

각시붕어, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae)의 산란관의 신장

채 병 수

국립환경연구원 생물다양성센터 생태조사단

Elongation of the Ovipositor in Korean Rose Bitterling, *Rhodeus uyekii* (Pisces: Cyprinidae)

Byung-Soo Chae

Biodiversity Center, National Institute of Environmental Research, Incheon 404-170, Korea

Factors influencing elongation of the ovipositor in the bitterling *Rhodeus uyekii* were examined under several conditions. The ovipositors of the females were periodically elongated under the presence of mussels or males, and in some cases without either. When females were reared without mussels and males, the ovipositor did not elongate in one fish in a large aquarium, but it did become elongated in another fish in a small aquarium and in many fishes in a large aquarium. Duration of the elongated state of the ovipositor was 1~3 days (mean 1.2~2.5 days) and the periodicity of elongation was 4~15 days (mean 6.4~11.9 days). Length of the elongated ovipositor was 68~100% (mean 78.5~98.8%). Length of ovipositor in the interpeak period was 20~51% (mean 27.3~33.1%); in the post-elongation period it did not elongated further 3~30% (mean 11.1~19.9%). The effect of aquarium size and number of individuals in the aquarium on the elongation of the ovipositor, and inter-specific or inter-generic differences based on previous reports are discussed.

Key words : Elongation of ovipositor, *Rhodeus uyekii*

서 론

납자루아과 (Acheilognathinae)의 어류는 잉어과 (Cyprinidae)에 속하는 소형 어류로서 한반도, 중국, 일본, 베트남 등의 동아시아에 주로 분포하며 40여종이 알려져 있는데, 유럽 및 러시아 등의 북부지방에도 1종이 분포하고 있다 (Nagata, 1976). 이 아과에 속하는 어종들은 산란시기에 암컷에서 산란관이 길어져서 석패과 (Family Unionidae)에 속하는 담수 이매패의 새강에 산란하는 독특한 습성을 지니고 있다 (Uchida, 1939; Nakamura, 1969). 암컷의 산란관은 비산란기나 산란 후에는 짧은

상태로 유지되지만 산란 직전에 길게 신장되며, 산란시기에 항상 신장된 채로 유지되는 것이 아니고 주기적으로 신장과 축소를 반복한다. 이러한 산란관의 신장과 난소의 성숙은 빛과 온도 및 호르몬의 영향을 받는 것으로 알려져 있다 (de Groot and Duyvene de Wit, 1949; Verhoeven and Van Oordt, 1955; Nishi and Takano, 1979). 출납자루 (*Acheilognathus yamatsutae*)에 있어서는 수컷의 존재보다 조개의 존재가 산란관의 신장에 결정적인 영향을 미치는 것으로 보고되어 있다 (Song and Kwon, 1989, 1995). 본 연구의 대상인 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)는 한강 이남의 서해와 남해로 유입되는 하천에 서식하는 한반도 고유종으로서 북한에는 서식하지 않는 것으로 알려

져 있다 (Jeon, 1980, 1982; Son, 1993). 분포 이외의 각시붕어에 대한 연구는 남줄갱이와의 인공교잡 (Suzuki and Jeon, 1988)과 초기발생 (Suzuki *et al.*, 1985; Kim and Han, 1990), 골격구조 (Kim, 1997) 등에 대한 것이 있다. 본 연구에서는 각시붕어를 대상으로 산란관의 신장에 대하여 조사한 결과 줄납자루와는 전혀 다른 반응을 보였기에 보고하며 그 원인에 대하여 추론하였다.

재료 및 방법

본 연구에 사용된 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)는 1998년 9~10월에 대구광역시 동구 금강동의 금호강에서 유인어망 및 죽대 (망목 3×3 mm)를 사용하여 채집하였고, 실험실로 운반하여 수조 내에서 월동·순화시켰다. 말조개 (*Unio douglasiae*)는 각시붕어와 같은 지점에서 채집하여 사용하였다. 실험기간 동안 각시붕어에게는 열대어 사료를 매일 소량씩, 말조개에게는 플랑크톤 네트로 플랑크톤을 채취하여 4~5일에 1회씩 급이하였다. 산란관 신장에 대한 실험은 1999년 4~5월에 걸쳐 수행하였다.

