

## 줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae)의 패류 체내 산란

송 호 복 · 권 오 길

강원대학교 자연과학대학 생물학과

줄납자루, *Acheilognathus yamatsutae*의 패류 체내 산란에 관하여 1990년부터 1992년까지 강원도 춘천시에 위치한 의암호에서 조사 연구하였다.

본 종은 패류 체내 산란시 조개의 크기에 관계없이 산란숙주로 선호하는 종이 있었으며 선호하는 종내에서는 큰 개체를 선택하였다. 산란숙주로는 석패과의 말조개, 작은말조개, 곱체두드럭조개, 작은대칭이 등의 순으로 선호하였으며 석패과의 도끼조개, 재첩과, 산골과의 패류에는 산란을 하지 않았다. 조개 안의 어란과 자어는 대부분 내반새에 위치하였고 말조개에서 발견되는 어란과 자어의 수는 1-35개(마리) 사이였으며 한 개체당 평균 3.6개(마리)를 보유하고 있었다. 본 종은 비교적 부화가 빠르고 부화 직후에 이미 표피상돌기와 익상돌기가 생성되어 있었으며 꼬리운동이 활발하였는데 이는 조개의 반새안에서 토출되는 것을 막기 위한 방편으로 생각된다.

### 서 론

일부 어류는 종의 보전과 번성을 위하여 특이한 산란습성을 발달시켜 왔으며 부족류(pelecypoda)나 게(crab), 우렁쟁이(ascidian) 또는 해면(sponge)등의 살아 있는 무척추동물은 산란숙주로 이용하는 어종도 있다(Balon, 1985).

부족류의 반새(demibranch)안에 산란을 하는 잉어과(Cyprinidae)의 납자루아과(Acheilognathinae) 어류는 세계적으로 40 여종이 출현하고 있으며 중국, 한국, 일본 등에 주로 분포하는 것으로 알려져 있고(長田, 1975; 김, 1982) 한국의 남한에는 현재 3속 13종이 보고되어 있다(김, 1991). 본 연구의 조사지역인 의암호에는 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*)를 비롯하여 납자루(*Acheilognathus intermedia*), 흰줄납줄개(*Rhodeus ocellatus*), 각시붕어(*Rhodeus uyekii*) 등 4종의 납자루아과 어류가 서식하고 있다(송·권, 1992).

본 아과 어류에 속하는 *A. yamatsutae* 역시 암컷은 산란기에 발달하는 긴 산란관(ovipositor)을 이용 부족류의 출수공(excurrent siphon)을 통하여 산란을 하며 알은 조개의 반새안에서 난발생과정과 전기 자어기(prelarva period)를 보낸 후 자유 유영기에 달하면 조개의 밖으로 나와 독립 유영생활을 하게 된다(內田, 1939; Hirai, 1964; Nagata, 1985).

이러한 본 종의 패류 체내 산란에 따른 산란습성을 조사하기 위하여 조개의 종류나 크기에 따른 산란선택성, 조개내 난과 자어의 보유 수와 위치, 패류 체내 산란에 따른 적응 전략 등에 관한 연구를 의암호에 서식하는 부족류인 석패과(Unionidae) 7종, 재첩과(Corbiculidae) 3종, 그리고 산골과(Sphaeriidae) 1종등 총 11종을 대상으로 조사하였다.

재료 및 방법

본 조사는 1990년부터 1992년에 걸쳐 강원도 춘천시에 위치한 의암호에서 실시하였다(Fig. 1).

조개의 채집은 *A. yamatsutae*의 서식지를 중심으로 *A. yamatsutae*의 산란기인 4-8월에 집중적으로 실시하였으며 직접 손으로 채집하거나 조개채집기(망목 10×10mm)등을 사용하였다. 조개의 채집 후 조개내의 어란과 자어의 토출이나 유실을 막기 위하여 채집 즉시 10% 포르말린에 고정한 후 실험실에 운반하였다. 권(1990)의 방법에 따라 조개를 동정, 분류하여 Fig. 2와 같이 각 부위를 측정하고 이를 해부하여 반새내에 위치한 어란과 자어의 어종을 난의 형태와 두부의 익상돌기(yolk projection), 자어의 형태 등을 기준으로 구별하고(內田, 1939; Suzuki and Jeon, 1987, 1988a; 송·권, 1989; 김·한, 1990; 김, 1991) 개체수를 기록하였으며 어종의 구별이 곤란할 경우에는 조사

대상에서 제외하였다. 반새내 어란과 자어의 위치와 상태를 관찰하기 위하여 어란과 자어가 들어 있는 조개의 반새를 잘라 내어 10% 중성 포르말린에 고정한 후 파라핀 포매하여 조직박편을 제작하였으며 Hematoxylin과 Eosin Y로 염색하여 광학현미경(ZEISS Axioskop)으로 관찰, 촬영하였다.

*A. yamatsutae*의 포란수 조사를 위하여 생식소 성숙도가 13%를 넘는 산란 직전의 암컷 10개체를 택하여 총 난수를 계수 하였다. 성숙한 암·수컷을 채집하여 인공수정을 한 후 난과 부화자어를 관찰하였고 일부는 전기자어의 표피상돌기를 관찰하기 위해 주사전자현미경(Hitach S-2500) 촬영을 실시하였다.

