은 공기펌프로 산소를 공급하였으며 걸이식 여과기로 수질을 정화하였다. 어류의 먹이는 관상어용 사료를 하루에 3회 공급하고 조개의 먹이는 플랑크톤 네트를 사용하여 가까운 연못에서 플랑크톤을 채취, 수조에 3일에 한번씩 공급하였다. 실험에 사용한 모든 조개는 목납자루 서식지에서 서식하는 꾀체두드럭조개를 사용하였다.

결 과

1. 산란유발

암컷의 산란 유발에 수컷과 조개가 미치는 영향을 알아

보기 위하여 산란 가능한 암컷들을 각각 (A), (B)수조에 나누어 넣고 관찰하였다. 암컷만 넣어준 (A)수조에서는 수조에 넣은 지 7일과 8일째 암컷의 산란관이 14, 13 AU까지 신장되었지만 곧 다시 6 AU 이하로 짧아졌고, (B)수조에 넣은 암컷의 산란관은 35일 동안 6 AU 이상으로 신장되지 않고 축소된 채로 지속되었다. 그러나 35일 후 (A)수조에 수컷을 투입하자 (female+male) 38일째와 39일째 암컷의 산란관은

각각 13, 11 AU까지 신장되었다 다시 축소되었고 45일째에는 16 AU까지 신장되었다. 수컷이 합사된 시점부터 수컷은 세력권을 형성하였고, 암컷을 지속적으로 주둥이로 쫓아내는 행동을 보였다. (B)수조에는 조개를 투입하자 (female+mussel) 1일 후인 36일째부터 즉시 산란관이 14 AU까지 신장하였고 이후 연속적으로 4~5일을 주기로 산란관은 신장과 축소를 반복하였으며 산란관이 신장된 상태는 1~2일 정도 지속되었다. 한편 암컷과 조개를 동시에 투입한 (C)수조에서는 암컷은 7일째부터 산란관이 11 AU까지 신장하였고 이후 4~6일을 주기로 산란관은 신장과 축소를 반복하였다. 35일 후 수컷을 투입하자 (female · mussel+male) 수컷은 즉시 세력권을 형성하여 조개를 확인하거나 암컷을 자극하면서 산란을 유도하는 산란행동을 보였고 합사 1일 뒤인 36일째에는 조개에서 산란된 알을 확인하였다. 산란이 이루어진 후부터 수컷은 매우 강한 세력권을 형성하고 산란한 암컷의 몸통을 주둥이로 쫓아대며 쫓아냈으며 그로 인해 암컷은 수컷 투입 5일 후인 40일째 폐사하였다 (Fig. 1).

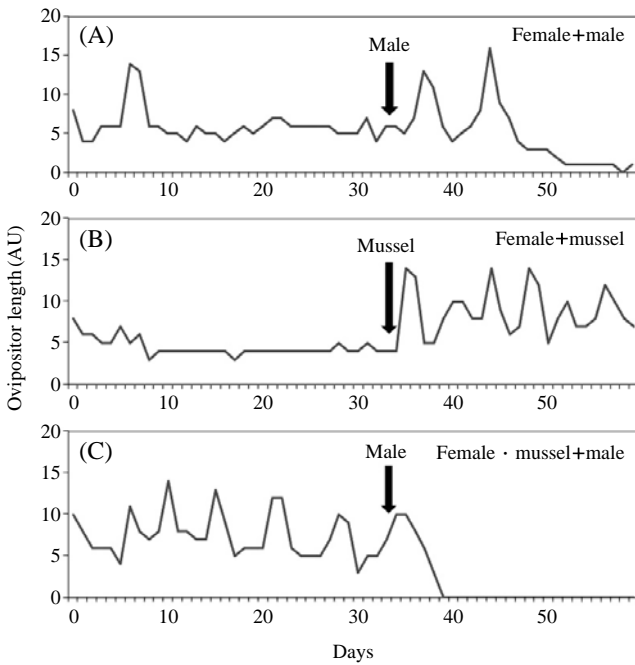


Fig. 1. Daily changes of ovipositor length (AU) in females of *Acheilognathus signifer* exposed to different artificial conditions in the aquariums. Arrow indicate the insertion day of a male or a mussel. (A) female (1 to 35 days)+male (36 to 60 days), (B) female (1 to 35 days)+mussel (36 to 60 days), (C) female · mussel (1 to 35 days)+males (36 to 60 days).