산란관의 신장에 영향을 줄 수 있는 조건으로서 ① 조개+1암컷, ② 조개+1수컷+1암컷, ③ 1수컷+1암컷, ④ 1암컷, ⑤ 5암컷, ⑥ 1암컷의 6가지 조건을 설정하였으며, ①~⑤는 큰 수조, ⑥은 작은 수조에서 수행하였다. 큰 수조는 45×40×30 cm, 작은 수조는 15×40×30 cm의 크기를 사용하고, 저면여과식으로 수질을 정화하였다. 큰 수조에는 45 liters, 작은 수조에는 15 liters의 물을 채웠다. 실험기간 동안 빛조건은 14L-10D를 유지하였으며, 수온은 별도로 조절하지 않고 실온의 변화에 따르도록 하였다.

산란관의 길이를 측정하는 단위로서 기존의 보고들에서는 AU (anal unit; 1 AU = one eighth of the length of first anal fin)를 사용하고 있으나 (Nishi and Takano, 1979; Song and Kwon, 1989) 정확한 AU를 확인하기 위해서는 실험이 끝난 후 각 개체에 대하여 뒷지느러미의 길이를 측정하여야 하는 번거로움이 있다. 따라서 본 연구에서는 산란관의 길이 단위로서 변경된 방법을 사용하였다. 산란관의 신장율을 계산하기 위하여 많은 개체의 산란관 길이의 변화를 관찰한 결과 각시붕어에서는 꼬리지느러미의 후단과 尾叉部 사이의 중간 지점이 최대 길이로 길어지는 지점으로 판단되었다. 따라서 관찰에 사용된 모든 개체의 이 점을 잠재적 최대 신장점으로 보고 실제 관찰된 길이의 율을 다음과 같이 계산하였다. 산란관 길이 (%) = (관찰된 산란관의 실제 길이/잠재적 최대 길이) × 100. 각 실험 개체에서 산란관의 길이는 매일

오후 5~6시에 관찰하여 기록하였다.

결 과

각 조건이 암컷의 산란관 신장에 미치는 영향을 관찰한 결과 대부분의 조건에서 산란관이 신장되었는데, 큰 수조에 암컷 1개체를 넣은 경우에는 신장되지 않았으며 큰 수조에 암컷 5개체를 넣은 경우에도 신장되지 않는 개체가 있었다 (Figs. 1-3, Table 1).

조개와 암컷을 같이 넣은 경우 7일째와 3일째에 각각

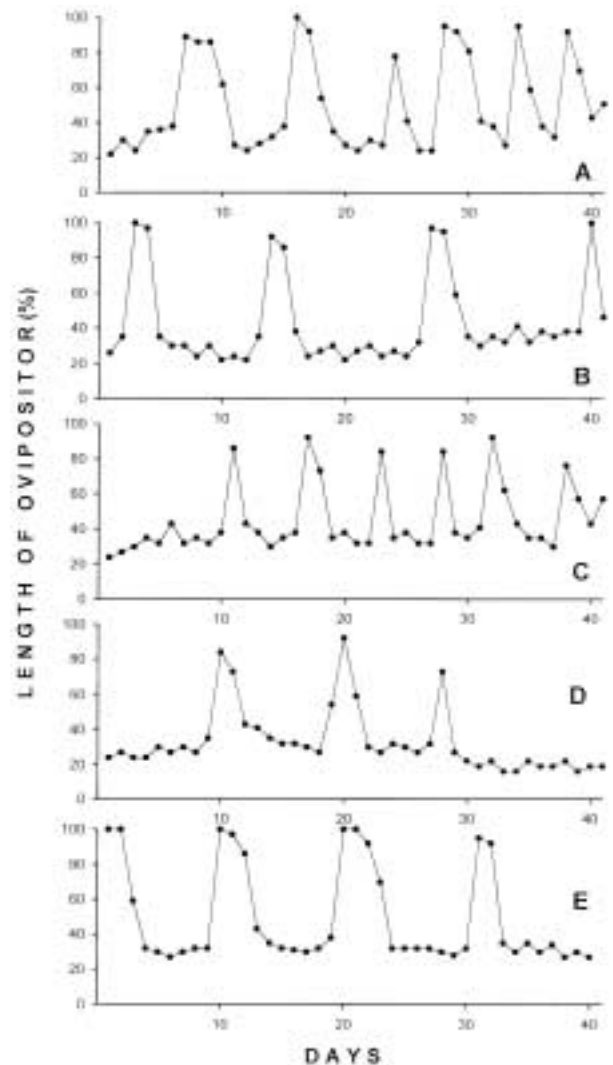


Fig. 1. Elongation of ovipositor in females of *Rhodeus uyekii*. Each female was kept in a large aquarium in the following condition: A and B, mussels+a female; C and D, mussels+a male+a female; and E, a male+a female.