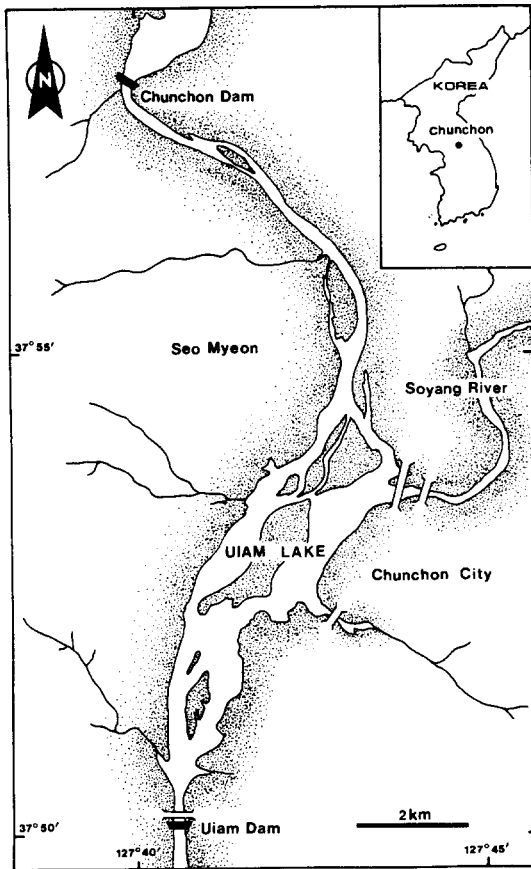


Fig. 1. Map showing the collected area.

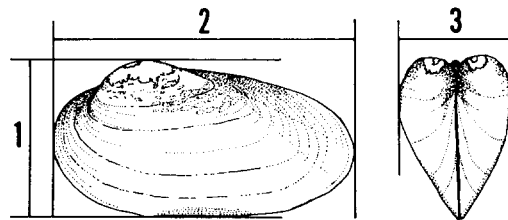


Fig. 2. Diagrammatic illustrations showing the measuring method of the mussels.

1 : shell height, 2 : shell length, 3 : shell width.

## 결과 및 고찰

### 1. *Acheilognathus yamatsutae*의 패류 선택성

패류 종별에 대한 *A. yamatsutae*의 산란횟수와 그에 따른 산란율을 조사한 결과 석패과의 말조개 (*Unio douglasiae*)에 12.1%로 가장 높은 산란율을 나타내었고 다음이 작은말조개(*Unio douglasiae sinuolatus*), 꽃체두드럭조개(*Lamprotula gottschei*), 작은대칭이(*Anodonta arcaeformis flavotincta*) 그리고 펠조개(*Anodonta woodiana*), 칼조개(*Lanceolaria acrorhyncha*)의 순이었으며 석패과의 도끼조개(*Solenia triangularis*) 그리고 재첩과와 산골과의 패류에는 전혀 산란을 하지 않았다. 같은 패류 체내 산란의 습성을 가진 납줄개속(*Rhodeus*)과 증고기속(*Sarcocheilichthys*) 어류(종 구별 어려움)에서도 산란 선택성이 나타나 *Rhodeus*속은 *Unio*속 보다 *Anodonta*속의 *A. woodiana*를 선호하는 것으로 나타났고 *Sarcocheilichthys*속 어류는 *A. arcaeformis flavotincta*를 선호하는 것으로 나타났다(Table 1).

*A. yamatsutae*가 산란을 위해 조개를 선택할 때 조개의 크기와의 관계는 *A. arcaeformis flavotincta*나 *A. woodiana*등이 산란선택률이 높은 *U. douglasiae*보다 평균 개체의 크기가 현저히 크며 상대적으로 산란관을 삽입하는 출수공이나 산란후 어란과 자어가 위치하게 되는 반새등이 큼에도 불구하고 산란율에는 큰 차이가 나타났다. 이것으로 보아 단순히 조개의 크기와는 무관하며 특별히 선호하는 종이 있는 것으로 보인다. 재첩과와 산골과의 패류들은 석패과 패류들과는 달리 출, 입수공의 구조가 다르고 직경이 작으며 반새와 패각 역시 매우 작고 석패과의 *S. triangularis*도 석패과의 다른 종에 비해 각폭과 반새가 상당히 작은데 이러한 요인들이 어류가 산란을 위해 선택하지 않는 주된 원인으로 생각된다(Table 2). 한편 산란 선호도가 가장 높은 *U. douglasiae*를 대상으로 종내 조개

Table 1. Frequency of collecting fish eggs or larvae from various species of freshwater mussels in Lake Uiam from April 1990 to August 1992

Species of mussel	Collected number of mussels	Species of fish					
		<i>A. yamatsutae</i>		<i>Rhodeus</i>		<i>Sarcocheilichthys</i>	
		F	R	F	R	F	R
Unionidae							
<i>Unio douglasiae</i>	1,925	232	12.05	3	0.17	28	1.45
<i>U. douglasiae sinuolatus</i>	214	7	3.27	0	0	0	0
<i>Lanceolaria acrorhyncha</i>	145	2	1.38	0	0	0	0
<i>Anodonta arcaeformis flavotincta</i>	82	1	1.22	3	3.36	35	42.68
<i>A. woodiana</i>	330	4	1.21	301	91.21	76	23.03
<i>Solenia triangularis</i>	11	0	0	0	0	0	0
<i>Lamprotula gottschei</i>	48	1	2.08	0	0	0	0
Corbiculidae							
<i>Corbicula fluminea</i>	1,357	0	0	0	0	0	0
<i>C. leana</i>	41	0	0	0	0	0	0
<i>C. papyracea</i>	34	0	0	0	0	0	0
Shaeriidae							
<i>Musculium japonicum</i>	51	0	0	0	0	0	0

F : frequency(No.), R : rate(%).

