

## 각시붕어, *Rhodeus uyekii*의 생식주기

안 철 민

부산수산대학교 해양과학대학 해양생물학과

1991년 8월부터 1993년 7월까지 경상남도 김해군 상동면 매리마을의 낙동강 지류에서 채집된 한국 특산어인 각시붕어, *Rhodeus uyekii*를 대상으로 생식생태를 파악하기 위하여 연간 생식소속도지수(GSI)와 난경 조성, 산란관 길이 변화를 조사하였고, 이들 생식소 발달과정을 광학현미경적 방법에 의해 조사하였다.

GSI는 수온이 상승하기 시작하는 2월부터 증가하기 시작하여 5월에 연중 최대값을 나타내고, 7월부터 하강하여 8월에는 연중 최저값을 나타내었다. 이후 9월부터 11월까지 서서히 증가하다가 12월에는 일시적으로 증가를 멈추고 11월과 비슷한 수준을 유지하였다.

생식연주기는 7~8월의 퇴화 및 휴지기, 9~11월의 1차 성장기, 12월의 정체기, 1, 2월의 2차 성장 및 성숙기, 3~6월의 완숙 및 산란기 등 연속적인 주기로 구분할 수 있었으며, 산란성기는 4월하순에서 5월이었다.

### 서 론

대부분의 어류는 계절적으로 일정한 산란기를 가지는 데, 이들의 생식주기가 어떤 외적 및 내적 인자에 의해 성립되고, 또 지배받고 있는가를 규명하는 것은 생식생물학적인 면에서 대단히 중요하며, 산업적인 면에서도 인위적 산란제어를 위한 기본적인 과제라 하겠다.

각시붕어, *Rhodeus uyekii*는 잉어과 납줄개속에 속하며, 우리나라 낙동강 수계 및 남부지역 하천 수계에 분포하는 한국 특산어(鄭, 1977)로서 담수산 이매패인 뺨조개 새엽내에 산란하는 특이한 산란 습성을 가지고 있으며, 규칙적인 다회산란을 행하고 있다. 그리고 산란주기에 따라 산란관 길이의 변화를 수반하고 있으므로 외부관찰에 의해서도 그들의 산란성기를 쉽게 식별할 수 있고, 소형이기 때문에 환경을 제어하면서 사육이 비교적 용이한 관계로 생식기구 해명을 위한 실험적 연구의 호적재료라 할 수 있다. 또 다른 산란기를 가진 근연종(*Pseudoperilampus types*, 흰줄납줄개, *Rho-*

*deus ocellatus ocellatus*, 다비라납지리, *Acheilognathus tabira*)에 대한 연구들이 비교적 많이 진행되어 있어 어류의 성숙과 환경과의 관계를 비교 검토할 수 있는 이점이 있다.

각시붕어에 관한 연구로는 각시붕어의 난발생과 자어의 발육 및 자어의 표피상 돌기(Suzuki *et al.*, 1985), 각시붕어의 초기생활사(Kim and Han, 1990) 등이 있을 뿐, 그 외의 연구는 전무한 실정이다.

다만 각시붕어의 근연종인 흰줄납줄개(Asahina *et al.*, 1980), 다비라납지리, (Shimizu and Hanyu, 1981)에서 생식리듬의 성립에 관여하는 환경요인을 해석하기 위한 생식연주기가 보고되고 있다.

본 연구에서는 우선 각시붕어의 자연산 생식생태를 파악하기 위하여 연간 생식소속도지수(GSI)의 변화와 생식소 발달과 밀접한 관계를 가지고 변화하는 난경 조성 및 산란관 길이의 변화를 조사하였고, 동시에 생식소 발달과정을 광학현미경적 방법에 의해 조사하여 생식연주기와 산란기를 밝혔다.

## 재료 및 방법

1991년 8월부터 1993년 7월까지 매월 경상남도 김해군 상동면 매리마을의 낙동강 지류에서 플라 스틱 통발로 포획한 총 800개체의 각시붕어를 재 료로 생식주기를 조사하였다.

재료는 채집 즉시 복부를 절개한 다음 Bouin액 에 24시간 고정하였고, 이후 수세한 다음 전장, 체 장 그리고 체중을 계측한 후, 해부하여 생식소를 절취 측정 후 조직표본 제작에 사용하였다.

생식소속도지수(gonadosomatic index, GSI)는 생식소중량/체중×100의 식으로 산출하였으며, 매월 계측된 전 개체의 평균치로 월별 변화를 비교 하였으며 이때 표준오차 범위를 표시하였다.

산란관 길이는 Asahina *et al.*(1980)의 Fin Unit(F.U.; 뒷지느러미의 가장 긴 연조의 길이를 1단위로 한다)로 나타내었다.

난경조성은 적출된 난소내 난괴를 개량 Gilson 액(Love and Westphal, 1981)에 넣어 60℃ 전후 의 온도를 유지하면서 6일 동안 12시간마다 흔들 어 주어 분리하였고, 난경은 해부현미경의 접안 마 이크로메타로 계측하여 장경으로 나타내었다.