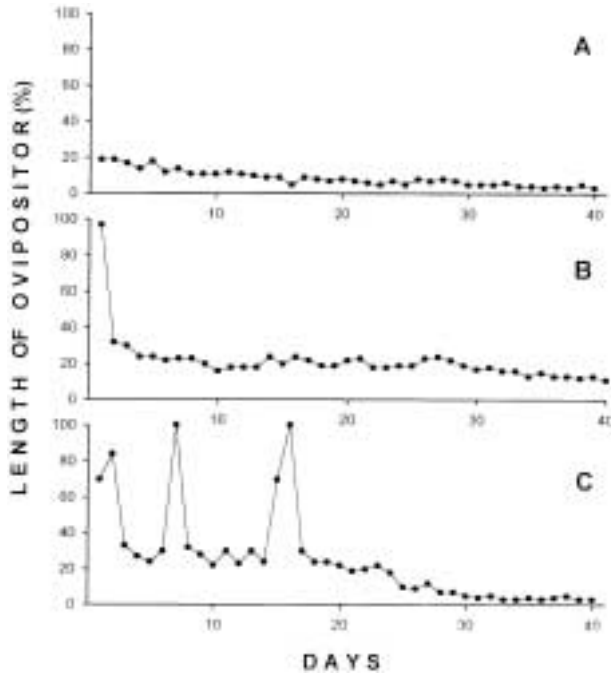


Fig. 2. Elongation of ovipositor in females of *Rhodeus uyekii*. Each female was kept in an aquarium in the following conditions. A and B: a female in large aquarium, C: a female in small aquarium.

두 개체 모두 산란관이 신장하기 시작하였고 A개체는 초기에는 8~9일 간격으로, 후기에는 4~5일 간격으로 신축하였으며 B개체는 11~13일 간격으로 신축을 되풀이하였다. 그리고 신장된 산란관은 2~3일간 신장된 채로 유지된 후 급격히 축소되었다 (Fig. 1A, B).

암컷을 수컷 및 조개와 함께 넣은 경우에는 각각 10일과 11일째에 신장되기 시작하였다. C개체는 11일째에 신장하여 4~6일 간격으로 신축을 되풀이하였으며 D개체는 10일째에 신장을 시작하여 8~10일 간격으로 길어졌다. 그러나 이 경우에는 조개+암컷의 경우와는 달리 신장된 산란관의 지속기간이 1일 정도로 짧았다. D개체는 3회 신축을 반복한 후 장기간 관찰했지만 산란관의 신장이 다시 일어나지 않았다 (Fig. 1C, D). 조개 없이 암컷과 수컷을 넣은 경우 (Fig. 1E)에는 최초로 산란관이 긴 개체를 넣었는데 10~11일 주기로 신축을 되풀이하였으며 신장된 상태는 2~3일 정도 유지되었다.

큰 수조에 암컷만 넣은 경우에는 산란관이 짧은 개체와 긴 개체를 각각 두 개의 수조에 나누어 넣었는데, 두 개체 모두 산란관의 신장이 일어나지 않았다 (Fig. 2A, B). 큰 수조의 1/3 크기의 작은 수조에 암컷 한 개체를 넣은 경우에는 산란관이 다소 긴 상태에서 시작하였는데 7일과 16일째에 2회 신장한 후 더 이상 길어지지 않

