

담수산 석패과 7종의 발생시기에 관한 연구

박 갑 만 · 권 오 길

상원대학교 자연대학 생물학과

Seasonal Gonadal Cycle of the Seven Species of Freshwater Unionidae (Pelecypoda: Unionoida)

G.M. Park and O.K. Kwon

Dept. of Biology, College of Natural sciences, Kangweon National University,
Chuncheon, Kangweon Do, Korea

Abstract

The unionid family Unionidae contains several genera in Korea, among which occur considerable variations in life histories and sexual conditions.

Seven species from the Korea (*Anodonta arcaiformis flavotincta*, *A. woodiana*, *Unio douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*, *Lamprotula gottschei*, *Lanceolaria acrorhyncha*, *Solenia triangularis*) were studied in order to identify and describe the seasonal gonadal activity and the visceral sex. The gonads of seven species were histologically examined by using the paraffin block technique for sectioning.

All seven species were uniformly dioecious and testicular activity in six species except one species, *S. triangularis*, generated sperm morulae(multinucleated cell). The annual reproductive cycle of the seven species could be classified into five successive stages; multicative, growing, mature, spent, degenerative and resting stages. The breeding season of six species was the summer and that of *A. a. flavotincta* was the winter.

서 론

일반적인 석패과 종의 발생양상은 북미지역(Schalie, 1938; Pennak, 1953, Clarke and Berg, 1959)과 유럽(Bloomer, 1935, 1946; Negus, 1966; Tudorancea, 1969, 1972; Haukioja and Hakala, 1978; Dartnall and Walkey, 1979)에서 잘 알려져 있다. 체내수정을 하는 대부분의 담수산 이매패류는 그들의 산란시기가 계절에 따라 차이가 나는 것으로 알려져 있다. Fuller(1975)와 Heard(1977, 1979)는 실제로 패류의 외부형태

및 해부학적 형질 중 보육낭 반쇄와 생식소 조직을 통해 석패과를 분류하였다.

석패과의 배우자 발생을 포함한 발생주기는 산란을 위해 가장 중요한 요소로 온도가 관계된다고 보고하였다(Matteson, 1948; Loosanoff and Davis, 1952; Ropes and Stickney, 1965; Simson *et al.*, 1986). Purchon(1951)은 담수산 이매패에서 자웅동체 현상은 해산종에서 보다 담수종들에서 많이 나타나는데 이것은 종의 진화적인 적응현상이라고 추정 보고하였다. Heard(1975)는 *Anodonta pogyae*의 동일종에서 지역에 따라 산란시기가 년 1회와 2회에 걸쳐 산란하는데, 이러한 현상의 원인으로 시식지 환경의 차이를 들고

있다. 또한 Smith(1976)는 같은 종내에서도 고도가 다르면 발생시기에 차이를 보였다고 하였으며 이와같은 사실은 담수산 패류의 같은 종내에서도 서식지역의 차이에 의해 발생양상이 다양하게 나타날 수 있다고 하였다(Bauer, 1979). Nagabhusanam과 Lohgaonker (1978) 및 Lee(1988)는 담수산 패류에서 계절별 생식 주기를 통해 생식소 변화를 성장기, 성숙기, 성숙, 부분적 말초기, 산란후 그리고 회복기등으로 월변에 따라 각기다른 단계를 확인하여 보고하였다. 우리나라에서는 지금까지 담수산 식패과에서 3종(*Unio douglasiae*, *Anodonta fukudai* and *Lanceolaria acrorhyncha*)을 대상으로 한 연구가 보고돼 있다(Kang, 1981, 1982, 1983; Park and Kwon, 1985). Bloomer (1935, 1939, 1946), Coe and Turner(1938) 그리고 Heard (1975)는 이매패에서, 각각 정자 발생과정 중에 정자-상실배(sperm morulae: 정소에서 개체발생시 상실배시기와 유사한 형태를 가진 세포를 일컬음)를 관찰하고 이것은 이매패류에서 일반적으로 나타난다고 하였다.

이와같이 아직까지도 담수산 이매패에 대한 일부 발생관계가 보고되고 있으나 정확한 발생시기등이 밝혀진 것은 아니다.

