

# 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* Mori(Cyprinidae)의 산란 조건

송 호 복 · 권 오 길  
강원대학교 자연과학대학 생물학과

줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* Mori의 산란 조건에 관하여 실험실의 수조에서 조사, 연구한 결과는 다음과 같다.

본 종은 암, 수컷 모두 이성의 존재 보다 조개의 유, 무에 더욱 민감한 성적반응을 보였다. 그러나 암컷, 수컷, 조개의 3가지 조건이 모두 갖추어 져야만 산란조건이 충족되어 산란행동이 유발되었다. 또한 살아있는 조개와의 직접적인 접촉 이외의 다른 조건에는 전혀 성적반응을 나타내지 않았다.

## 서 론

일부 어류는 난과 자치어를 효과적으로 보호하기 위하여 다른 동물의 체내에 산란을 하거나 친어 자신이 보호하는 경우 그리고 다른 동물의 접근이 어렵도록 구멍 속이나 바닥을 파고 산란을 하는 등 특이한 산란습성을 가지고 있다(Lagler *et al.*, 1962 ; Balon, 1981 ; 後藤, 前川, 1989).

잉어과(Cyprinidae)의 납자루아과(Acheilognathine) 어류는 석패과(Unionidae) 조개의 출수공(excurrent siphon)을 통해 조개의 아가미(demibranch) 안에 산란을 한다(内田, 1939 ; 中村, 1969 ; Nagata, 1985). 암컷은 조개의 체내에 산란을 하기 위한 산란관(ovipositor)을 가지고 있으며 산란이 임박해지면 반드시 산란관이 길게 신장되고 산란 후나 비산란기에는 축소된 채로 존재하게 된다. 그러나 산란기 중에도 2-4일을 주기로 신장과 축소를 반복하며 산란 여건이 충족되지 않으면 산란관은 신장되지 않고 축소된 상태로 유지된다(Verhoeven and Van Oordt, 1955 ; Nishi and Takano, 1979 ; 송과 권, 1989).

본 연구에서는 산란 직전에 암컷의 산란관이 길게 신장되는 납자루아과 어류의 특징을 이용하여

수컷과 조개의 존재 유무, 조개의 대체물, 조개의 분비물 등이 암컷의 산란 유발에 미치는 영향을 조사하였으며 나아가 조개의 존재가 수컷의 행동에 어떠한 영향을 미치는가를 납자루아과의 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* Mori를 대상으로 조사하였다.

## 재료 및 방법

암컷의 산란유발에 수컷과 조개가 미치는 영향을 알아보기 위하여, 암컷이 들어 있는 3개의 수조에 수컷, 조개 그리고 수컷과 조개를 각각 투입하여 암컷의 산란관 길이 변화와 수컷의 반응을 관찰 기록하였다(Table 1).

또한 암컷의 산란 시에 조개가 아닌 다른 물체에 대한 산란 여부와 반응 등을 조사하기 위하여 5개의 실험군으로 나누고, 제 1군은 대조군(control group)으로 암컷, 수컷, 살아 있는 조개로 실험기간 동안 정상조건을 조성하였고 2, 3, 4, 5군에는 먼저 산란이 임박하여 산란관이 신장된 암컷과 성숙한 수컷을 넣고 20일간의 반응을 본 후에 제 2군은 조개 대신 작은 튜브와 소형 병을, 제 3군은 조개의 껍질을, 제 4군은 조개 껍질을 사용하여 출입

**Table 1. The three different combinations of the females and males of *A. yamatsutae* and the mussels in the aquaria.**

	*day 1 - day 30	day 31 - day 60	day 61 - day 90
1	females	females + males	females + males + mussels
2	females	females + mussels	females + mussels + males
3	females · mussels	females · mussels + males	females · mussels + males

\* : days after initiation of observation

**Table 2. The five different combinations of *A. yamatsutae*, the mussel and conditions in the aquaria.**

	day 1 - day 20	day 21 - day 50	day 51 - day 80	day 81 - day 110
1	females · males · live mussels(day 1 - day 110)*			
2	females · males	+ tubes & bottles	+ mussel secretion**	+ live mussel
3	females · males	+ dead mussels	+ mussel secretion	+ live mussel
4	females · males	+ decoy mussels	+ mussel secretion	+ live mussel
5	females · males	+ mussels in transparent board	+ mussel secretion	+ live mussel