Table 2. Shell size of freshwater mussels collected from Lake Uiam for this study (mm)

Species of mussels	Shell length	Shell height	Shell width
Unionidae			
<i>Unio douglasiae</i>	50.6 ± 2.89	25.0 ± 1.95	17.1 ± 1.06
<i>U. douglasiae sinuolatus</i>	42.7 ± 2.32	20.8 ± 1.46	14.7 ± 0.65
<i>Lanceolaria acrorhyncha</i>	92.7 ± 5.75	25.4 ± 1.89	14.5 ± 1.02
<i>Anodonta arcaeformis flavotincta</i>	90.3 ± 7.34	51.5 ± 3.78	41.2 ± 2.02
<i>A. woodiana</i>	103.9 ± 23.16	67.2 ± 11.43	43.8 ± 8.94
<i>Solenia triangularis</i>	56.1 ± 5.21	26.2 ± 3.34	14.1 ± 1.87
<i>Lamprotula gottschei</i>	73.4 ± 4.24	44.3 ± 2.12	23.1 ± 1.47
Corbiculidae			
<i>Corbicula fluminea</i>	27.9 ± 3.03	26.3 ± 2.96	18.0 ± 1.74
<i>C. leana</i>	25.4 ± 1.20	22.3 ± 0.81	13.8 ± 1.01
<i>C. papyracea</i>	22.4 ± 1.03	19.8 ± 0.92	11.4 ± 0.39
Sphaeriidae			
<i>Musculium japonicum</i>	10.7 ± 1.05	8.6 ± 0.82	6.3 ± 0.67

의 크기에 따른 *A. yamatsutae*의 산란 선택성의 빈도를 알아보기 위하여 채집된 *U. douglasiae*의 각장 분포와 어란과 자어 보유패의 개체수(Fig. 3) 그리고 각 장별 개체수에 대한 어란과 자어 보유패의 핵분율을 조사하였다(Fig. 4). 각장 39.8mm 이상의 개체부터 *A. yamatsutae*의 어란과 자어가 발견되기 시작하였으며 42mm 이상 되는 개체군부터는 어란과 자어의 보유율이 10%를 넘어섰다. 개체의 크기가 클수록 산란 빈도가 높

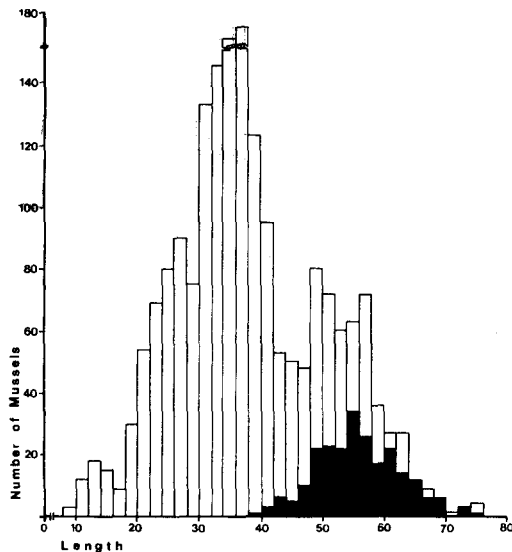


Fig. 3. Frequency distribution of shell length of the mussel, *Unio douglasiae* (white) and the mussels which possess eggs or larvae of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* (black) from April 1990 to August 1992 in Lake Uiam.

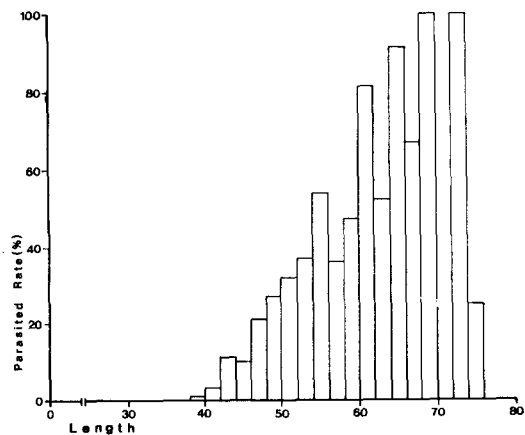


Fig. 4. Relationships between shell length of the mussel, *Unio douglasiae* and rate of occurrence of eggs or larvae of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* from April 1990 to August 1992 in Lake Uiam.

게 나타나는 것으로 보아 작은 개체보다는 큰 개체를 선호하는 것으로 생각되며 약 40mm 이하의 작은 개체는 산란숙주로서 적당하지 않은 것으로 보인다. *U. douglasiae*와 유사종인 *U. douglasiae sinuolatus*가 *U. douglasiae*보다 산란율이 매우 낮은 것은 종의 크기가 *U. douglasiae*에 비하여 작기 때문으로 생각된다. 즉 조개가 일정한 크기 이상이 된다면 종별에 따른 크기에 관계없이 산란숙주로서 더욱 선호하는 종이 있으며 선호하는 종내에서는 작은 개체보다 큰 개체를 산란숙주로 선택하는 것으로 생각된다.

Nakamura(1969)는 산란관이 긴 종은 조개의 대소에 관계없이 산란을 하나 산란관이 짧은 *Sarcocheilichthys*속 어류는 작은 조개에 산란을 한다고 보고하였는데, 본 조사에서는 *Sarcocheilichthys*속의 어류가 크기가 작은 *U. douglasiae*보다는 *A. arcaeformis flavotincta*나 *A. woodiana* 등의 큰 조개를 더욱 선호하는 것으로 나타났으며 산란관이 비교적 긴 편인 *Rhodeus*속은 *Anodonta*속의 패류를 선호하였고 역시 산란관이 긴 편인 *A. yamatsutae*는 크기가 작은 *Unio*속 패류를 선호하는 것으로 나타났다.