생식소 조직은 상법인 paraffin 절편법에 의하 여 5~6μm 두께의 표본을 만들었으며, Mayer haematoxylin - 0.5% eosin의 이중염색을 하여 광학현미경하에서 검경하였다.

## 결 과

### 1. 생식소속도지수(GSI)의 월별 변화

연간 GSI의 조사 결과는 Fig. 1과 같다. 조사가 시작된 91년 8월에 GSI는 암컷이 1.79, 수컷이 0.80으로 매우 낮은 값을 나타내었고, 이듬해 1월 까지 서서히 증가하다가 2월부터 급격히 상승하여 수컷은 4월에 3.85, 암컷은 5월에 9.83으로 연중 최대값을 나타내었다. 이후 6월과 7월을 지나면서 GSI의 현저한 감소가 일어났다. 그러나 93년에는 92년과는 달리 2월에서 3월에 걸쳐 GSI의 급격한 증가가 일어났고, 암컷에서는 전년에 비하여 한달 이 빠른 4월에 최대값을 나타내었다. 그리고 암컷 은 6월에도 전년에 비하여 높은 값을 유지하였다.

이들 GSI의 변화와 환경의 변화를 연관시켜 살 펴보면(Fig. 1) 수온이 상승하고, 낮의 길이가 길어 지기 시작하는 2월부터 GSI는 상승하여, 4, 5월에 GSI는 최대값을 나타내고 있다. 이때의 낮의 길이는 14시간 이상이었고, 수온은 18℃ 전후였다. 이 후 GSI가 감소하는 기간에는 낮의 길이가 가장 긴 기간이고, 수온이 가장 높은 기간으로 나타났다.

### 2. 생식소 조직의 월별 변화

#### 1) 난소의 발달

난소는 좌우 1쌍의 주머니 모양으로 부레 아래 쪽에 위치하며, 산란시기에 산란관이 신장되는 생 식공 부위의 체벽에 밀착해 있다. 난소강은 미발달 생식소에서는 관찰되지 않으나 생식소가 발달함 에 따라 난소 실질부의 뒤끝에서 점진적으로 신장 비후 된다. 난소를 싸고 있는 외측 피막의 두께는 산란관의 신장에 반비례하여 얇어진다.

7, 8월의 난소조직 대부분은 일부 퇴화 흡수되 지 않은 변성난괴, 난소 상피를 따라 분열증식중인 난원세포들 및 직경 60μm 전후의 초기 난모세포

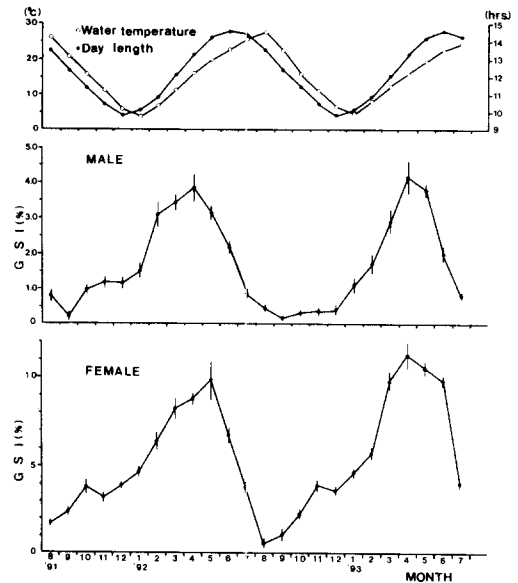


Fig. 1. Monthly variations in water temperature, daylength and gonadosomatic index(GSI) of male and female bitterling, *Rhodeus uyekii*. Water temperatures are measured from the sampling area. Circles and bars indicate the mean and standard error, respectively.



Fig. 2. Gonadal phases of female bitterling, *Rhodeus uyekii* in different phase of the annual reproductive cycle. 1, Ovary which is sampled in August. The ovary is mainly filled with oogonia and oocytes in the chromatin nucleolus stage ; 2, Ovary which is sampled in September. The oocytes in the perinucleolus stage appear in the ovary ; 3, Ovary which is sampled in October. The oocytes in the yolk vesicle stage appear in the ovary ; 4, Ovary which is sampled in November. The oocytes in the primary vitellogenic stage are abundant in the ovary. 5, Ovary which is sampled in January. The oocytes secondary vitellogenic stage appeared ; 6, Ovary which is sampled in February. The oocytes in the maturation stage are observed among the oocytes in the secondary vitellogenic stage ; 7, Ovary which is sampled during spawning period. the oocytes in the germinal vesicle migration stage are seen ; 8, Ovary which is sampled in spawning period. Ripe oocyte are seen. AP, animal pole ; N, nucleus ; NP, nuclearplasm ; NU, nucleolus ; OG, oogonium ; VP, vegetal pole ; YN, yolk nucleus ; YV, yolk vesicle

들로 구성되어 있다. 이들 초기 난모세포들은 세포질이 극히 빈약하며, 핵은 배포상으로 세포질의 대부분을 차지하고 있다. 핵내에는 haematoxylin에 양성 반응을 보인 다수의 염색인이 나타나고 있으며, 일부 염색인들은 핵막을 따라 위치하고 있다. 핵질에는 염색사가 불규칙한 망상으로 분포하고 있다(Fig. 2-1).