\* : control group

\*\* : supplied water from the mussel aquarium

수공을 부착한 모형 조개를, 제 5군은 수조 내에 투명판을 설치하고 한쪽에 살아 있는 조개를 넣어 어류가 접촉할 수는 없으나 볼 수는 있게 하여 30일간 각 수조내의 암, 수의 반응을 조사하였다. 그 후 30일간(50일 후) 각각의 조건에 펌프를 사용하여 조개가 서식하고 있는 수조의 물(조개의 분비물)을 순환시켰으며 80일 후 살아 있는 조개를 각 수조에 넣어 30일간 어류의 반응을 조사하였다 (Table 2).

각 수조에는 성숙한 암컷 3개체와 수컷 2개체씩을 넣고 암컷의 산란관 길이 변화와 수컷의 행동 등을 매일 관찰, 기록하였으며, 암컷의 산란관 길이 변화는 AU(anal fin unit, 1 AU=1/8 of the foremost ray in the anal fin, Duyvene De Wit, 1939)로 나타내었고 조개는 석패과의 *Unio douglasiae*(말조개)를 이용하였다. 실험용 수조는 75×30×45cm의 유리수조를 사용하였으며 수조 바닥에는 모래와 자갈을 깔았고 수돗물을 탈염소하여 사용하였으며 공기펌프를 이용하여 통기하였다. 실험기간 동안 수온 22±3℃, 광조건 14시간 명(light), 10시간 암(dark) 상태를 유지하였다. 어류의 먹이는 시판되는 관상어용 사료를 공급하였으며 조개의 먹이는 플랑크톤 네트를 사용하여 플랑크톤을 채취, 수조에 3~4일 간격으로 넣어 주었다.

## 결과 및 고찰

암컷의 산란유발에 수컷과 조개의 존재가 미치는 영향을 조사하기 위하여 Table 1과 같이 산란이 임박하여 산란관이 신장된 암컷들을 각각 1, 2번 두 개의 수조에 나누어 넣고 30일간 관찰하였다. 그러나 이 기간동안 암컷의 신장된 산란관은 모두 급격히 축소되어 큰 변화 없이 줄어든 채로 지속되었다. 30일 후 1번 수조에 수컷을 투입하였으나 (females + males) 30일간 산란관의 길이에 변화가 일어나지 않았고, 산란행동도 관찰할 수 없었다. 60일 후(수컷 투입 후 30일 후) 이곳에 조개를 투입하자(females + males + mussels) 즉각적으로 산란관의 신, 축이 일어났으며 암, 수컷이 산란행동을 하였다. 그러나 2번 수조에는 조개를 투입하자(females + mussels) 즉시 반응이 일어나 산란관이 신장되었으며 연속적으로 산란관의 신장과 축소를 반복하였다. 그러나 산란의 징후는 나타나지 않았고 60일 후(조개 투입 후 30일 후) 수컷을 투입하자(females + mussels + males) 산란관의 신축을 반복하면서 산란행동(spawning behavior)을 하였다. 한편 암컷과 조개를 동시에 넣은 3번 수조의(females · mussels) 암컷은 처음부터 산란관의 신축을 반복하였으나 산란의 징후는 역시 찾아볼 수 없었고 이곳에 수컷을 집어넣자(females ·

mussels + males) 산란관의 신축과 함께 산란행동을 하였다(Fig. 1). 또한 산란이 임박하여 산란관이 신장된 개체라도 곧바로 산란을 하지 못하면 다시 축소되었으며 약 2~4일을 주기로 신장과 축소를 반복하였는데 이는 성(산란)주기와 연관이 있는 듯하다. 산란을 위해 산란관이 신장되었을 때의 길이는 축소시의 약 3~5배(15 - 35 AU)에 달하였으

며 체장의 98%까지 신장된 개체도 관찰되었다. 송과 권(1994)은 산란관의 길이가 15 AU 이상이 되어야만 수컷이 암컷에 대하여 구애행동을 유발한다고 보고한 바 있다.