본 연구에서는 이와같은 연구사실을 토대로 종들의 생활사 및 정확한 생식시기를 밝히고자 생식소의 내부조직의 변화를 통해 산란 시기를 조사하였으며 분류학적 특성의 보조적 근거를 제시코자 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

실험에 사용된 이매패는 모두 7종으로 강원도 춘천시에 인접한 의암호와 춘천호 및 영월 남한강에서 1987년 10월부터 1990년 8월까지 채집하였다. 본 실험재료는 고이치야강(Palaeoheterodonta), 석패목(Unionoida), 석패과(Unionidae)에 속하는 작은대칭이(*Anodonta arcaiformis flavotincta*), 펄조개(*A. woodiana*), 말조개(*Unio douglasiae*), 작은말조개(*U. douglasiae sinuolatus*), 칼조개(*Lanceolaria acrorhyncha*), 도끼조개(*Solenia triangularis*), 붓채부드럭조개(*Lamprotula gottschei*)를 대상으로 하였다. 채집은 매월 1~2회씩 갯이 드래그와 채집망 등을 사용하여 채집하였다.

2. 실험 방법

실험대상 종의 생식시기를 추정하기 위하여 생식소 내부의 조직학적인 변화를 월별로 조사하였다. 매월 2회씩 채집한 패류는 즉시 각 종마다 10개체씩을 택하여 생체로부터 생식소 부위를 포함한 내장낭 전체를 10% 중성 포르말린으로 고정시켰다. 이렇게 고정된 조직들은 다시 내장낭의 중간 부위를 절단하여 알코올 과정을 통하여 탈수시키고 파라핀포매과정을 거쳐 6 μ m로 절편을 만들었다. 염색은 Hematoxylin과 Eosin Y로 이중염색을 한 후, 카나다 방산으로 봉하였다.

성숙 발생단계를 확인하기 위하여 절편경을 통해 각 종에서 한 개체당 10 소포(acini)를 무작위로 선택하여 각각의 세포 형태를 정하였다. 한편 한의 크기는 절편 조직에서 300개 이상의 난모세포를 향해 집안 마이크로미터로 측정하였다.

결 과

1. *Anodonta arcaiformis flavotincta*

정자발생은 년중 일어나지만 5월부터 6월까지의 방란이 끝나 정소내에서 전체적으로 소포의 크기가 감소되면서 일부는 결체조직에 의해 내치되면서 비어 있었다(Fig. 4). 소포내에는 정세포와 정자가 차 있었으며(Fig. 2) 일부 개체에서는 sperm morulae가 소포의 대부분을 차지하면서 배아상피(geminal epithelium)를 따라 정원세포가 형성되고 있었다(Fig. 1). 10월부터 이듬해 4월까지의 소포속에는 성숙된 정자가 대부분을 차지하고 일부는 방정으로 인해 내장(lumen)이 비어 있었다(Fig. 3). 이와같이 본 종은 주로 겨울 동안 성숙된 정자를 가지며 일부개체에서는 정자 형성세포를 통해 계속 발생이 진행되는 것도 볼 수 있었다.

난의 발생은 5월부터 7월까지의 방란이 끝나고 난소의 대부분이 결체조직으로 차 있으며 난소내의 상숙여포의 빈도는 매우 낮으며 방란되지 않은 난모 들어 있었다. 일부개체에서는 난원세포와 난모세포가 여포벽에 붙어 세포 생성되고 있었다(Fig. 5). 8월부터는 난황생성에 의해 난모세포의 발달이 급속히 진행되면서 성숙된 난모세포로 난소가 차게되는 10월초까지 계속되었다(Fig. 6). 이 시기에는 미성숙난과 성숙난이 난소의 내장내에 대부분을 차지해서 난의 크기는 95~105 μ m였다. 10월부터 1월말까지는 방란이 일어나면서 난

소의 내강이 일부는 비어 있으며 방란되기 직전의 난모세포는 125-135 μm 크기를 보였다(Fig. 7). 이 시기의 특징은 성숙과 방란시기로서 대부분의 개체에서 성숙된 어포에 의해 난소가 커지고 난소의 대부분을 차지하고 있었다. 일부 개체에서는 난소내에 새로 만들어진 소포가 나타나며 속에는 영양과립들이 차 있고 난원세포도 볼 수 있었다(Fig. 8).

이와같이 생식소 내의 발생단계를 종합해 보면 본 종의 산란시기는 10월 중순부터 이듬해 5월 중순까지로 유일하게 동계산란종으로 나타났다.

2. *Anodonta woodiana*

정자발생은 일년내내 일어나며 1월부터 2월까지 겨울동안에는 정자의 발생이 감소되어 나타났다. 이 시기에는 회복되는 단계로서 정자 상실때가 정소내에 대부분을 차지하며 전형적인 정자 발생은 일어나지 않았다(Fig. 9). 3월부터 4월에 걸쳐 점차 정자 발생이 빨라지면서 소포의 벽에는 정원세포의 분열이 일어나면서 주로 1차 정모세포와 2차 정모세포의 발생이 두드러지면서 내강내에는 정세포와 정자도 나타났다(Fig. 10). 5월부터는 대부분의 개체에서 정자발생이 진전되어 정세포와 성숙된 정자로 소포를 채우게되며 일부는 방정으로 비어 있었다(Fig. 11). 6월에서 9월에는 정소내에 소포가 새로 생성되면서 정자 상실때가 많이 나타나는 것이 특징적이었다. 10월말부터는 새로 생성되는 소포는 드물고 방정으로 인해 정소의 대부분은 비어 있으며 성숙된 정자가 일부 남아 있었다(Fig. 12). 이것은 12월까지 계속 되었다.