9월이 되면서 초기 난모세포의 직경은  $160\mu\text{m}$  전후로 성장되면서 세포질이 haematoxylin에 농염되어 나타나며, 호염기성인 과립상 인들이 핵막을 따라 일정하게 배열되어 나타나고 있다. 그리고 세포질에는 뚜렷한 호염기성 난황핵이 핵막 주변에서 식별되고 있다(Fig. 2-1).

10월에는 난모세포가 직경  $250\sim 400\mu\text{m}$  전후로 성장되면서 세포질 내에 난황포들이 출현한다. 난황포들은 처음에 세포질 피질부로부터 작은 소포 형태로 나타난다. 이후 난모세포의 성장과 함께 난황포들은 점진적으로 그 수가 증가하면서 핵막 주변에서 피질부까지 확산되어 간다(Fig. 2-3).

11월에는 더욱 성장하여 난모세포의 직경은  $550\mu\text{m}$  전후가 된다. 이 시기의 난모세포 세포질의 염색성은 약한 호산성으로 변하고 있으며 대부분 난황포로 채워졌던 세포질이 핵막 주변 즉 내질층으로부터 호산성 반응을 보이는 작은 난황과립들이 출현하여 차츰 피질층으로 확산되어 간다. 따라서 이 시기의 난모세포의 세포질은 핵막 주변의 호염기성 세포질층, 중앙의 난황과립층 그리고 피질층에 위치한 일부 난황포층으로 구분된다(Fig. 2-4). 이후 12월에는 더 이상의 난 발달은 보이지 않고 11월과 동일한 상태를 유지하고 있다.

1월의 난소조직에는 초기 난모세포에서부터 난황형성중인 난모세포에 이르기까지 여러 단계의 난모세포들로 구성되어 있는데, 이들 중 가장 발달한 난모세포는 직경  $1,500\mu\text{m}$  전후로 핵막 가까이까지 난황구들이 세포질에 축적되어 있으며, 배포상의 핵은 세포 중앙부에 위치하고 있다(Fig. 2-5).

3월에서 5월에 걸쳐 조사한 난소 조직상에는 여러 단계의 난모세포들이 존재하고 있는데, 일부 난모세포들은 난황 축적이 완료되면서 과립상의 난황구들이 치밀하게 융합하여 광학현미경 하에

서는 거의 균질성을 나타내고 있다. 그리고 배포상의 핵은 핵막이 거치화 되면서 응축되고 있으며, 세포질의 중앙에 위치하고 있던 핵이 동물극을 향하여 이동하고 있다(Fig. 2-6). 이후 난모세포의 핵이 동물극에 밀착되면서 난의 형태는 구형에서 타원형으로 변화된다(Fig. 2-7). 핵이 동물극으로 이동이 완료되면 핵은 붕괴되어 핵질과 세포질의 구별은 어렵게 되며, 이 시기에 각시봉어 난의 특징인 서양배 형태는 완성된다. 완숙난의 크기는  $3\text{mm}$ 에 달하며, 완숙난의 동물극은 산란관을 향하여 위치하고, 난문의 위치도 뚜렷해진다(Fig. 2-8).

## 2) 정소의 발달

정소는 다수의 소낭으로 구성된 좌우 한쌍의 완두콩 모양의 형태를 나타내며, 난소와 동일한 위치에 있다. 암컷에 있는 생식관은 수컷에는 없으며, 항문에 접하여 좌우 수정관이 합쳐져 있다.

7, 8월의 정소 내에는 방정 후 잔존 정자들이 퇴화흡수되지 않은 채 정원세포들로 구성된 소엽내에 잔존하고 있다(Fig. 3-1).

9월에 접어들면서 잔존 정자들의 흡수가 완료되면, 정소소엽 상피에서 분열증식중인 정원세포들이 수 많은 소엽 구조를 형성한다. 이들 정원세포들은 크기가  $10\mu\text{m}$  내외로 세포질은 비교적 빈약하나 핵이 뚜렷하고 핵내에는 한개의 인이 존재하고 있다(Fig. 3-2).

10월에는 정소소엽들이 비후 신장되기 시작하고, 소엽내에는 정원세포들 사이에 세포질이 호염기성으로 뚜렷해지며 핵은 팽발한 감수분열로 핵질이 흐트러져 보이는 1차 정모세포들이 출현하기 시작한다. 이들의 크기는  $5\mu\text{m}$  내외로 정원세포에 비해 작다(Fig. 3-3).