채집된 *U. douglasiae* 1,925마리 중 어란과 자어 보유패 232개체를 조사한 결과 조개 안에서 발견되는 어란과 자어의 수는 1-35개(마리) 사이였으며 조개 1개체당 평균 보유수는 3.6개(마리)였고 1개(마리)를 가진 조개의 수가 32%에 달하는 75개체로 가장 많았으며(Fig. 5) 조개가 클수록 어란과 자어의 보유수가 다소 증가하는 경향을 보였다(Table 3).

한편 산란선호도가 가장 높은 *U. douglasiae*의 평균 어란과 자어의 보유수가 3.6개(마리)인데 반하여 *U. douglasiae sinuolatus*는 2.9개(마리), *L. acrorhyncha*가 4.5개(마리), *A. arcaeformis*

Table 3. Frequency of collecting eggs and larvae of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* from various sizes of the freshwater mussel, *Unio douglasiae*

Length of mussel(mm)	Number of eggs and larvae																				Total	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		35
38-40	1																					1
40-42	3																					3
42-44	1	3	1	1																		6
44-46	3	2																				5
46-48	4	2	1	2		1																10
48-50	6	6	4	4	1			1														22
50-52	10	3	4	2	2		1												1			23
52-54	9	6	1	1			1	1		1		1	1									22
54-56	12	6	5	6	2	1		1				1										34
56-58	8	7	2	4		1	2				1									1		26
58-60	3	4	2	2		2	1		2									1				17
60-62	4	6	5	2		2		3														22
62-64	3	3	2	1		2		1				1		1								14
64-66	4	1		2	1	2				1												11
66-68	3		3																			6
68-70	1			3					1		1											6
70-72																						0
72-74										2							1					3
74-76																		1				1
Total	75	49	30	30	6	11	5	7	3	4	2	3	1	1	0	0	1	2	1	0	1	232

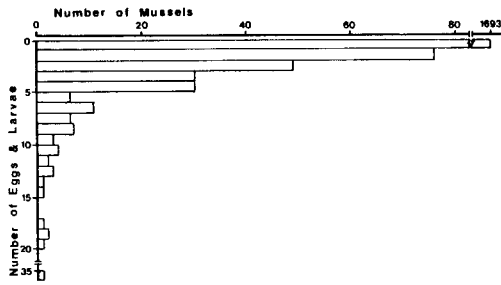


Fig. 5. Frequency distribution of the eggs or larvae of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* in the host mussels (*Unio douglasiae*) from April 1990 to August 1992 in Lake Uiam.

*flavotincta*가 3개(마리), *A. woodiana*가 15개(마리) 그리고 *L. gottschei*가 7개(마리)로서 산란선호도와 어란과 자어의 보유수가 상반되게 나타나 주목되었는데 *U. douglasiae*를 제외한 다른 조개에 대한 산란회수(조사회수)가 1-7회로 매우 적어 값의 신뢰도에는 문제가 있고 좀더 많은 자료가 축적된다면 유의성 있는 결과를 유추해 낼 수 있을 것으로 본다.

한 마리의 조개에서 발생 단계가 각기 다른 어란과 자어들이 발견되기도 하는데 이는 한 개체가 산란을 하고 또 다른 개체가 재차 산란을 한 결과로 보인다. 최대 5단계의 어란과 자어가 발견되었으며 발생단계가 서로 다른 난과 자어를

함한 가장 많은 조개 안의 어란과 자어의 수는 43개(마리)에 달하였다. 한편 한 마리의 조개에서 *A. yamatsutae*, *Rhodeus*속, *Sarcocheilichthys*속 어류의 난과 자어가 함께 발견되는 경우도 있었는데 *A. yamatsutae*와 *Sarcocheilichthys*속, *Rhodeus*속과 *Sarcocheilichthys*속 어류의 난과 자어가 함께 들어 있는 경우는 쉽게 볼 수 있었으나 *A. yamatsutae*와 *Rhodeus*속의 난과 자어가 함께 들어 있는 경우는 매우 적었다. 이러한 결과는 어란과 자어가 조개의 반새안에 위치하는 납자루아과 어류는 아과 내의 종간 경쟁으로 인한 서식지의 분리와 세력권방어행동 등에 따른 결과가 반영된 것으로 보이며 *Sarcocheilichthys*속은 체강내에 어란과 자어가 위치함에 따라 상호간의 경쟁으로부터 벗어날 수 있기 때문으로 보인다.

## 2. 패류 체내의 난과 자어

납자루아과 어류는 패류에 산란시 산란관을 출수공에 삽입하여 산란을 하게 되며 그 결과 난이 반새로 들어가게 되는데, 만일 입수공을 통하여 산란을 하게 된다면 조개의 체내로 유입된 난(*A. yamatsutae*의 경우 장경 :  $1.98 \pm 0.094\text{mm}$ , 단경 :  $1.74 \pm 0.082\text{mm}$  (N=20))은 외투강에 위치하게 되어 발쪽 패각의 열린 틈으로 유실되게 된다. 그러나 입수공을 통하여 산란함으로써 난이 외투강에 위치하는 *Sarcocheilichthys*속의 난( $3.80 \pm 0.360\text{mm}$  (N=20))은 매우 커서 외투강에 남아 있더라도 밖으로 유실되지는 않을 것으로 보인다.