2. 자연산란유도

자연산란을 유도한 조개는 목납자루가 서식하는 충남 괴

Table 1. Induced natural spawning into the mussels of *Acheilognathus signifer*

Species	Joined month/day	Spawnd month/day	Spawning period (day)
<i>Lamprotula leai</i>	6/14	6/15	1
	6/14	6/17	3
	6/21	6/23	2
	7/5	7/6	1
	7/8	7/10	2
	7/18	7/19	1
Mean			1.6

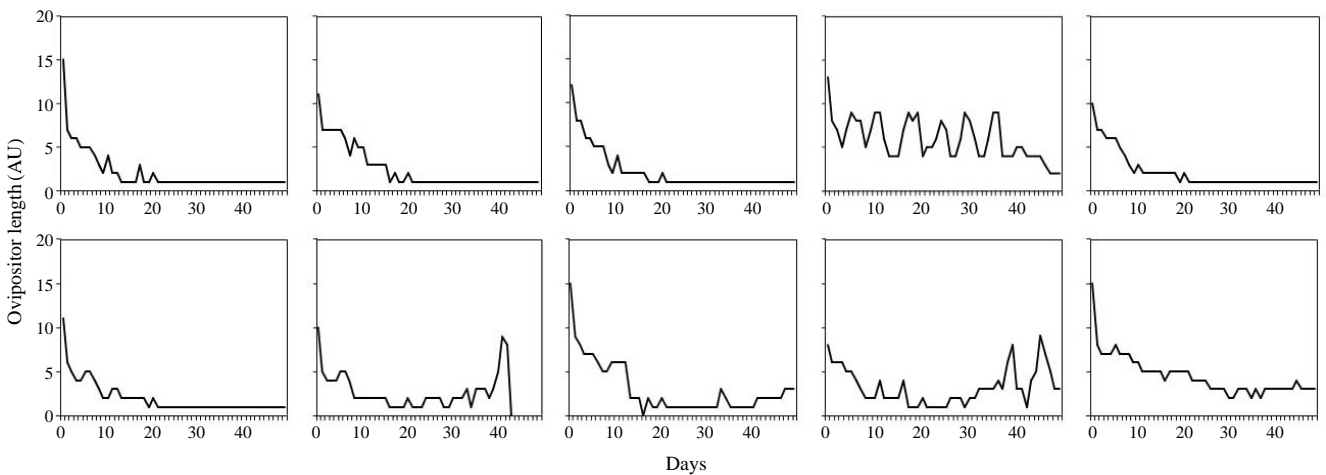


Fig. 2. Daily changes of ovipositor length (AU) in 10 females of *Acheilognathus signifer* only in the aquarium.