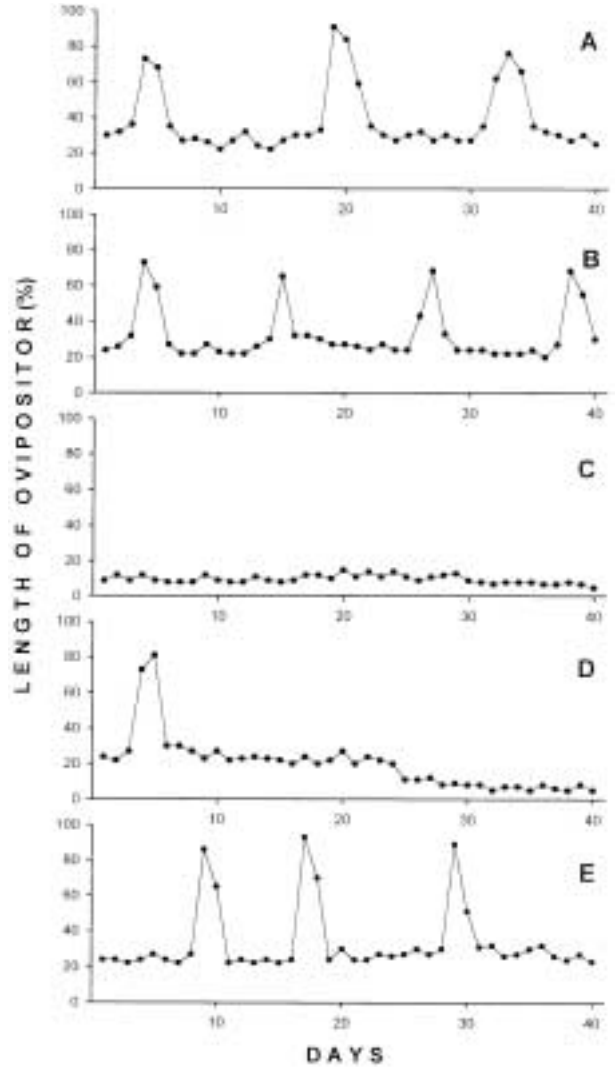


Fig. 3. Elongation of ovipositor in five females of *Rhodeus uyekii* which were kept in a large aquarium together. Each graph represents that of one female.

았다 (Fig. 2C).

한 개의 큰 수조에 산란관이 짧은 5개체를 투입하여 산란관의 신장을 관찰한 결과 (Fig. 3) 4개체는 산란관이 1회 이상 길어졌으나 1개체 (Fig. 3C)는 산란관이 신장되지 않았다. 산란관이 길어진 4개체 중 1개체는 4~5일째에 1회 산란관의 신장이 일어났을 뿐 그 이후에는 더 이상 길어지지 않았다 (Fig. 3D). 산란관이 주기적으로 신축된 3개체는 각각 14~15일, 11~12일, 8~12일 간격으로 신축이 일어나 개체에 따라 상당한 변이를 나타내었다. 산란관이 신축한 경우에 그 길이는 최대길이의 70~90% 정도로서 다른 경우보다 신장의 정도가 약하였다 (Fig. 3A, B, E).

각 조건에 대한 암컷 산란관의 반응을 수량화한 것은

Table 1. Duration and periodicity of elongated state and length of ovipositor according to conditions

Conditions	Mussels +a female	Mussels +a male +a female	A male +a female	A female	Five females	A female
Aquarium size	Large	Large	Large	Large	Large	Small
Elongation	occurred	occurred	occurred	not	occurred or not	occurred
Duration of elongated state (days)	1.8±0.8 (1~3)	1.2±0.4 (1~2)	2.5±0.6 (2~3)	—	1.8±0.6 (1~3)	1.7±0.6 (1~2)
Periodicity of elongation (days)	8.5±3.7 (4~13)	6.4±2.0 (4~10)	10.3±0.6 (10~11)	—	11.9±2.3 (8~15)	7.0±2.8 (5~9)
Length of ovipositor (%)						
Maximally elongated	93.8±6.7 (78~100)	84.8±6.9 (73~92)	98.8±2.5 (95~100)	—	78.5±10.0 (68~93)	94.7±9.2 (84~100)
Interpeak period	31.5±7.2 (22~41)	33.1±5.3 (24~43)	32.0±3.3 (27~43)	—	27.3±4.7 (20~51)	27.5±3.8 (22~38)
Post-elongation period	—	19.9±3.1 (16~27)	—	13.9±7.1 (3~32)	12.8±6.9 (5~30)	11.1±8.7 (3~30)

Table 1에 나타난 바와 같다. 신장된 산란관의 지속기간은 수컷+암컷의 조건에서 2.5±0.6일로 가장 길었으며 조개+수컷+암컷의 조건에서 1.2±0.4일로 가장 짧았다. 그러나 같은 조건에서도 개체에 따라 크게 다르므로 이러한 차이는 큰 의미는 없다.