석패과 패류는 2쌍의 반새를 가지고 있는데 *A. yamatsutae*의 난과 자어는 대부분 내반새(inner demibranch)에서 발견이 된다. 어란과 자어를 보유하고 있는 *U. douglasiae* 232개체 중 97.4%가 내반새에 어란과 자어를 가지고 있었으며 2.6%(6개체)만이 외반새에 어란과 자어를 가지고 있었다. 출수공을 통하여 패내로 유입된 어란은 반새의 수관(water tube)속으로 들어가게 되는데 내반새는 상새방(suprabranchial chamber)의 기저 부분이 가로로 열려 있어 이 틈을 통하여 내반새의 수관에 들어가는 것으로 생각되며 외반새(outer demibranch)는 상새방의 기저 부분이 원통형으로 연결되어 있어 외반새의 상새방으로 난이 유입될 경우 수관속으로 난이 유입되는데 어려움이 있고 출수공을 통하여 쉽게 토출이 일어날 수 있는데 이러한 요인들이 외반새에 어란과 자어가 드문 한 원인이 될 수 있을 것으로 본다(Fig. 6, A). 또한 석패과 패류 대부분의 산란기가(박, 1992) *A. yamatsutae*뿐만 아니라 납자루아과 어류(*A. rhombea*는 추계 산란종)의 산란기(内田, 1939; 최 등,

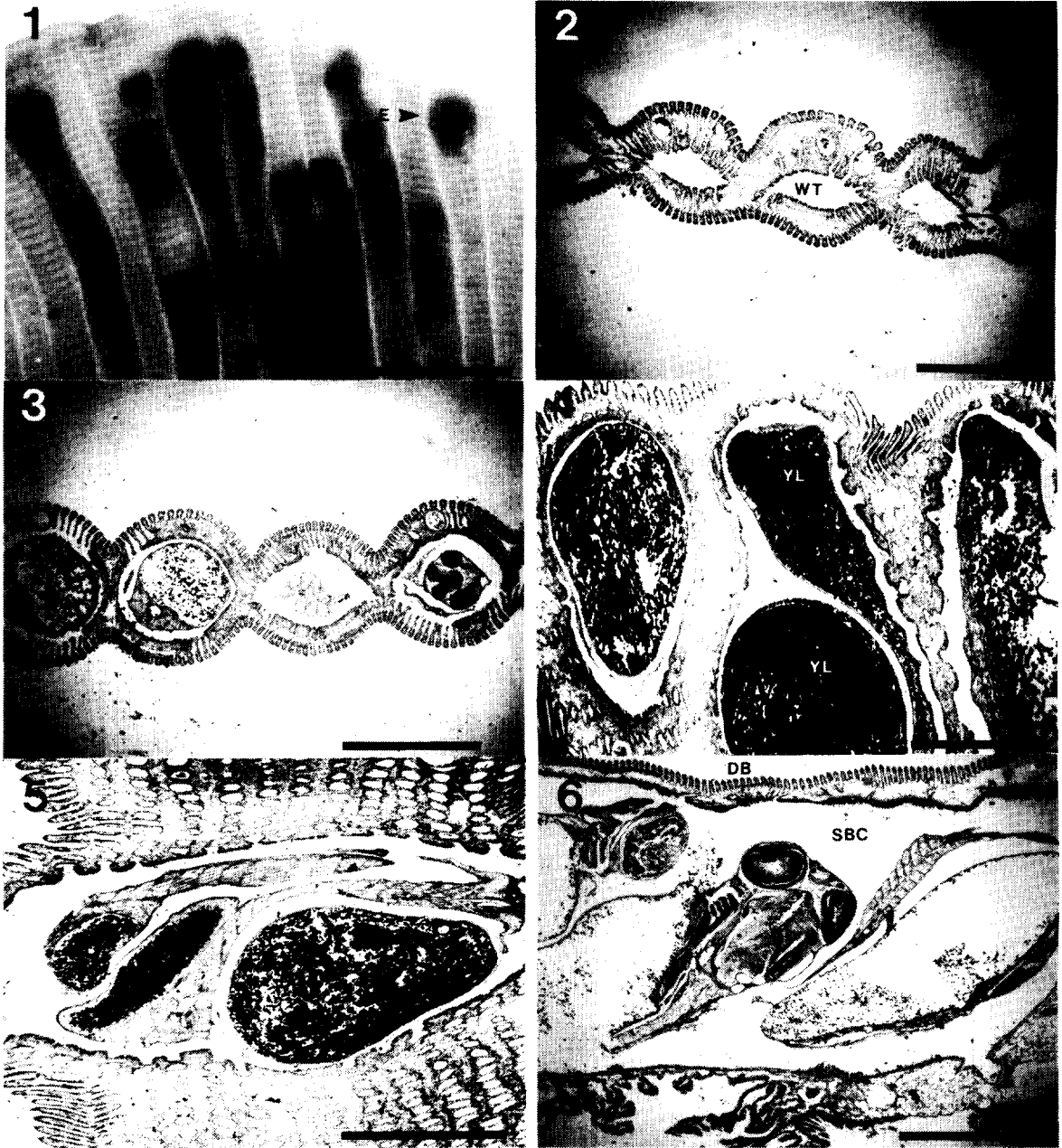


Plate Photograph of the eggs and larvae of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* in demibranch of the mussel.