이상의 결과로 미루어 보아 암컷의 산란유발(산란관의 신장)은 수컷과는 관계없이 조개의 존재 유, 무에 더욱 큰 영향을 받지만 수컷 없이 암컷과

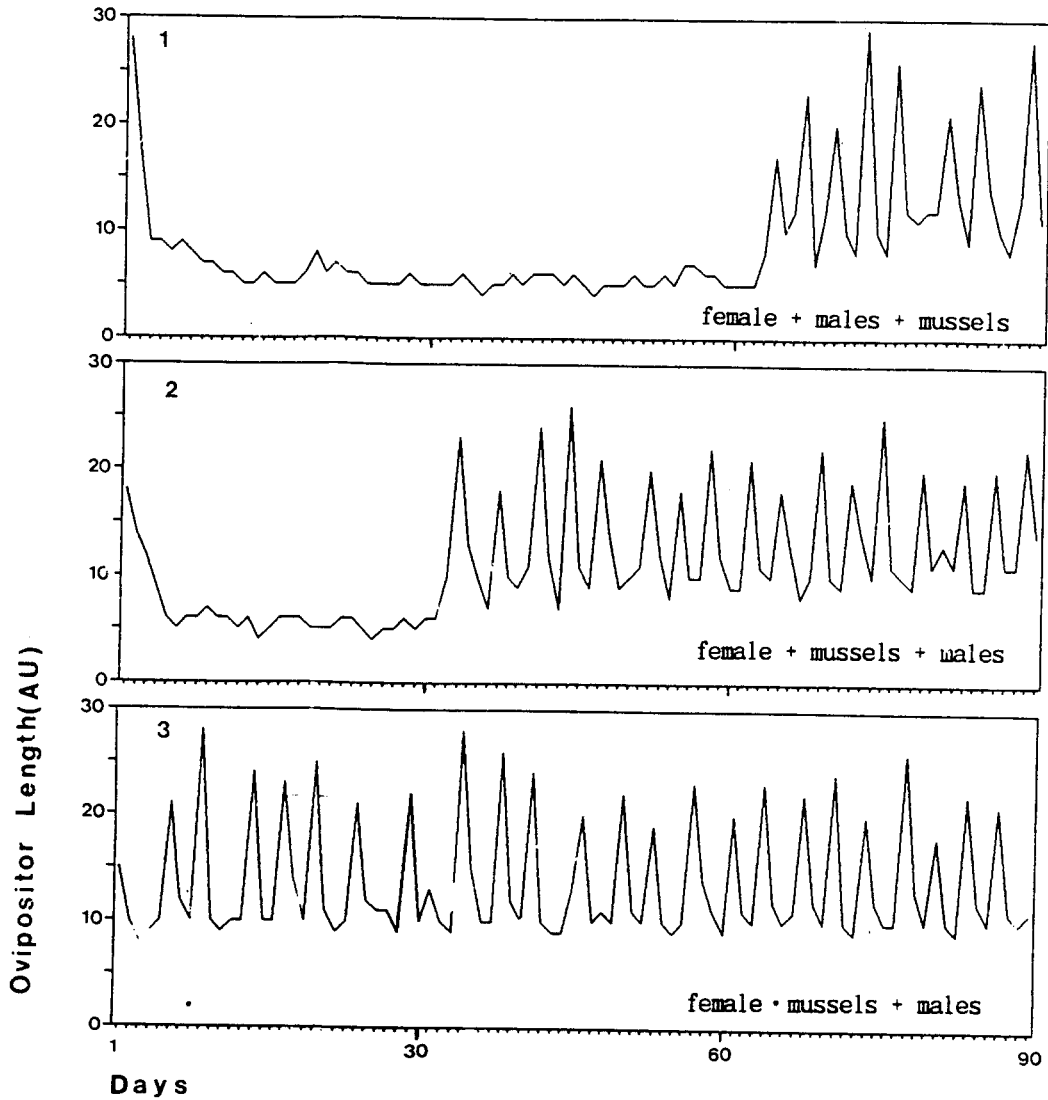


Fig. 1. Daily changes of ovipositor length(AU) of *A. yamatsutae* exposed to different artificial conditions in the aquariums.