11월에도 정소는 성장을 계속하여 정소내 소엽들이 더욱 비후되고, 소엽내에는 1차 정모세포와 2차 정모세포들이 포낭 구조를 형성하고 있다. 2차 정모세포는 1차 정모세포와 형태적 특징은 유사하나 크기가 다소 작으며, 핵질이 응축되어 나타난다(Fig. 3-4). 이후 12월에는 11월과 동일한 상태를 유지하고 있다.

1월에 접어들면서 정소는 다시 활성화 되기 시작하여 정소소엽은 길게 신장되고, 소엽을 구성하

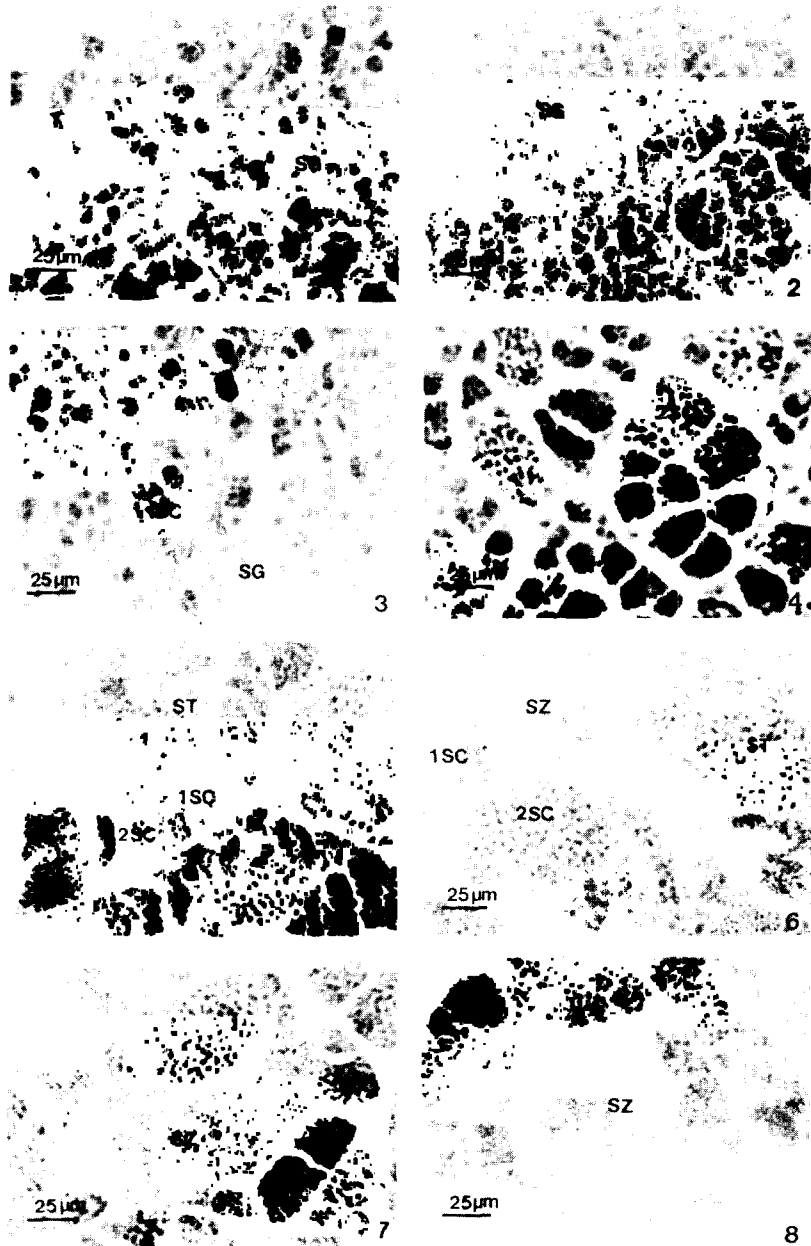


Fig. 3. Gonadal phases of male bitterling, *Rhodeus uyekii* in different phase of the annual reproductive cycle. 1, Testis which is sampled in July and August. The spermatogonia appear in the lobules ; 2, Testis which is sampled in September. 3, Testis which is sampled in October. Lobules are lengthening and the spermatogonia and some spermatocytes appear in the lobules ; 4, Testis which is sampled in November. The secondary spermatocytes are contained in the lobules ; 5, Testis which is sampled in January. Germ cells are formed cyst in the lobule. 6, Testis which is sampled in February. The spermatocytes and spermatids appear in the lobule ; 7, Testis which is sampled in March and April, respectively. Spermatogenesis are generally seen ; 8, Testis which is sampled in May and June. Many spermatozoa are filled in the lumen of the lobule. Spermatogenesis is completed. SG, spermatogonia ; 1SC, primary spermatocyte ; 2SC, secondary spermatocyte ; ST, spermatid ; SZ, spermatozoa

고 있는 1, 2차 정모세포들은 소엽내에서 각각 포낭을 형성하고 있으며, 이들 포낭 사이에 정세포들이 나타나기 시작하는 데, 이들은 세포질과 핵질이 응축되어 haematoxylin에 농염된 과립상으로 나타난다(Fig. 3-5).