산란관 신장의 주기는 조건과 개체에 따라 4~15일로 매우 다양하였으나, 평균적으로는 조개+수컷+암컷의 조건에서 6.4±2.0일로 가장 짧았고 큰 수조에 암컷 5개체를 함께 넣은 조건에서는 11.9±2.3일로 가장 길었다. 또 작은 수조에 암컷 1개체만 넣은 경우에도 7.0±2.8일로 주기가 매우 짧았다.

산란관이 신장되었을 때의 길이는 최대길이의 68~100%로 다양하게 나타났는데, 수컷+암컷의 조건에서 98.8±2.5%로 가장 길었고 큰 수조에 암컷만 5개체를 넣은 조건에서 가장 짧아 78.5±10.0%이었다. 한편 조개+암컷, 작은 수조의 암컷 1개체와 같은 조건에서도 94% 내외의 길이로 신장하였다. 반복적으로 신장될 때 peak 사이의 축소된 기간의 산란관길이는 20~51%로 다양하였으며, 평균 27.3~33.1%로 나타났다. 그러나 신축주기가 끝나 더 이상 신장되지 않을 때의 산란관의 길이는 3~30%로서 평균은 11.1~19.9%이었으며, 마지막에는 3~5%의 매우 짧은 상태로 유지되었다.

고 찰

잉어과 (Cyprinidae)의 남자루아과 (Acheilognathinae)에 속하는 어류들은 산란철에 암컷의 산란관을 이용하여 석패과 (Unionidae) 담수 이매패의 새강에 알을 낳아 수정란과 부화한 자어를 보호하는 독특한 생식방법을 지니고 있다 (Uchida, 1939; Nakamura, 1969). 이들 어류

의 생식소의 성숙과 산란관의 신장은 광주기와 온도의 영향을 받으며, 또한 산란관은 생식기간 동안 신장된 채로 유지되는 것이 아니라 주기적으로 신축을 반복하는 것으로 알려져 있다 (Verhoeven and van Oordt, 1955; Nishi and Takano, 1979; Song and Kwon, 1995). 본 연구에서는 조개와 수컷의 존재 및 수조의 크기 등의 조건 하에서 각시붕어 암컷의 산란관의 신장여부를 조사한 결과 개체와 조건에 따라 다소 다르기는 하지만 주기적으로 신축을 되풀이하는 것이 관찰되어 기존의 다른 종들에서 알려진 결과와 비슷하였다.

산란관의 신장은 산란처인 조개의 존재와 깊은 관계가 있는 것으로 알려져 있다. 줄납자루 (*Acheilognathus yamatsutae*)의 경우에는 살아있는 조개가 있을 때만 산란관이 신장하였고 예외적으로 조개분비물을 투입하였을 때 1~2차례 신장되는 경우가 관찰되었을 뿐 살아있는 조개가 없는 다른 모든 조건에서는 산란관이 신장되지 않아 산란관의 신장에는 조개의 존재가 절대적 조건임을 보여주고 있다 (Song and Kwon, 1995). 또 *Rhodeus amarus*의 경우에는 암컷을 조개없이 장일·고온 (in long days and at a high temperature)의 조건 하에서 수컷과 같이 두었을 때 산란관이 어느 정도 길어지지만 조개의 존재 하에서는 훨씬 산란관의 신장 속도가 빠르다 (Verhoeven and Van Oordt, 1955). 본 조사에서도 조개가 존재할 때가 그렇지 않을 때보다 짧은 신축주기를 나타내어 조개의 영향이 큼을 보여주고 있지만, 조개가 없는 상황에서도 산란관의 신장이 빈번히 일어나고 신장된 길이도 큰 차이가 없는 것으로 관찰되어 각시붕어의 경우는 줄납자루 만큼 조개의 존재가 절대적이지 않음을 알 수 있었다.