1. females(day 1 - day 30)+males(day 31 - day 60)+mussels(day 61 - day 90)
2. females · mussels(day 1 - day 30)+males(day 31 - day 90).
3. females(day 1 - day 30)+mussels(day 31 - day 60)+males(day 61 - day 90)

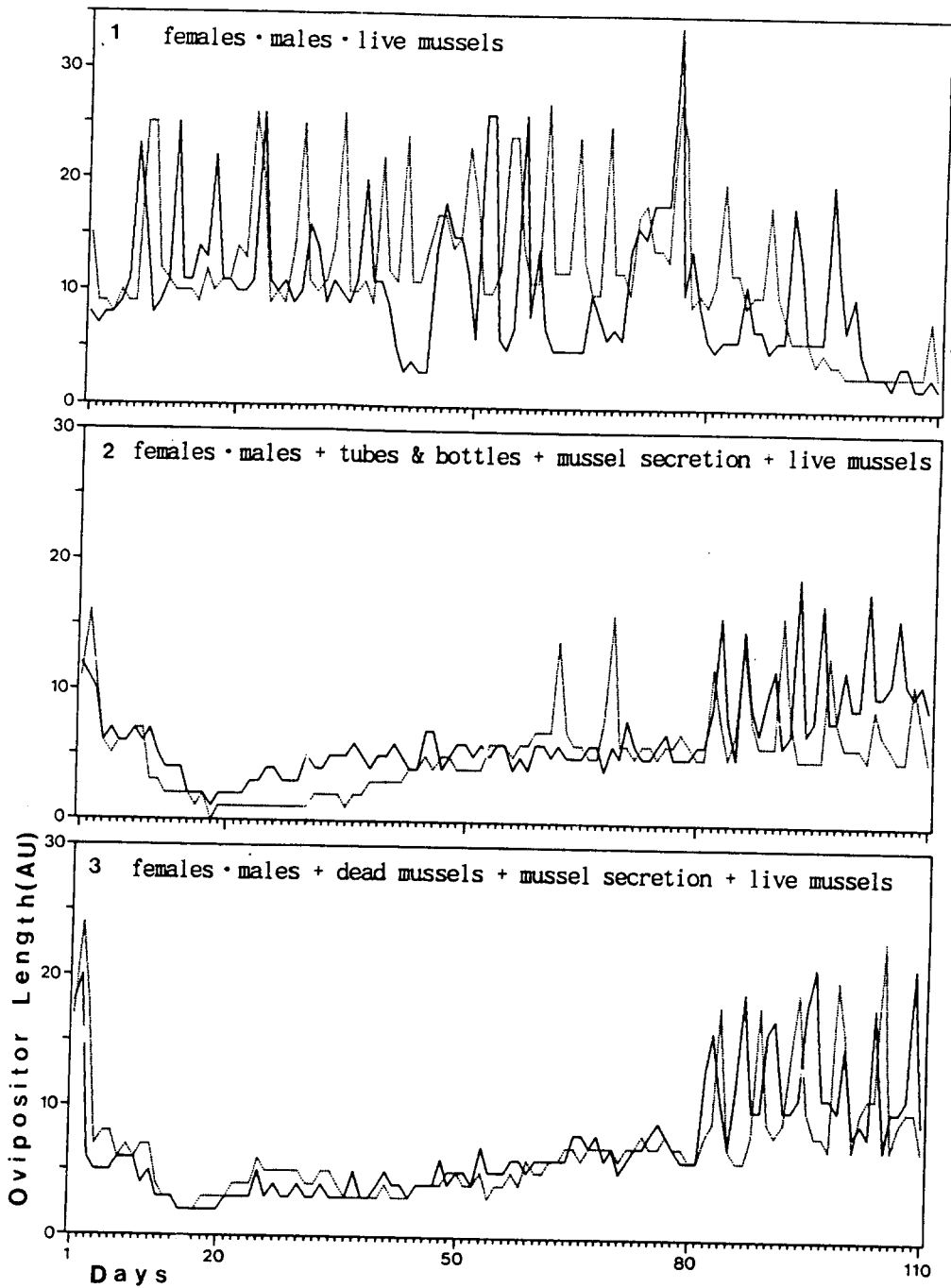
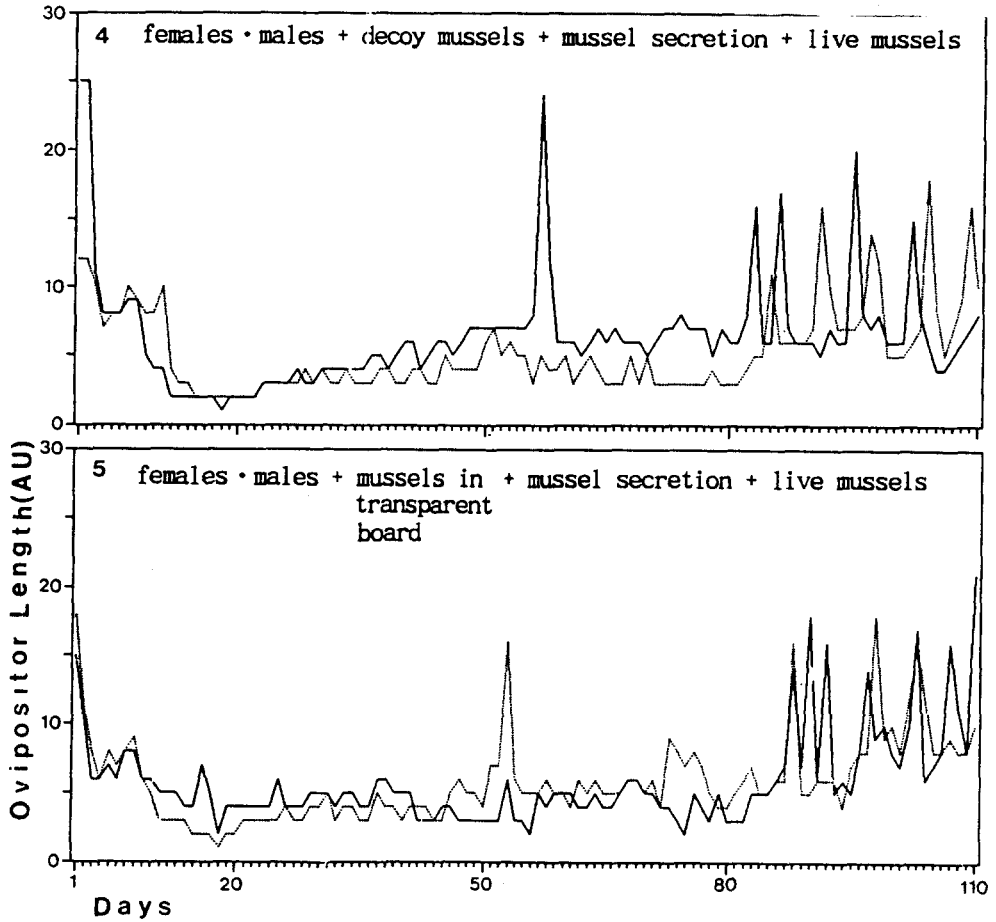