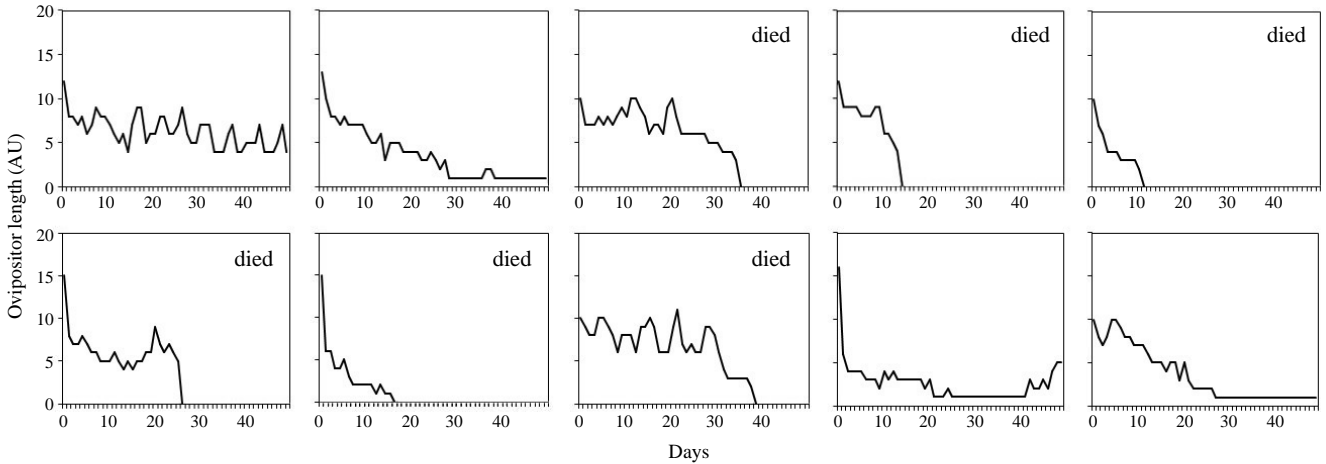


Fig. 3. Daily changes of ovipositor length (AU) in 10 females of *Acheilognathus signifer* with 2 males in the aquarium.

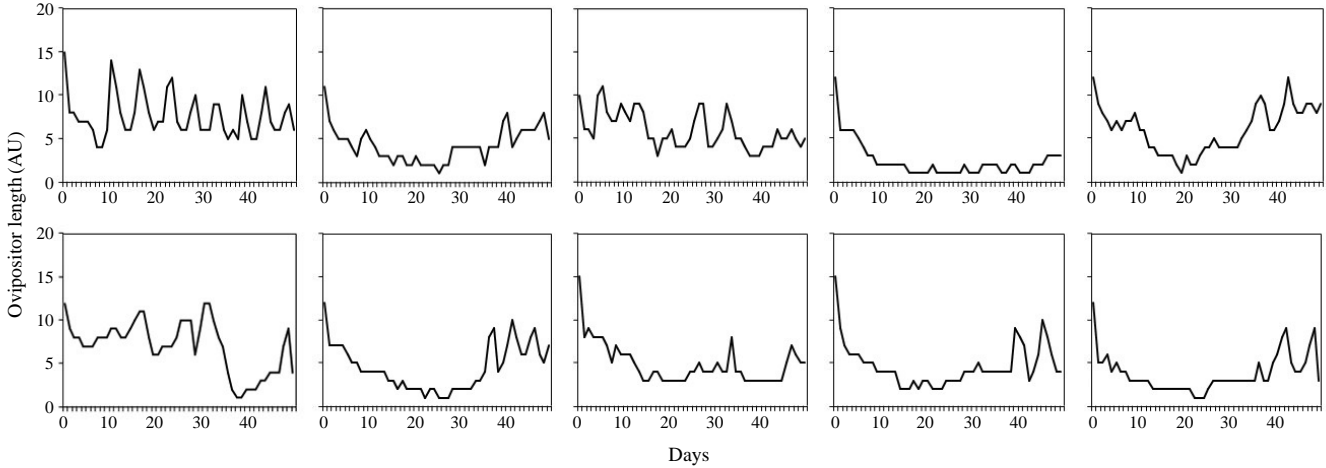


Fig. 4. Daily changes of ovipositor length (AU) in 10 females of *Acheilognathus signifer* with 2 mussels in the aquarium.

산란 청천면 조사지점에서 목납자루의 산란 빈도가 가장 높은 곳체두드럭조개를 넣어주었다. 자연산란유도 실험은 총 6회 실시하였고 암컷과 수컷을 조개가 있는 수조에 합사하자 즉각적으로 조개에 접근하였으며 산란은 100% 이루어졌다. 산란하는 데 걸리는 기간은 1~3일 사이였으며 평균 1.6일이 소요되었다(Table 1).

3. 재산란 효율

산란을 한번 마친 암컷이 재산란하는 데 중요한 요인을 분석하기 위해서 산란관의 신장정도를 관찰하였다. ① 10암컷 수조에서는 산란관이 모두 축소되었고 산란이 가능할 것으로 판단되는 10 AU 이상까지 산란관이 신장되는 개체는 관찰하지 못했으며 1개체만이 10 AU 이하의 산란관 길이에서 주기적인 신장과 축소가 반복되었고 7개체에서는 5 AU 이하로 산란관이 축소되었다(Fig. 2). ② 10암컷+2수컷