2월에는 소엽이 더욱 비후되며 소엽 기저로부터 내강을 향해 정원세포군, 정모세포군, 정세포군이 각기 다른 포낭속에 내포된 채 배열되어 발달되고 있으며, 소엽 내강에는 변태된 정자들이 일부 나타나고 있다(Fig. 3-6).

3, 4월에는 전 개체가 활발한 정자변태과정을 나타내는 데, 포낭내에서 변태를 마친 정자들은 포낭이 파괴되면서 소엽 내강에 밀집되어 나타난다(Fig. 3-7).

5, 6월의 정소조직은 소엽내강에 변태된 정자들이 가득 차 있고, 각 생식세포의 포낭은 위축되면서 정자형성과정도 중지되고 있다(Fig. 3-8).

### 3. 난경조성의 월별 변화

난경조성의 월별 변화를 조사한 결과는 Fig. 4와 같다.

8월의 난소는 0.5mm 이하의 소형 난모세포군으로 구성되어 있다. 10월로 접어들면서 1mm 크기의 난모세포군이 17% 정도 출현하고 있으나 여전히 소형군이 우점되고 있다.

1월의 난소는 0.5mm 이하군과 0.5~1mm 난모세포군이 비슷한 조성을 나타내고 있으며, 이후 3월부터는 2~3mm 범위의 대형 성숙난들이 나타나고, 1mm 전후의 난모세포들이 우점하고 있다.

이들 난경조성은 5월까지 유지되고 있으며, 6월이 되면 2mm 이상의 완숙단계의 난은 거의 보이지 않게 된다.

6월에 나타나는 1~2mm 크기의 난모세포군들은 산란 후의 잔존 퇴화변성난들이었으며, 7월에는 이들도 거의 소실되었다.

### 4. 산란관 길이의 월별 변화

월별로 산란관 출현을 조사하고 그 길이를 측정하여 F.U. 단위로 환산한 월별 도수분포는 Fig. 5와 같다.

GSI가 연중 최저치를 나타내는 8월부터 9월까

지는 산란관이 나타나지 않았으며 10월부터 나타나기 시작하여 2월에는 2 F.U.에 달하는 개체들도 50%에 달했다. 이후 3월부터는 다양한 길이의 산란관을 가진 개체들이 나타났으며, 5월에 최대 F.U.를 나타낸 개체는 7 F.U.에 달했다.

6월에 이르면 산란관이 완전히 퇴화 소실된 개체들이 나타나기 시작하였고, 7월에는 모든 개체의 산란관 길이가 2 F.U. 이하로 퇴화하였다.

## 고 찰

경골어류 성어의 난소는 나상형(gymnovarian

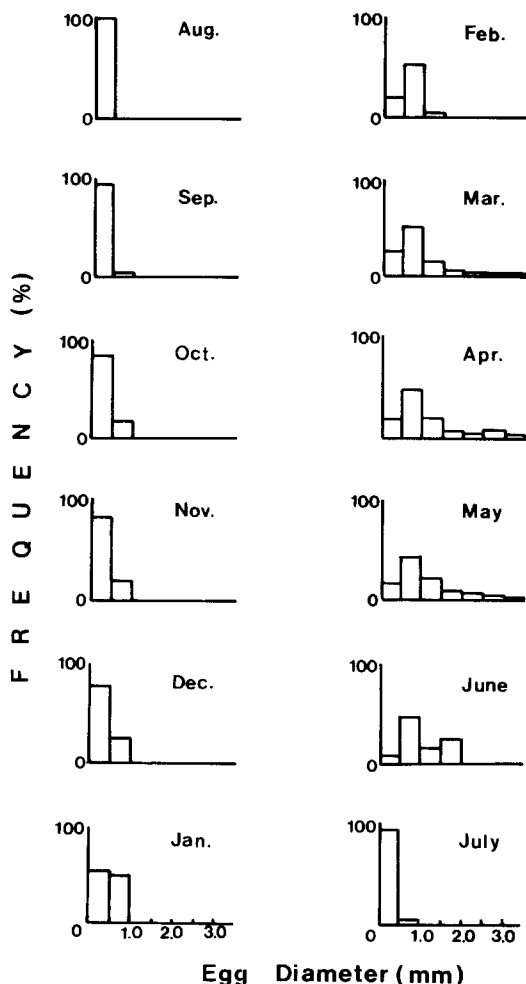


Fig. 4. Monthly variations in frequency distribution of egg diameter of female bitterling, *Rhodeus uyekii*.