Fig. 2. Daily changes of ovipositor length(AU) of *A. yamatsutae* exposed to different artificial conditions in the aquariums. Solid and dotted line : each female fish.  
 1. females males live mussels(day 1 - day 110, control group)  
 2. females · males(day 1 - day 20)+tubes & bottles(day 21 - day 50)+mussel secretion(day 51 - day 80)+live mussels(day 81 - day 110)



3. females · males(day 1 - day 20)+dead mussels(day 21 - day 50)+mussel secretion(day 51 - day 80)+live mussels(day 81 - day 110)
4. females · males(day 1 - day 20)+decoy mussels(day 21 - day 50)+mussel secretion(day 51 - day 80)+live mussels(day 81 - day 110)
5. females · males(day 1 - day 20)+mussels in transparent board(day 21 - day 50)+mussel secretion(day 51 - day 80)+live mussels(day 81 - day 110).

조개만으로는 산란이 이루어지지 않는다는 것을 알 수 있었다. 수컷도 암, 수가 함께 일 때는 적극적인 세력권 방어행동을 하지 않았으나 수조에 조개를 집어넣으면 암컷의 유, 무에 관계없이 세력권을 설정하고 맹렬한 세력권 방어행동을 하는 것으로 보아 수컷 역시 암컷보다는 조개의 존재에 더욱 민감하다는 것을 보여 주고 있다. 즉 본 종은 암, 수컷 모두 이성의 존재보다는 조개의 존재에 더욱 민감하게 반응을 하였다. 그러나 산란의 조건으로 암컷, 수컷, 조개의 3가지 조건이 모두 갖추어져야

만 산란이 이루어진다는 것을 알 수 있었다.