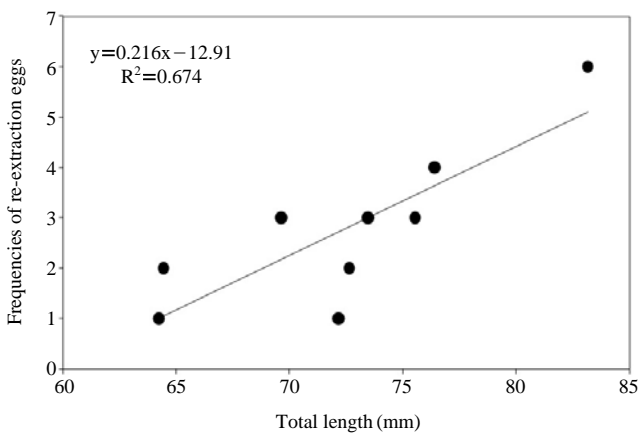
수조에서는 10 AU 이상까지 산란관이 신장되는 2개체를 관찰하였으나 나머지 개체는 모두 산란관이 축소되었다. 그러나 수조안에 있는 수컷은 암컷의 체측을 주둥이로 쫓는 세력권 행동을 지속적으로 보였고 결국 암컷 10개체 중 6개체는 폐사하였다 (Fig. 3). ③ 10암컷+2조개 수조에서는 10 AU 이상까지 산란관이 신장된 개체는 5개체를 관찰할 수 있었는데 산란관이 5 AU 이하로 짧아진 개체는 1개체였고 9개체들은 산란관이 지속적으로 신장과 축소를 반복하였다(Fig. 4).

4. 재산란 기간과 재채란개수

암컷의 산란관 신장에 영향을 미치는 최적 조건으로 확인된 10암컷+2조개만을 1개 수조에 투입하여 산란가능 정도로 산란관이 신장된 암컷의 채란 후 재채란까지 소요된 기간과 재채란수를 조사하였다. 실험개체 9번은 재채란

Table 2. The reextraction period (the number of reextraction eggs) of individual females of *Acheilognathus signifer* in the aquarium

Individuals	Total length (mm)	Reextraction period (the number of reextraction eggs)						Frequencies of reextraction eggs	Mean number of reextraction eggs	
		0	1	2	3	4	5			6
1	69.62	1 (24)	29 (14)	19 (23)	11 (18)				3	18
2	75.52	1 (38)	48 (17)	5 (9)	5 (20)				3	15
3	83.14	1 (28)	17 (39)	5 (38)	10 (41)	5 (5)	21 (9)	6 (21)	6	26
4	73.45	1 (20)	31 (28)	22 (2)	10 (26)				3	19
5	72.15	1 (18)	53 (27)						1	27
6	64.41	1 (18)	35 (18)	24 (5)					2	12
7	76.38	1 (26)	31 (4)	17 (26)	5 (22)	10 (3)			4	14
8	64.23	1 (34)	11 (3)						2	3
9	71.69	1 (24)							0	0
10	72.61	1 (29)	11 (31)	51 (25)					2	28

**Fig. 5.** The frequencies of reextraction eggs of individual females of *Acheilognathus signifer* in the aquarium.

할 수 없었으나 나머지 9개체에서는 재채란이 가능하였다. 실험개체 8, 10번에서는 11일만에 재채란이 가능하여 가장 짧은 기간이 소요되었고, 실험개체 5번은 53일만에 재채란이 가능하여 가장 오랜 기간이 소요되었다. 첫 채란부터 두 번째 채란까지 소요된 기간은 11~53(평균 29.5)일이 소요되었고 두 번째 채란부터 세 번째 채란까지 소요된 기간은 5~48(평균 20.4)일로 더 단축되었다. 실험을 진행한 60일 동안 실험개체 9번을 제외한 나머지 9개체에서는 1~6(평균 3)회까지 재채란이 가능하였고 재채란 횟수는 암컷의 크기가 커질수록 증가하는 경향을 나타냈다(Fig. 5). 재채란 수는 2~41(평균 19)개로 나타났으며 실험개체 3, 4, 5, 10 번은 첫채란보다 재채란했을 때 더 많은 수를 채란하였다(Table 2).

고 찰

납자루아과 어류는 담수산 이매패의 새강내에 산란하고 자어는 난황흡수를 마칠 때까지 이매패안에서 보내게 되며

이 때문에 납자루아과 어류와 조개와는 절대적인 공생관계에 있다고 알려져 있다(Kitamura, 2008). 본 아과 어류의 생식소 성숙과 산란관 신장은 광주기와 온도의 영향을 받으며, 산란관은 생식기간 동안 신장된 채 유지되지 않고 주기적으로 신축을 반복하기 때문에 암컷의 산란관 신장은 산란처로 이용하는 조개의 존재와 매우 깊은 관계가 있다고 보고된 바 있다(Verhoeven and van Oordt, 1955; Nishi and Takano, 1979; Song and Kwon, 1995; Chae, 2001).