1 : Egg and larvae in demibranch of *Anodonta woodiana*, 2 : Cross section of demibranch of *A. woodiana*, 3 : Cross section of larvae in demibranch of *A. woodiana*, 4 : Sagittal section of larvae in demibranch of *A. woodiana*, 5 : Sagittal section of larva in demibranch of *A. woodiana*, 6 : Cross section of larvae in suprabranchial chamber of *Unio douglasiae*.

DB : demibranch, E : egg, L : larva, SBC : suprabranchial chamber, WT : water tube, YL : yolk sac larva. scales indicate 1 : 5mm, 2, 3, 4, 5, 6 : 1mm.

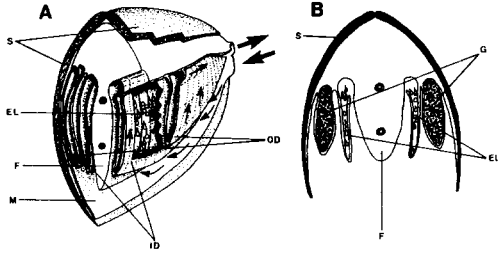


Fig. 6. Diagrammatic illustration showing the eggs and larvae of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* and glochidia in demibranchs of Unionidae.

S : shell, EL : eggs and larvae, OD : outer demibranch, ID : inner demibranch, F : foot, M : mantle, G : glochidia.

다. 한편 하나의 수관 속에 난과 자어 여러 개(마리)가 한꺼번에 들어 있는 경우도 볼 수 있었다 (Plate 1, 4).

### 3. 패류 체내 산란의 생태학적 적응

본 종의 포란수를 조사하기 위하여 산란 직전으로 추정되는 3월에 채집한 개체군 중 생식소 성숙도 값이 13%를 넘는 체장 52.3-76.5mm범위의 10개체의 포란수를 조사한 결과 최대 514개, 최소 289개로서 평균 포란수는 381개였다(Table 4). 잉어과 어류의 포란수는 잉어 (*Cyprinus carpio*)가 30만-40만개, 붕어(*Carassius auratus*)가 4만-20만개, 버들치(*Moroco oxycephalus*)는 약 1,600개(内田, 1939), 쉬리(*Coreoleuciscus splendidus*)가 약 1,100개(송 · 권, 1993), 감돌고기(*Pseudopungtungia nigra*)가 750-2,700개(Kim *et al.* 1991), *Squalidus*

1990)와 일치하는데 조개 암컷의 경우 산란기에 보육낭(brood pouch)의 역할을 하는 외반새에 조개의 유생이 가득 차게 되어 외반새 안으로 들어간 어란일지라도 생존에 치명적인 영향을 받게 된다(Fig. 6, B). Plate는 조개의 내반새에 위치한 난과 자어의 사진과 조직 절편상으로 어란과 자어가 반새의 수관 속으로 유입되면서 수관이 확장된 것을 볼 수 있으며(Plate 2, 3) *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana* 그리고 *L. gottschei*등에 산란된 어란과 자어는 대부분 조개의 수관 속에 위치하고 있으나(Plate 1, 4) *U. douglasiae*에서 발견되는 어란과 자어는 대부분 외반새의 상새방 근처에서 발견되는데(Plate 6) 이는 상기의 패류 보다는 *U. douglasiae*의 수관의 크기가 작아 수관 속으로 난이 유입되기가 어려운 까닭으로 생각된

Table 4. Egg fecundity and gonosomatic indices of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* collected from Lake Uiam in March 1992

Ind. No.	Body length(mm)	Gonosomatic index(%)	Egg number
1	76.45	14.18	420
2	74.40	13.66	514
3	71.40	13.13	432
4	68.75	14.71	416
5	64.65	13.82	384
6	62.10	13.45	351
7	60.80	14.14	365
8	57.85	13.62	289
9	55.40	13.34	318
10	52.30	14.21	323
Average			381



*gracilis*가 3,207-6,185개, 피라미(*Zacco platypus*)가 920-2,500개(Nakamura, 1969) 등에 비하면 본 종의 포란수는 매우 적음을 알 수 있는데 이는 패류 체내 산란의 어려움이나 조개에 의한 난과 자어의 토출 등을 감안하더라도 사망률이 매우 높은 난과 전기 자어 시기를 이때패의 아가미 안에서 안전하게 보내고 유영능력을 획득한 후에 조개의 밖으로 나와 생활을 함으로서 천적이거나 환경 변화 등으로 인한 초기생활사 단계의 사망률이 타 어종에 비하여 상대적으로 낮기 때문에 얻어진 결과로 생각된다.

또한 본 종의 성숙란은 침성, 비점착성이었으며 수중에 산란하는 다른 어종의 난보다 난각(chorionic membrane)이 매우 약하고 탄력이 적는데 이는 조개 안에 산란을 하는 관계로 조개로 부터 토출을 방지하기 위하여 난이 비교적 무거워야 하고, 조개의 수관속으로 쉽게 유입되기 위하여 비점착성의 특징을 가지는 것으로 보이며, 난각이 약한 것은 외부로부터 오는 물리적 충격이나 환경 변화로부터 심한 영향을 받지 않고 산란숙주인 조개의 반새안에서 안전하게 보호받을 수 있기 때문에 얻어진 결과로 생각된다.