한편 산란 시에 조개가 아닌 다른 물체나 조건에서도 산란반응을 나타내는가의 여부를 알아보기 위하여 Table 2와 같이 5군의 각기 다른 조건을 주어 실험한 결과는 다음과 같다. 대조군(control group)인 제 1군은(females · males · live mussels) 실험기간 동안 모두 지속적인 산란관의 신축 반응을 규칙적으로 보여 주었으나 2군(females · males + tubes & bottles), 3군(females · males + dead mussels), 4군(females · males + decoy mus-

sels), 5군(females · males + mussels in transparent board)은 암, 수컷만이 들어 있을 때와 마찬가지로 조개가 아닌 각 각의 조건에 모두 반응을 보이지 않았다. 51일째 각 조건에 조개가 서식하고 있는 수조의 물을 순환시켰으나(females · males + each condition + mussel secretion) 30일간 3개의 군에서 각 1개체씩만이 1~2회의 일시적인 산란관의 신장을 보였을 뿐 유의할 만한 반응은 보이지 않았다. 그러나 80일 후 살아 있는 조개를 각 수조에 집어넣자(females · males + each condition + mussel secretion + live mussels) 각 군 모두 산란관의 신축 반응이 활발하게 일어났고 산란행동을 하였다(Fig. 2). 결과적으로 본 종은 살아있는 조개 이외의 다른 조건에는 산란 반응을 보이지 않았으며, 조개의 분비물에도 반응을 하지 않는 것으로 보아 단지 살아 있는 조개와의 직접적인 접촉에 의해서만 산란이 이루어질 수 있음을 알 수 있었다.

그러나 어류가 단지 살아있는 조개와의 직접적인 접촉에 의해서만 산란 반응을 나타내는 원인이 출, 입수공쪽에서 생성되는 수류의 영향 때문인지 또는 수류에 섞인 조개의 분비물이나 이산화탄소의 농도 등 미세한 조건이 어류의 반응에 영향을 미치는지에 대한 심도 있는 연구가 필요하리라고 본다.

## 인용문헌

- Balon, E. K. 1981. Additions and amendments to the classification of reproductive styles in fishes. *Env. Biol. Fish.* 6 : 377 - 389.
- Duyvene De Wit, J. J. 1939. Onderzoekingen over de sexueel - endocrine organisatie van *Rhodeus amarus* en de betekenis van de legbuisstest voor de endocrinologie in het algemeen. Thesis Utrecht, p. 17.
- 後藤晃, 前川光司. 1989. 魚類の繁殖行動, その様式と戰略をめぐって. 東海大學出版會, 東京. pp. 1 - 49.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach and R. R. Miller. 1962. *Ichthyology*. John Wiley & Sons, Inc. New York and London. pp. 279 - 323.
- Nagata, Y. 1985. Estimation of population fecundity of the bitterling, *Rhodeus ocellatus*, and ecological significance of its spawning habit into bivalves. *Jap. J. Ichthyol.* 32 : 324 - 334.
- 中村守純, 1969. 日本のコイ科魚類. 資源科學研究所, 東京. pp.5 - 99.
- Nishi, K. and K. Takano. 1979. Effects of photoperiod and temperature on the ovary of the bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 30 : 63 - 73.
- 송호복, 권오길. 1989. 의암호에 서식하는 줄납자루 (*Acheilognathus yamatsutae* Mori)의 산란 및 발생 특성에 관한 연구. *육수지* 22 : 51 - 70.
- 송호복, 권오길. 1994. 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae*(Cyprinidae)의 생식생태, 생식행동에 관하여. *강원대 과학기술연구 논문집* 33 : 71 - 75.
- 內田惠太郎. 1939. 朝鮮魚類誌, 第1冊. 朝鮮總督府水産試驗場報告, pp. 80 - 177.
- 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.

**Spawning Conditions of the Bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori (Cyprinidae)**

Ho - Bok Song and Oh - Kil Kwon

Department of Biology, Kangwon National University, Chunchon 200 - 701, Korea

The spawning condition was investigated of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* Mori in aquariums.

Sexual responses in male and female bitterlings were very sensitive to the mussel rather than the other sex. But spawning behavior was shown only when all of the male, the female and the mussel were present. And the sexual response was not shown at all when there was no direct contact with the live mussel.