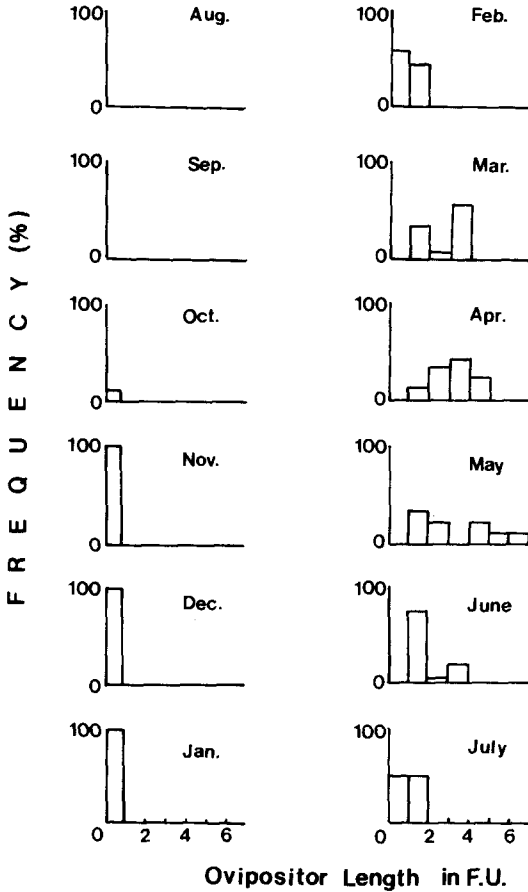


Fig. 5. Monthly variations in frequency distributions of the ovipositor length of female bitterling, *Rhodeus uyekii*. One Fin Unit(F.U.) corresponds to the longest ray height of the extended anal fin.

condition)과 낭상형(cystovarian condition)으로 대별되며, 낭상형을 다시 낭상형 I, II로 구별하고 있다(高野, 1989). 각시붕어의 난소는 난소피막에 평활근이 발달하지 않은 점과 난소강이 난소 실질부의 뒤끝에서 관찰되는 점 등에 의하여 낭상형 I에 해당된다고 할 수 있다. 이러한 형태의 난소는 금붕어, 미꾸리 등 잉어목 어류에 많이 나타나는 것으로 高野(1989)는 보고하고 있다.

주변인기 난모세포의 세포질에서 관찰되는 난황핵은 난모세포의 성장과 함께 크기가 증가하고, 난황포의 형성이 활발히 진행되면서 사라지는 데, 이러한 현상으로 미루어 난황핵은 각시붕어에서 난황형성에 간접적으로 관계가 있다고 생각된다.

각시붕어는 난황형성기에 난황과립들이 내질층으로 부터 피질층으로 축적이 진행되면서 난모세포를 둘러싸고 있는 방사선대가 비후되고 습곡 모양으로 굴곡이 나타나는 특이한 형태를 가지는 데 이들 굴곡은 난의 급격한 크기와 밀접한 연관이 있는 것으로 생각된다. 성장중인 난모세포의 방사선대에 굴곡을 갖고 있지 않은 노래미, *Agrammus agrammus*(Chung and Lee, 1985), 황돔어, *Boleophthalmus pectinirostris*(Chung et al., 1991) 등은 완숙난의 체적이 난황포기 난모세포의 체적보다 5배 정도 크지만, 각시붕어는 급격한 성장을 하여 완숙난은 난황포기 난의 크기보다 약 10배에 이르고 있어 이들 굴곡이 급격한 성장에 따른 난표면적을 확장해 주고 있는 것으로 생각된다.

각시붕어의 정소는 기본적인 형태에 있어서는 다른 어종들의 정소의 형태와 아주 유사하나, 조직학적으로는 高橋(1989)가 주창한 lobule type과 tubule type 중 lobule type에 해당된다. 각시붕어의 정소조직은 생식세포를 내포한 포낭이 정소소엽 벽을 따라 거의 한층으로 배열되어 있고, 정소소엽 중앙에 강을 이루고 있는 점이 lobule type과 일치하고 있다.

자연산 각시붕어 생식소의 계절적 변화를 보면, 수온이 상승하는 2월에서 3월에 걸쳐 GSI가 급증하고, 암컷에서는 산란관의 발달, 난경의 급격한 증대, 난황주기 난모세포 및 완숙난이 출현하고, 수컷에 있어서는 정세포 및 정자가 출현하고 있어, 이 시기에 성숙이 급격히 진행되어 산란기를 맞이하는 것으로 간주된다. 그리고 3월 중순에 배란된 완숙난이 출현하고 있어 이 시기가 산란 개시기라 생각된다.

1992년에는 수컷이 4월, 암컷이 5월에 GSI가 연중 최대로 나타났으나, 1993년에는 암수 모두 4월에 GSI가 연중 최대에 이르고 있는 것으로 나타났다. 이 시기의 평균 수온은 1992년 3월이 11℃, 4월이 16℃, 5월이 20℃인데 비해, 1993년 3월은 13℃, 4월은 16℃, 5월은 20℃로서 1993년 3월의 평균 수온이 1992년에 비해 2℃ 정도 높게 나타났다. 따라서 1993년에 암컷의 GSI가 1992년에 비해 한 달 가량 일찍 peak를 이룬 것은 조기 수온 상승에 의한 생식소 활성화가 보다 빨리 시작된데 기

인한 것으로 간주되며, 이와 같이 수온 차이에 의한 생식소 활성화 개시기의 차이는 자연에서도 지역간 산란기의 차이를 가져 올 수 있음을 시사하고 있다.