산란관의 신축주기와 신장된 산란관의 지속시간은 기

Table 2. 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	Periodicity of elongation
<i>Rhodeus uyekii</i> ¹	Well	1~3 days	4~15 days
<i>Rhodeus amarus</i> ²	Tolerably well	1~2 days	5~13 days
<i>Rhodeus ocellatus</i> ³	-	1~2 days	5~10 days
<i>Acheilognathus yamatsutae</i> ⁴	No	1 day	3~5 days

¹ Present result, ² Verhoeven and van Oordt (1955), ³ Nishi and Takano (1979), ⁴ Song and Kwon (1995).

존의 보고들 간에 다소 차이가 있었다. 줄납자루는 3~5 일 간격으로 신축하고 신장된 후 즉시 축소되는데 반하여 (Song and Kwon, 1989, 1995), 흰줄납줄개 (*Rhodeus ocellatus*)의 경우에는 5~10일 이상의 신축주기를 지니며 신장된 상태는 1~2일 정도 지속되는 것으로 보고되어 있다 (Nishi and Takano, 1979). 본 연구의 대상인 각시붕어는 4~15일 주기로 신축하고 신장된 상태는 1~3일 정도 지속되는 것으로 나타나 흰줄납줄개의 경우와 유사하였다.

조개 없이 암컷만 사육한 상황에서는 신축이 일어나는 경우와 그렇지 않은 경우가 있었는데, 산란관의 신축이 일어난 개체가 더 많았다. 암컷만 사육한 경우에 본 연구에서 주어진 빛과 온도의 조건은 모두 동일하였으므로 이들 조건은 관련이 없다. 차이가 나는 조건은 수조의 크기와 수조당 개체수이다. 작은 수조 (15 liters)에 1개체를 넣은 경우에는 산란관이 신장되었고 큰 수조 (45 liters)에 1개체를 넣은 경우에는 신장되지 않았다. 큰 수조에 5개체를 넣은 경우에는 4개체는 신장되었고 1개체는 신장되지 않았다. 이와 같은 관찰로부터 개체당 차지할 수 있는 공간의 크기 즉 서식밀도가 산란관의 신장에 영향을 미칠 수 있다고 추정된다.

산란관이 주기적으로 신축할 때 수축기의 산란관 길이는 최소 20% 이상을 계속 유지하는데 반하여, 신축주기가 끝난 후의 산란관 길이는 평균 20% 미만이었으며 초기에는 20% 수준을 유지하나 후기에는 3~5% 수준으로 짧아지는 것으로 나타났다. 따라서 산란관이 신장되기 위해서는 어느 정도 수준의 길이가 유지되어야 함을 알 수 있었으며, 그 수준은 20% 이상의 길이인 것으로 판단된다. 암컷만 사육한 경우 산란관이 전혀 신장되지 않은 경우가 있었는데 이 때 산란관의 길이는 10~20% 미만의 수준을 계속 유지하였으므로 위의 가정에 의하여 산란관이 길어질 수 없는 상태에 있는 개체들이었다고 생각된다. 그러나 왜 실험 초기부터 이들 개체는 산란관이 길어질 수 없는 상태에 있었는지는 알 수 없다.

조개가 없는 상황에서 산란관이 신장될 수 있는지, 신장된 상태의 지속기간 및 신축주기의 조건을 비교하여

보면 줄납자루 (*Acheilognathus yamatsutae*)는 조개 없이는 신장되지 않는데 반하여 각시붕어와 *Rhodeus amarus*는 신장되며, 신장된 상태의 지속기간과 신축주기도 줄납자루는 매우 짧은데 비하여 각시붕어, 흰줄납줄개와 *Rhodeus amarus*는 길다는 점에서 서로 상반된다 (Table 2). 이와 같은 차이가 왜 나타나는지는 현재의 자료만으로는 알 수 없으나, 겉으로 드러난 현상만 보면 *Acheilognathus*속과 *Rhodeus*속 사이의 차이인 것처럼 보인다. 따라서 이러한 문제점이 해결되기 위해서는 앞으로 납자루아과 내의 다른 종들에 대한 비교 조사가 이루어져야 할 것이다.