난 발생은 3월부터 4월까지의 성장단계(Fig. 13)로 난 성숙이 빨라지면서 난모세포는 자라 커지면서 난소 안쪽에 위치하고 있었다(Fig. 14). 이때는 난 벽은 두꺼워지며 난모세포는 난황의 축적으로 인해 크기가 증가되어 있었다. 이때의 난의 직경은 100-110 μm 로 나타났다. 4월말부터는 난의 방출이 시작되면서 어포벽으로부터 떨어져 있으며(Fig. 15) 내강내로 이동되어 있었다. 5월부터는 난의 크기가 최대로 커지면서 직경은 130-140 μm 에 도달하였다(Fig. 16). 이것은 방란이 이루어지는 10월까지 계속되었다. 일부개체에서는 난황생성이 일어나면서 새로운 난모세포를 만드는 개체도 있었다. 11월에서 12월까지는 방란으로 인해 대부분의 난소는 비어 있었다.

이와같이 난과 정자형성의 과정을 통해 본 종의 산

란시기는 5월부터 11월 까지로 하계산란종으로 나타났다.

3. *Unio doglasiae*

정자발생은 겨울동안인 11월 말부터 2월초까지는 초기 정자 형성 단계에 있는 세포의 수는 감소되어 있었다(Fig. 17). 이 시기에는 방정후 회복되는 단계로서 정원세포와 소포의 대부분을 차지하면서 소포의 크기는 감소되었으며 일부개체에서는 새로 생성되는 소포가 정소내에 만들어지고 있었다. 2월말부터는 정자발생이 증가되면서 겨울동안에 보이지 않던 정세포가 소포를 차지하면서 점차 커져 발생이 활발해지는 5월초까지 계속되었다(Fig. 18). 4월 중순부터 11월 중순까지는 주로 방정이 일어나면서 정세포와 정자가 소포의 내강내에 차 있으며 일부는 방정으로 인해 비어 있었다(Fig. 19). 11월중순부터 12월까지는 주로 전 계절에 방정으로 인해 걸체조직으로 대체되면서 소포가 비어 있는 것이 대부분이며 정소는 작아졌다(Fig. 20). 방정되지 않은 정자도 소포속에는 일부 남아 있었다.

난 발생은 2월부터 5월초까지는 난황생성에 의해 난생성이 활발해지고(Fig. 21) 난모 세포의 성장도 급격히 늘어나면서 난소가 점차 커지는 것을 볼 수 있었다(Fig. 22). 4월부터는 성숙된 난모 세포가 난소의 대부분을 차지하며 이때 난의 직경은 95-105 μm 로 난모세포는 핵 물질로 차며 인도 볼 수 있었다(Fig. 23). 5월에는 급격히 발달된 난모세포가 난소내에 거의 전부를 차지하며 방란 직전의 난은 직경이 135-145 μm 로 커졌다. 5월부터는 일부 개체에서는 방란이 일어나면서 소포내에는 성숙된 난 틀이 들어 있었다. 따라서 실제 방란기인 4월중순부터 11월 하순까지는 소포의 대부분이 성숙된 난모세포로 채워지고 방란으로 인해 내강이 비어 있는 것이 많이 나타났다. 또한 일부 개체에서는 어포벽에 붙어 생성되는 난원세포와 함께 영양과립이 다량으로 난소내에 차 있었다(Fig. 24).

11월부터 12월하순까지는 방란이 끝나면서 난소가 퇴화되거나 작아지고 대부분은 비어 있으며 방란되지 않은 성숙난도 일부 남아 있었다. 1월과 2월에는 주로 영양과립이 풍부하게 난소 내에 나타나고 난원세포도 생성되었다.

정자와 난의 발생과정을 통해 본 종의 산란기는 4월 중순부터 11월말까지에 걸쳐 일어나는 하계산란종을 알 수 있었다.