3월 중순에서 6월 초순까지 암수 모두 GSI는 매우 높은 상태를 유지하고 있으며, 생식소 조직상에서도 배란 및 방정을 되풀이 하면서 활발한 생식세포 형성 및 성숙상태를 유지하고 있어 전형적인 다회 산란종으로 판명되었다. 같은 잉어과 근연종인 다비라납지리(Shimizu and Hanyu, 1981), 흰줄납줄개(Asahina *et al.*, 1980)에서도 산란기 동안 산란을 되풀이 하는 다회 산란종으로 보고되고 있다.

산란관 길이 및 난경변화와 생식소 조직상의 결과에서 7월 하순에는 산란이 완전히 정지하고 있는 것으로 나타났기 때문에 통상 산란기는 6월 하순에서 7월 초에 걸쳐 종료되는 것으로 판단된다.

그러나 1993년 6월에는 1992년 6월에 비하여 GSI 값은 여전히 높은 수준을 유지하고 있다. 이는 1993년 6월의 평균 수온이 21℃ 전후로 1992년 6월의 평균 수온 23℃ 보다 낮았기 때문인 것으로 간주되는데, 이 역시 산란기 종료에 관여하는 임계 고수온의 작용 시기가 다른데 기인한다고 할 수 있다.

각시붕어는 산란기를 지난 후 생식소 성숙은 2단계로 진행됨을 알 수 있다. 즉, 산란기 후 7~8월의 퇴화흡수기를 거쳐 9, 10월에 이르면 일차적으로 생식소는 활성화되어 난황포 형성 및 정모세포형성단계까지의 완만한 성장단계를 거치고 11월과 12월의 동계에 접어들면 생식소는 변화없이 동계 휴지기를 지나 1월 이후 다시 재활성화 되어 난황축적 및 정자형성에 이르는 급격한 성숙단계로 구별된다.

성숙이 2단계로 진행되는 어종은 각시붕어의 근연종인 다비라납지리(Shimizu and Hanyu, 1981)가 있으며, 큰가시고기, *Gasterosteus aculeatus* (Baggerman, 1972)에서도 암컷에서 난황포 축적과 난황구 축적 단계가 구별되고 있다. 하계산란종인 흰줄납줄개(Asahina *et al.*, 1980)에서는 난황포기 난모세포가 연중 존재하고 있다. 그러나 자리돔, *Chromis notatus*(Lee and Lee, 1987), 그물코퀴치, *Rudarius ercodes*(Lee *et al.*, 1984), 점망둑,

*Chasmichthys dolichognathus*(Back and Lee, 1985) 등의 해산 경골어류 및 담수산 경골어류인 파랑볼우럭, *Lepomis macrochirus*(Lee and Kim, 1987)에서는 산란 후 생식소는 퇴화하고 초기 난모세포들만을 가진 상태로 휴지기인 동계를 지낸다.

자연에서 조사된 각시붕어의 생식연주기와 서식지 수온 그리고 자연 광주기를 연관시켜 생식소 활성화 및 퇴화에 관여하는 요인들을 고찰해 본 바 Fig. 6과 같았다. 수온이 상승하고 낮길이가 길어지기 시작하는 1,2월은 2차성장기 및 성숙기, 3월에서 6월은 완숙 및 산란기, 낮길이가 연중 가장 길고, 수온이 고수온을 나타내는 7,8월은 퇴화 및 휴지기, 춘계와 비슷한 환경상태이나 수온과 낮길이가 감소하는 시기인 9월에서 11월은 1차 성장기, 연중 낮길이가 가장 짧고, 수온도 저수온 시기인 12월은 정체기 등으로 나타낼 수 있었다.

경골어류의 산란형은 어종에 따라 다양하나 크

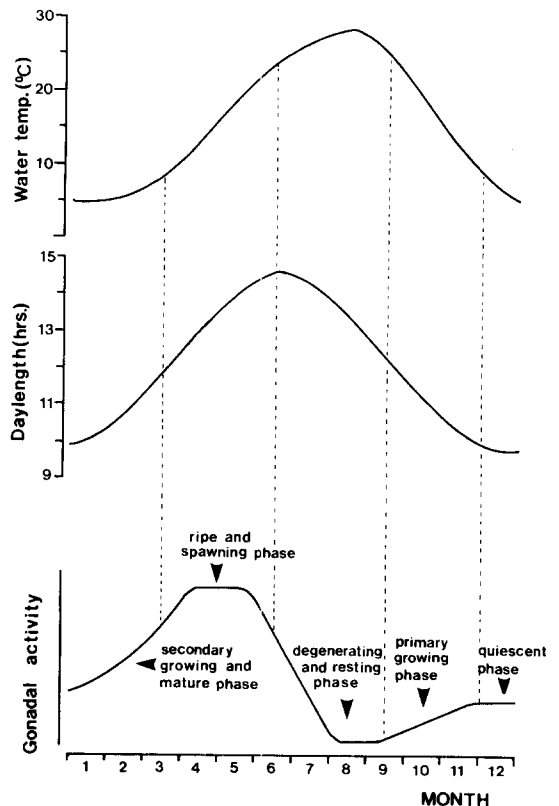


Fig. 6. Model to explain the reproductive cycle of *Rhodeus uyekii*. Such changes in the gonadal activity suggest possible that daylength and water temperature are concerned in it.