한편 대부분의 잉어과 어류의 난은 부화시간이 늦은데 반해 부화 직후 자어의 기관이 상당부분 형성되어 있으나 납자루아과는 부화시간이 매우 빠르기는 하나(Table 5) 체절과 익상돌기 그리고 표

Table 5. Time required for various freshwater fish eggs to hatch

Species	Water temp.(°C)	Hatching time	Authors
Cyprinidae			
<i>Cyprinus carpio</i>	18-22	3.5-6 days	Uchida(1939)
<i>Carassius auratus</i>	20	5 days	Uchida(1939)
<i>Pseudorasbora parva</i>	15.1-21.5	12 days	Nakamura(1969)
<i>Hemibarbus longirostris</i>	19.5-21	7 days	Nakamura(1969)
<i>Sarcocheilichthys variegatus</i>	21	8-12 days	Nakamura(1969)
<i>Pungtungia herzi</i>	22-25	110 hours	Nakamura(1969)
<i>Pseudopungtungia nigra</i>	20±2	7.4 days	Kim <i>et al.</i> (1991)
<i>Zacco platypus</i>	25-29	50-60 hours	Uchida(1939)
	20-24	4 days	Nakamura(1969)
Acheilognathinae			
<i>Rhodeus ocellatus</i>	22±1	39 hours	Suzuki & Jeon(1988a)
	17-25.5	39 hours	Kim and Park(1985)
<i>R. suigensis</i>	22±1	53 hours	Suzuki & Jeon(1988d)
<i>Acheilognathus yamatsutae</i>	22±1	39 hours	Suzuki & Jeon(1987)
	25±1	33 hours	Song and Kwon(1989)
	18-24	44 hours	Kim(1991)
	21±1	41 hours	The present study
<i>A. intermedia</i>	18-24	88 hours	Kim(1991)
<i>A. rhombea</i>	18-24	92 hours	Kim(1991)
<i>A. signifer</i>	22±1	53 hours	Suzuki & Jeon(1988b)
	18-24	46 hours	Kim(1991)
<i>A. koreensis</i>	18-24	90 hours	Kim(1991)
A. sp.	18-24	68-75 hours	Kim(1991)
<i>Acanthorhodeus asmussi</i>	22±1	44 hours	Suzuki & Jeon(1989)
<i>A. gracilis</i>	22±1	38 hours	Suzuki & Jeon(1990)

피상돌기(minute tubercles on the skin) 외에는 다른 기관이 전혀 생성되어 있지 않은 상태(Fig. 7)로 부화가 이루어진다(Nakamura, 1969; Fukuhara *et al.* 1982; Suzuki and Hibiya, 1984, 1985a, b; Suzuki and Jeon, 1987, 1988a, b, c, d, 1990). 이러한 현상은 조개로 부터의 토출을 막을 만한 운동능력과 저항능력이 전혀 없는 난 시기를 가능한 한 빨리 보내고 부화 직후에 이미 생성되어 있는 표피상돌기와 두부의 익상돌기 그리고 활발한 꼬리운동 등을 통하여 반재의 끝쪽으로 이동, 토출을 효과적으로 방지하기 위한 적응현상으로 보인다. 그러나 난황이 소비되면서 익상돌기가 사라지고 자어가 자유유영기에 달하여 조개 밖으로 나올 시기가 되면 표피상돌기 역시 사라져 조개로 부터 용이하게 빠져나올 수 있게 된다(Fig. 8).

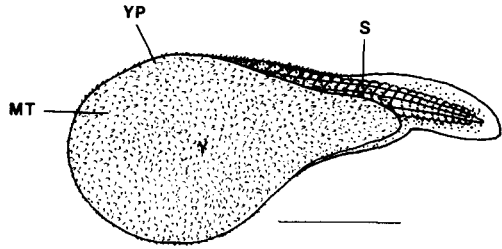


Fig. 7. Hatched out larva of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae*. MT: minute tubercles. S: somites. Y: yolk. YP: yolk projection. scale indicates 1mm.

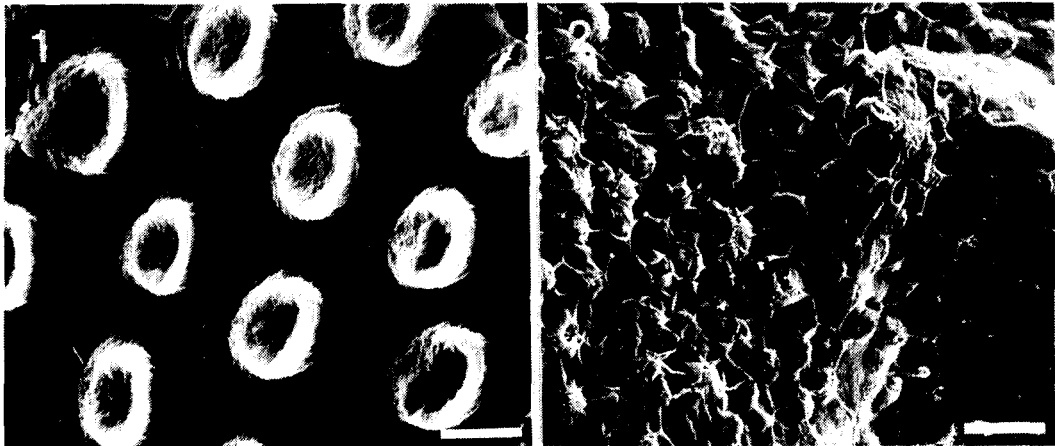


Fig. 8. Minute tubercles on the skin of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae*. 1: immediately after hatching, 2: free swimming stage. scales indicate 1: 30 $\mu$ m, 2: 50 $\mu$ m.