적 요

조개와 수컷의 유무, 암컷 단독, 수조의 크기, 수조당 개체수 등과 같은 조건 하에서 각시붕어 (*Rhodeus uyekii*)의 산란관의 신장에 대하여 조사하였다. 각시붕어 암컷의 산란관은 조개, 조개+수컷, 수컷의 조건에서 모두 산란관이 주기적으로 신장하였으며, 암컷 단독으로 존재하는 상황에서도 신장되는 경우가 많았다. 조개와 수컷 없이 암컷만 사육하였을 때 큰 수조에 1개체를 넣은 경우에는 산란관이 신장되지 않았지만 작은 수조에 1개체 혹은 큰 수조에 여러 개체를 넣은 경우에는 신장이 일어났다. 신장된 상태의 지속기간은 1~3일 (평균 1.2~2.5일)이었으며, 신축주기는 4~15일 (평균 6.4~11.9일)로 나타났다. 신장되었을 때의 산란관의 길이는 68~100% (평균 78.5~98.8%)이었다. 주기적 신축기의 축소 시기에 산란관의 길이는 20~51% (27.3~33.1%)이었으며, 더 이상 신축하지 않는 시기의 산란관의 길이는 3~30% (평균 11.1~19.9%)이었다. 수조의 크기와 개체수가 산란관의 신장에 미치는 영향 및 기존에 보고된 다른 종의 산란관의 신장과의 관계를 논의하였다.

사 사

본 논문을 작성하는데 인용된 귀중한 논문을 보내주

신 송호복 박사께 감사 드립니다.

인 용 문 헌

- De Groot, B. and J.J. Duyvene de Wit. 1949. On the artificial induction of ovipositor growth in the bitterling (*Rhodeus amarus* Bl.). 1. Seasonal variations in the response of the ovipositor to progesterone. Acta Endocrinol. 3 : 251~265.
- Jeon, S.R. 1980. Studies on the distribution of fresh-water fishes from Korea. Doctoral Dissertation of Chungang Univ. 91 pp. (In Korean with English abstract)
- Jeon, S.R. 1982. Studies on the distribution of the acheilognathid fishes (Cyprinidae) from Korea. Ann. Rept. Biol. Res. Chonbuk Nat. Univ. 3 : 33~47. (In Korean with English abstract).
- Kim, I.J. 1997. An osteological study of *Rhodeus uyekii*. Korean J. Ichthyol. 9(1) : 130~140. (In Korean with English abstract)
- Kim, Y.U. and K.H. Han. 1990. Early life history of the Korean bitterling, *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae) reared in the laboratory. Korean J. Ichthyol. 2(2) : 159~168. (In Korean with English abstract)
- Nagata, Y. 1976. Bitterlings of the world. Freshwater Fishes 2 : 120~133. (In Japanese)
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid Fishes of Japan. Studies on the Life History of Cyprinid Fishes of Japan. Res. Inst. Nat. Resources, Tokyo, pp. 5~99. (In Japanese with English abstract)
- Nishi, K. and K. Takano. 1979. Effects of photoperiod and temperature on the ovary of the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 30 (1) : 63~73. (In Japanese with English abstract)
- Son, Y.M. 1993. Freshwater fishes of North Korea. Nat. Conserv. 84 : 30~36. (In Korean)
- 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(2) : 51~70. (In Korean with English abstract)
- Song, H.B. and O.K. Kwon, 1995. Spawning conditions of bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae). Korean J. Ichthyol. 7(1) : 18~24. (In Korean with English abstract)
- Suzuki, N., N. Akiyama and T. Hibiya. 1985. Development of the bitterling, *Rhodeus uyekii* (Cyprinidae) with a note on minute tubercles on the skin surface. Japanese J. Ichthyol. 32(1) : 28~34.
- Suzuki, N. and S.R. Jeon. 1988. Hybridization experiments in acheilognathine fishes (Cyprinidae), an intergeneric hybrid between *Rhodeus suigensis* and *R. uyekii*. Korean J. Limnol. 21(2) : 57~78.
- Uchida, K. 1939. The Fishes of Tyosen. Part 1. Nematognathi and Eventognathi. Bull. Fish. Exp. St. 6. pp. 80~177. (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.

Received : April 15, 2001

Accetped : June 17, 2001