계 다음의 3가지 형으로 나눌 수 있다. 즉, 산란기 중에 암컷이 1회만 산란을 하는 군, 그리고 1년중 한번의 산란기간 중에 암컷이 되풀이하여 산란하는 군과 특정 산란기를 가지지 않고 연중 산란하는 것으로 열대에 서식하는 군이 있다(隆島, 1982).

이 중, 각시붕어는 두번째 군에 속하는 종으로서, 생식주기는 산란기부터 다음 산란기까지의 생식연주기와 산란기간중의 산란주기로 이루어 진다.

### 인용문헌

- Asahina, K., I. Iwashita, I. Hanyu and T. Hibiya. 1980. Annual reproductive cycle of a bitterling, *Rhodeus ocellatus ocellatus*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 46 : 299 - 305.
- Baek, H. J. and T. Y. Lee. 1985. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the longchim goby, *Chasmichthys dolichognathus*-(Hilgendorf). Bull. Korean Fish. Soc. 18(3) : 243 - 252.
- Baggerman, B. 1972. Photoperiodic responses in the stickleback and their control by a daily rhythm of photoperiodicity. Gen. Comp. Endocrinol. Suppl. 3 : 466 - 476.
- Chung, E. Y. and T. Y. Lee. 1985. Studies on the reproductive cycle of greenling, *Agrammus agrammus*. Bull. Nat'l. Fish. Univ. Pusan 25(1) : 26 - 42.
- Chung, E. Y., C. M. An and T. Y. Lee. 1991. Sexual maturation of the bluespotted mud hopper, *Boleophthalmus pectinirostris*(Linnaeus). Bull. Korean Fish. Soc. 24(3) : 167 - 176.
- 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) : 151 - 168.
- Lee, T. Y., I. Hanyu and K. Furukawa. 1984. Effects of photoperiod and temperature on the gonadal activity in small filefish, *Rudarius ercodes*. Bull. Korean Fish. Soc. 17(6) : 523 - 528.
- Lee, T. Y. and S. Y. Kim. 1987. Experimental studies on the mechanism of reproductive cycle in the bluegill, *Lepomis macrochirus*. Bull. Korean Fish. Soc. 20(6) : 489 - 500.
- Lee, Y. D. and T. Y. Lee. 1987. Studies on the reproductive cycle of damselfish, *Chromis notatus*. Bull. Korean Fish. Soc. 20(6) : 509 - 519.
- Love, M. S. and W. V. Westphal. 1981. Growth, reproduction and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off Central California. Fish. Bull. 79 : 533 - 543.
- Shimizu, A. and I. Hanyu. 1981. Annual reproductive cycle in a spring - spawning bitterling, *Acheilognathus tabira*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 47 : 333 - 339.
- Suzuki, N., N. Akiyama and T. Hibiya. 1985. Development of the bitterling, *Rhodeus uyekii*(Cyprinidae) with a note on minute tubercles on skin surface. Japan J. Ichthyol. 32(1) : 28 - 34.
- 高野和則. 1989. 卵巢の構造と配偶者形成. 水族繁殖學(隆島史夫, 羽生功編). 綠書房. 東京 : 3 - 34.
- 高橋裕哉. 1989. 精巢の構造と配偶者形成. 水族繁殖學(隆島史夫, 羽生功編). 綠書房. 東京 : 35 - 64.
- 隆島史夫. 1982. 7. サケ・マス類, 魚介類の成熟・産卵の制御(日本水産學會編). 恒星社厚生閣. 東京 : 90 - 103.
- 鄭文基. 1977. 韓國魚圖譜. 一志社, 727 P.

**Reproductive Cycle of the Spring – Spawning Bitterling, *Rhodeus uyekii*(Pisces : Cyprinidae)**

Cheul Min An

Department of Marine Biology, National Fisheries University of Pusan,  
Pusan 608 – 737, Korea

The reproductive cycle of the bitterling, *Rhodeus uyekii* was studied to observe the annual variations of gonadosomatic index(GSI), size frequency distribution of egg, ovipositor length and histological changes of gonad.

GSI began to increase from February when the water temperature started to increase, and reached the maximum value in May, whereas it began to decrease from July and reached the minimum value in August which in the highest water temperature season. It began to increase again but showed low value from September to November. The GSI remained stable thereafter.

Monthly changes in GSI, ovipositor length, frequency of egg diameter and gonadal histology showed that the annual reproductive cycle was classified into the following successive phases : primary growing phase from September to November, quiescent phase in December, secondary growing and mature phase from January to February, ripe and spawning phase from March to June, and recovery and resting phase from July to August.