## 인 용 문 헌

- Balon, E. K. 1985. Early life histories of fishes: New developmental, ecological and evolutionary perspectives. DR W. JUNK Publishers, pp. 33-55.
- 최기철 · 전상린 · 김익수 · 손영목. 1990. 원색 한국담수어도감. 향문사, pp. 30-47.
- Fukuhara, S., Y. Nagata and W. Maekawa. 1982. Minute scaly tubercles on the yolksac of Rhodeine Cyprinidae fishes in prelarval stages. Jap. J. Ichthyol. 29: 232-236.
- Hirai, K. 1964. Comparative studies on ecology of four species of bitterlings in the Lake Biwa.

- Physiol. & Ecol. 12 : 72-81.
- 김치홍. 1991. 한국산 납자루속(잉어과) 어류의 계통분류학적 연구. 전북대학교 대학원 박사학위논문. pp. 132.
- 김익수. 1982. 한국산 납자루아과 어류의 분류학적 연구. 전북대학교 생물학연구연보. 3 : 1-18.
- Kim, J. K., Y. P. Hong, K. G. An and S. S. Choi. 1991. Studies on early embryonic development of *Pseudopungtungia nigra*, Korean endemic species. Kor. J. Limnol. 24 : 129-136.
- 김용억·한경호. 1990. 실험실에서 사육한 한국산 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 초기생활사. 한수지. 2 : 159-168.
- 김용억·박양성. 1985. 흰줄납줄개의 난발생과 부화자어. 한수지. 18 : 586-593.
- 권오길. 1990. 한국 동식물 도감(제 32권), 동물편(연체동물). pp. 26-182.
- 長田芳和. 1975. 世界のタナゴ類. 淡水魚. 2 : 120-133.
- Nagata, Y. 1985. The experimental approaches for analyzing the causes of spawning efficiency of the bitterling, *Rhodeus ocellatus*(Kner). Mem. Osaka Kyoiku Univ., Ser. III. 34 : 81-101.
- Nakamura, M. 1969. Cyprinid fishes of Japan. Research Institute for Natural Resources. Tyoko. pp. 5-99.
- 박갑만. 1992. 한국산 담수석패과의 비교 연구. 강원대학교 대학원 박사학위논문. pp. 122.
- 송호복·권오길. 1989. 의암호에 서식하는 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae* Mori)의 산란 및 발생 특성에 관한 연구. 육수지. 22 : 51-70.
- 송호복·권오길. 1992. 댐 건설에 따른 의암호의 어. 패류상 변화. 강원대학교 논문집(과학기술연구). 31 : 178-186.
- 송호복·권오길. 1993. 홍천강에 서식하는 쉬리, *Coreoleuciscus splendidus* Mori(Cyprinidae)의 생태. 육수지. 26 : 213-222.
- Suzuki, N. and T. Hibiya. 1984. Minute tubercles on the skin surface of larvae in *Rhodeus* (Cyprinidae). Jap. J. Ichthyol. 31 : 198-202.
- Suzuki, N. and T. Hibiya. 1985a. Minute tubercles on the skin surface of larvae of *Acheilognathus* and *Pseudoperilampus*(Cyprinidae). Jap. J. Ichthyol. 32 : 335-344.
- Suzuki, N. and T. Hibiya. 1985b. Development of eggs and larvae of two bitterlings, *Acheilognathus lanceolata* and *A. limbata*(Cyprinidae). Bull. Coll. Agr. Med. Nihon University. 42 : 195-202.
- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1987. Development of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae), with notes on minute tubercles on the skin surface and pharyngeal apparatus. Kor. J. Limnol. 20 : 229-241.
- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1988a. Development of eggs, larvae and juveniles of *Rhodeus ocellatus* from Ansong-river, Korea(Pisces : Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Limnol. 21 : 1-15.
- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1988b. Development of the bitterling, *Acheilognathus signifer* (Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Limnol. 21 : 165-179.
- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1988c. Development of the bitterling, *Acheilognathus limbata* (Cyprinidae) from Korea and Japan, with notes on minute tubercles on the skin surface and on the genetic implication in hybrid embryos. Kor. J. Limnol. 21 : 211-229.
- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1988d. Development of egg and larvae of the bitterling, *Rhodeus suigensis*(Cyprinidae) from Korea, with a note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Limnol. 21 : 231-242.

- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1989. Development of the bitterling, *Acanthorhodeus asmussi* (Cyprinidae) with note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Ichthyol. 1 : 73-82.
- Suzuki, N. and S. R. Jeon. 1990. Development of the bitterling, *Acanthorhodeus*(=*Acheilognathus*) *gracilis*(Cyprinidae), with a note on minute tubercles on the skin surface. Kor. J. Ichthyol. 2 : 169-181.
- 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.

### **Spawning of the Bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* (Cyprinidae) into the Mussel**

Ho-Bok Song and Oh-Kil Kwon  
Department of Biology, Kangwon National University,  
Kangwon-do, Chunchon 200-701, Korea

Spawning of the bitterling, *Acheilognathus yamatsutae* into the mussel was studied from 1990 to 1992 in Lake Uiam, Korea. This fish preferred to spawn in certain mussel species such as *Unio douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*, *Lamprotula gottschei* and *Anodonta arcaeformis flavotincta* in order of preference. Within the same species of mussel, they preferred the larger size. Eggs and larvae were commonly located in the inner demibranch of mussels. Average number of eggs or larvae per mussel was 3.6 (ranged from 1 to 35). The eggs of the bitterling were hatched out within 41 hours when water temperature remained over 20°C and the larvae already possessed minute tubercles on the skin and yolk projections to prevent themselves being washed out from mussels.