Song and Kwon (1995)은 줄납자루 *A. yamatsutae*의 산란관 변화를 관찰한 결과 조개분비물을 투입했을 경우 1~2차례 신장되지만 살아있는 조개가 있을 경우에만 신장한다고 하였고, Verhoeven and Van Oordt (1955)는 *R. amarus*의 경우 조개 없이 수컷만 합사한 경우에도 산란관은 신장되지만 암컷, 수컷, 조개를 모두 합사한 조건에서 가장 짧은 산란관 신장 주기를 보인다고 보고하였다. Chae (2001)는 각시붕어 *R. uyekii*의 산란관 신장은 조개가 없을 때보다는 조개가 있을 때 산란관의 신축주기가 보다 짧아지는 것으로 보아 산란관 신장에는 조개의 영향이 크다고 보고한 바 있다. Back (2005)은 묵납자루의 산란관 단주기 변화를 관찰하면서 조개와 수컷이 없는 상태에서는 산란관의 신장이 거의 일어나지 않고 산란관의 신장에는 조개와 수컷이 필요하다고 하였다. 본 연구에서는 암컷과 수컷을 따로 구분하여 실험을 진행하였는데 수컷만 있을 경우에도 산란관의 신장은 일어났지만 곧 산란관이 급격히 축소하는 것을 관찰하였다. 그러나 조개만 있을 경우에는 4~6일의 주기를 반복적으로 하여 산란관의 신축이 나타난 것으로 미루어 묵납자루 암컷의 산란관의 신장은 수컷보다 조개가 보다 필수적인 요소인 것으로 추정된다.

암컷의 산란관 신장 주기는 보고된 종마다 차이점을 보이고 있었는데 줄납자루는 2~4일 간격으로 신축과 축소를 반복하고(Song and Kwon, 1995), 흰줄납줄개 *R. ocellatus*는 5~10일 이상의 신축주기를 가지며 신장된 상태로 1~2일 정도 지속되는데(Nishi and Takano, 1979), 각시붕어는 4~15일의 신축주기를 가지고 신장된 상태는 1~3일 정도

Table 3. Comparison of some aspects on the elongation of ovipositor among species based on the present and previous reports

Species	Elongation without mussels	Duration of elongated state (days)	Periodicity of elongation (days)	Reference
<i>Acheilognathus sinifer</i>	Rare	1~2	4~6	Present result
<i>Acheilognathus sinifer</i>	Rare	1~2	2~7	Back (2005)
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	No	1	2~4	Song and Kwon (1995)
<i>Rhodeus uyekii</i>	Well	1~3	4~15	Chae (2001)
<i>Rhodeus amarus</i>	Tolerably well	1~2	5~13	Verhoeven and van Oordt (1955)
<i>Rhodeus ocellatus</i>	-	1	5~10	Nishi and Takano (1979)
<i>Rhodeus ocellatus</i>	-	1~2	6~9	Kanoh (2000)

지속된다고 보고된 바 있다(Chae, 2001). Back (2005)은 목납자루의 신축주기는 2~7일이고 지속기간은 1~2일이라고 보고하였는데 이는 4~6일의 신축주기를 가지며 1~2일간 지속된 본 연구와 신축주기에서는 약간의 차이점을 보였으나 산란관의 지속기간은 유사하였다(Table 3).

납자루아과 어류의 수조 내 산란에 관해서 Song and Kwon (1989)은 줄납자루의 경우 암컷과 조개를 넣어준 후 수컷을 합사했더니 약 4회의 산란을 했다고 보고한 바 있다. 본 실험에서 산란이 가능할 정도로 산란관이 길어진 목납자루 암컷과 수컷 그리고 산란조개를 동시에 투입하자 1~3일 이내에 자연산란이 가능했던 점으로 미루어 납자루아과 어류의 자연산란 유도는 산란조건을 맞춰준다면 인위적인 조절이 가능한 것으로 생각된다. 다만 목납자루의 경우에는 자연산란이 1회 이루어진 후 수컷의 세력권 방어 행동이 너무 강하여 암컷을 지속적으로 공격하였는데 200 L의 순환식여과수조를 이용해서 자연산란을 유도한 실험에서는 암컷이 공격받을 경우 멀리 피할 수 있는 공간이 있어 큰 영향을 받지 않는 모습을 보였다(unpublished data). 이에 목납자루 수컷의 세력권 형성 크기보다 넓은 공간을 제공해 줄 수 있는 수조를 이용하거나 은신할 수 있는 공간을 제공한다면 여러차례에 걸친 자연산란유도가 가능할 것으로 생각된다.

생물을 실내에서 성숙시키고 증식시키는 것은 그 종의 증식·복원을 위하여 매우 중요한 방안이다. 산란을 마친 암컷은 재산란의 조건에서 암컷만 있던 수조에서는 산란관의 신장이 매우 미약하였고, 수컷과 합사한 수조에서는 2개체가 산란관이 신장하였으나 수컷의 세력권 행동이 너무 강하게 나타나 폐사하는 개체가 확인되었다. 그러나 암컷과 조개를 합사한 수조에서는 산란관이 산란가능한 길이까지 신장된 개체가 5개체였고, 9개체에서는 지속적인 산란관의 신장 축소가 반복되는 양상을 관찰하였는데 자연산란을 유도하지 않고 지속적인 채란을 통한 인공증식의 경우에는 암컷과 조개만을 합사하여 사육하는 것이 가장 효과적인 방법인 것으로 생각된다.

멸종위기 야생생물로 지정된 어류의 경우 현행 멸종위기 야생 동·식물의 인공증식에 관한 규정(2005년 7월 17일

제정)에 따르면 어류는 1회 최대 포획·채취 개체수가 40마리로 규정되어 있다. 포란수가 상대적으로 적은 목납자루는 대량인공증식을 위해서 친어로서 사용하는 데 있어서 친어 개체수 확보에서 어려움이 따른다. 이에 자연산란 혹은 인공채란한 친어 개체로부터 재채란할 수 있는지 여부를 파악하는 것은 매우 중요한 요인인데 본 연구에서 암컷과 조개만을 넣어주었을 경우에도 재채란이 가능하였다. 김등(2011)의 연구에서는 목납자루 복부를 압박해서 채란한 결과 10~35(평균 20)개의 알을 채란하여 본 연구에서 재채란수인 평균 19개, 자연상태에서 채란했을 때 얻었던 평균 22개와 유사한 값을 보였다. 그러나 친어를 이용한 시점이 목납자루의 산란기 중에 포획한 개체를 이용한 실험이어서 산란이 이루어진 개체도 포함되어 있을 가능성이 높기 때문에 첫채란 및 재채란수에 영향을 줄 수 있을 것으로 판단되어 산란기 이전에 포획된 개체를 대상으로 추가적인 실험이 수행되어야 할 것으로 생각된다. 안(1995)은 24°C 이상의 고수온에 이르면서 각시붕어의 생식소 퇴화가 일어나 산란기가 종료할 수 있다고 보고한 바 있는데 본 연구에서는 일정한 수온조건(20±1°C)에서 실험을 진행하였고 9개체 중 4개체에서는 첫채란보다 재채란에서 채란수가 증가한 결과도 확인하였다. 이와 같은 결과가 다회 산란으로 인한 성숙란의 감소때문인지 고수온으로 인한 생식소 퇴화의 영향때문인지 본 연구의 결과만으로는 확인할 수 없으나 장기간에 걸친 실험을 진행한다면 확인이 가능할 것으로 판단된다.

포란수가 적은 목납자루는 지속적인 대량 증식을 위해서는 건강한 친어와 조개를 이용하여 안정된 시스템을 구축한다면 재채란을 통해 연중 치어 생산이 가능할 것으로 판단되지만 사육실내에서 재채란한 목납자루 알의 색이 자연 상태에서 바로 채란한 알의 색보다 선명하지 않고 부화율 역시 낮은 편이어서 건강한 친어 상태를 유지하기 위한 먹이양, 먹이종류, 광주기, 수온 등 환경관리가 반드시 이루어져야 할 것으로 생각된다. 특히, 각시붕어(안, 1995), 금붕어(Rasani and Hanyu, 1985a, b), 잉어(Davies and Hanyu, 1986; Davies et al., 1986)의 경우처럼 재성숙을 위해서는 수온의 자극이 필요한 종들이 있다고 알려져 있어서 지속적인 인

공중식을 위해서는 최적 수온 및 입계 수온에 대한 추가 실험이 진행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 목납자루의 산란조건, 재산란 가능여부 그리고 그 효율성에 대하여 검토하였으며 목납자루는 인공중식과 지속적인 재산란이 가능함을 확인하였다. 현재 우리나라에 서식하고 있는 납자루아과 어류는 14종(서호납줄갱이 포함)으로 이 중 7종이 고유종이고 목납자루를 포함하는 본 아과 어류들은 아름다운 채색을 가지며 조개에 산란하는 독특한 생물학적 특성을 가지고 있어서 관상어로서 가치가 매우 높다고 생각된다. 이에 현재까지 매우 부족한 고유종 납자루아과 어류에 대한 기초 생활사 및 산란생태 연구를 시행하여 생물학적 특징에 대한 자료를 축적해야 할 것이며, 인공중식 기술개발과 함께 고유한 우리나라의 생물자원이 종들에 대한 생물자원 주권을 확보할 수 있도록 지속적인 노력이 필요하다고 생각된다(김 등, 2011).

요 약

목납자루의 산란 및 재산란에 영향을 미치는 요인을 알아보고자 실내실험을 실시하였다. 암컷의 산란 유발은 수컷보다 조개에 더욱 민감하게 반응하였고 조개와 함께 합사한 암컷의 산란관은 4~6일을 주기로 신장과 축소를 반복하였으며 산란관의 신장기간은 1~2일 정도 지속되었다. 산란이 임박한 암컷과 수컷의 자연산란을 유도한 결과 산란이 이루어지는 데 소요된 기간은 1~3(평균 1.6)일이었다. 산란을 마친 암컷이 재산란하는 데 가장 중요한 요인은 조개로 나타났고 암컷을 채란한 후 재채란하는 데까지는 11~53(평균 29.5)일이 소요되었다. 재채란수는 2~41(평균 19)개로 나타났으며 암컷의 체장이 커질수록 채란되는 알의 수는 증가하는 경향을 보였다.

사 사

연구 수행 중 많은 조언을 해주신 손영복 교수님, 홍영표 박사님, 이완옥 박사님, 변명섭 박사님, 김병직 박사님, 최승호 박사님 그리고 공동으로 연구를 도와주신 방인철 교수님과 (주)생물다양성연구소 연구원들에게 감사드립니다. 본 연구는 국립생물자원관 “2011년도 멸종위기 담수어류(통사리 등 4종) 증식·복원 연구” 연구비에 의해 수행되었습니다.

인 용 문 헌

강연중 · 김치홍 · 박인석 · 양 현 · 조용철. 2006. 각시붕어 (*Rho-*

- deus uyeckii*)와 떡납줄갱이 (*R. notatus*) (Pisces: Cyprinidae) 잡종의 초기발생 특징. 한국어류학회지, 18: 339-346.
- 국립생물자원관. 2011. 한국의 멸종위기 야생동식물 적색자료집 (어류). 국립생물자원관.
- 김익수. 1997. 한국동식물도감 제37권 동물편 (담수어류). 교육부.
- 김익수 · 김치홍. 1989. 한국산 잉어과 어류 칼납자루 (*Acheilognathus limbata*)와 목납자루 (*A. signifer*)의 초기발생과 분류에 관한 연구. 동물학회지, 32: 22-33.
- 김익수 · 최 윤 · 이충렬 · 이용주 · 김병직 · 김지현. 2005. 원색 한국어류대도감. 교학사.
- 김치홍 · 이완옥 · 이종하 · 백재민. 2011. 고유종 칼납자루의 재생산 기초 연구. 한국어류학회지, 23: 150-157.
- 안철민. 1995. 각시붕어, *Rhodeus uyeckii*의 생식주기에 미치는 광주기 및 수온의 영향. 한국어류학회지, 7: 43-55.
- 환경부. 1997~2005. 제2차 전국자연환경조사 보고서.
- 환경부 국립생물자원관. 2011. 멸종위기 담수어류(통사리 등 4종) 증식·복원 연구. 환경부 국립생물자원관.
- Aldridge, D.C. 1999. Development of European bitterling in the gills of freshwater mussels. J. Fish Biol., 54: 138-151.
- Back, H.M. 2005. Ecological studies on the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae) in Korea. Ph. D. thesis Gangwon National University. (in Korean)
- Bogutskaya, N.G. and A.M. Komel'v. 2001. Some new data to morphology of *Rhodeus sericeus* (Cyprinidae: Acheilognathinae) and a description of a new species, *Rhodeus colchicus*, from West Transcaucasia. Proc. Zool. Inst., 287: 81-97.
- Chae, B.S. 2001. Elongation of the ovipositor in Korean rose bitterling, *Rhodeus uyeckii* (Pisces: Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 13: 111-116. (in Korean with English abstract)
- Damme, V.D., N. Bogutskaya, R.C. Hoffmann and C. Smith. 2007. The introduction of the European bitterling (*Rhodeus amarus*) to west and central Europe. Fish and Fisheries, 8: 79-106.
- Davies, P.R. and I. Hanyu. 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp: I. Under conditions of high temperature. Aquaculture, 51: 277-288.
- Davies, P.R., I. Hanyu, K. Furukawa and M. Nomura. 1986. Effect of temperature and photoperiod on sexual maturation and spawning of the common carp: II. Under conditions of low temperature. Aquaculture, 52: 51-58.
- Duyvené De Wit, J.J. 1953. Factors affecting ovipositor development in the female bitterling (*Rhodeus amarus* Bloch). Experientia, 9: 71-72.
- Kanoh, Y. 2000. Reproductive success associated with territoriality, sneaking and grouping in male rose bitterling, *Rhodeus ocellatus* (Pisces: Cyprinidae). Environ. Biol. Fish, 57: 143-154.
- Kim, H.S. and I.S. Kim. 2009. *Acanthorhodeus gracilis*, a junior synonym of *Acheilognathus chankaensis* (Pisces: Cyprinidae) from Korea. Korean J. Ichthyol., 21: 55-60.
- Kitamura, J. 2008. Bitterling fishes (Cyprinidae: Acheilognathinae):

- current threats and conservation. Japan J. Ichthyol., 55: 139-144. (in Japanese)
- Nishi, K. and K. Takano. 1979. Effects of photoperiod and temperature on the ovary of the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido University, 30: 63-73. (in Japanese)
- Oh, M.K., J.Y. Park, M.J. You, E.J. Kang, S.G. Yang, E.O. Kim, Y.C. Jo, I.S. Park, C.H. Kim and I. Toshihiro. 2008. Histological study of oculocutaneous albinism in the Korean bitterling, *Acheilognathus signifer* (Osteichthyes; Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 20: 167-172.
- Oh, M.K., J.Y. Park, C.H. Kim and E.J. Kang. 2010. Study on the pigmentation of albinic bitterlings *Acheilognathus signifer* (Pisces; Cyprinidae) based on its entire body, appendage and eye. Korean J. Ichthyol., 22: 96-104.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1986a. Annual reproductive cycle 2~3 years old female goldfish and its artificial modification by manipulations of water temperature and photoperiod. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 965-969.
- Razani, H. and I. Hanyu. 1986b. Effects of continued short photoperiod at warm temperature and following change of regimes on gonadal maturation of goldfish. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 52: 2061-2068.
- Song, H.B. and O.K. Kwon. 1989. Studies on the deposition and developmental characters of *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae) from the lake Uiam. Korean J. Limnol., 22: 51-70.
- Song, H.B. and O.K. Kwon. 1995. Spawning conditions of bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae). Korean J. Ichthyol., 7: 18-24. (in Korean with English abstract)
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1988. Development of the bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Korean J. Limnol., 21: 165-179.
- Uchida, K. 1939. The fishes of Tyôsen (Korea). Part 1. Nematognathi and Eventognathi. Bull. Fish. Exp. Sta. Gov. Gener. Tyôsen. 6., 458pp. (in Japanese)
- Verhoeven, B. and G.J. Van Oordt. 1955. The influence of light and temperature on the sexual cycle of the bitterling *Rhodeus amarus*. Zoology, pp. 628-632.