4. *Unio douglasiae sinuolatus*

정자 발생은 일년 내내 일어나지만 그러나 겨울동안인 12월부터 2월까지의 초기 정자 형성 단계에 있는 세포의 수는 감소되어 나타났다. 12월부터 1월까지의 시기는 회복되는 단계로서 전에 이미 만들어져 방출되지 않은 정자들을 가지고 있었다(Fig. 25). 정자발생의 속도가 증가되는 것은 정자가 집중적으로 만들어지고 소포가 생겨 커지면서 활발히 생성하는 2월초부터 5월 말까지로 나타났다(Fig. 26). 이때는 전년에 나타나지 않았던 정세포의 분당어리들을 가지고 있는것이 특징적이었다. 3월초부터 6월말까지 주로 방정이 일어나는 시기이지만 아직 미성숙된것과 많은 정자가 소포에 남아 있었다. 소포속에는 방정이 일어나지 비어 있는것이 많이 나타났다(Fig. 27). 방정 후에도 정자발생은 남아 있는 정자 형성세포에서 계속 일어났으며 8월에서 11월까지도 소포속에는 정자가 일부 남아 있었다(Fig. 28). 정자발생과 함께 난 발생을 보면 12월부터 1월말까지는 난소에서 난방에 의해 여포벽에 붙어 발생하는 난원세포를 주로 볼 수 있었으며 이때 난의 크기는 10-12 μm 였으며 세포의 대부분은 핵 물질로 차 있었다. 일부 개체에서는 아직도 전에 이미 만들어진 성숙 난모세포가 남아 있는 것을 볼수 있었다(Fig. 29). 1월 중순경에는 여포벽을 따라 영양과립들로 꽂차 있었으며 또 난원세포도 보였다(Fig. 30). 2월부터는 난황생상에 의해 1차 난모세포의 성장이 빨라져서 성숙중인 난 직경이 50-60 μm 크기를 보이며 난소에 성숙된 난모세포가 꽂차게 되는 6월 초까지 계속되었으며 완전히 성숙된 난의 직경이 85-95 μm 크기를 보였다(Fig. 31). 6월말부터 7월까지의 난소안에는 일부 방란으로 인해 비어 있었으며(Fig. 32) 이것은 보육낭으로 난이 이동하는것과 일치되는것을 알 수 있다. 방란이 끝난 9월 부터 11월 말까지는 난소의 크기가 감소되며 퇴화된 소포는 질체조직으로 대체되었으며 또한 아직도 일부 성숙난들이 일부 남아 있었다. 이와같이 정자와 난자의 발생과정을 통해 생식소의 난 주기는 분열중지기(12-1), 성장기(1-3), 성숙기(2-4), 방출기(3-9) 그리고 퇴화 및 휴지기(10-12)로 구별되었으며 분 종의 주 산란시기는 4월부터 8월중순까지로 하계산란종으로 나타났다.

5. *Lamprotula gottschei*

정자발생은 겨울동안인 12월부터 2월까지의 정소내에 초기 정자형성단계에 있는 세포의 수는 극히 드물었다(Fig. 33). 3월부터 5월중순까지는 정자발생이 활발해지면서 소포의 내강내에는 성숙된 정모 세포와 정자가 많이 들어 있었다(Fig. 34). 6월부터 8월까지의 방정이 일어나는 시기이며 성숙된 정자가 대부분을 차지하며 소포의 벽에서 발생하는 정원세포의 수는 감소되었다(Fig. 35). 9월부터 11월까지의 주로 방정이 일어나서 정소내의 소포의 크기가 감소되거나 비어 있었다(Fig. 36).

난 발생은 주로 3월부터 활발해지는데 이때의 난의 직경이 115-125 μm 이며(Fig. 38) 이것은 5월중순까지 계속되었다. 6월부터는 방란이 일어나면서 여포속에는 주로 미성숙난과 성숙된 난이 들어 있으며 난의 직경은 최고 130-140 μm 를 보이며(Fig. 39) 이것은 9월까지 비슷한 양상을 보였다. 10월부터 11월까지의 주로 방란이 일어나서 난소의 크기가 감소되거나 비어 있으며 아직도 일부는 난자가 많이 남아 있었다(Fig. 40). 이 시기를 난 발생이 활발해지는데 난의 직경이 115-125 μm 이며 이것은 5월중순까지 계속되었다. 이 시기에는 방란이 일어나면서 여포속에는 주로 미성숙난과 성숙된 난이 들어있으며 난의 직경은 최고 130-140 μm 를 보이며 이것은 9월까지 비슷한 양상을 보였다. 10월부터 11월까지의 주로 난소가 비어 있는것이 대부분이며 여포벽에는 새로 생성되는 난원세포는 적었다. 겨울동안에는 주로 여포벽을 따라 영양과립으로 차 있으며 드물게 난원세포도 난소속에는 가지고 있었다(Fig. 37). 따라서 본 종의 산란시기는 6월초순부터 8월말까지로 하계산란종임을 알 수 있었다.

6. *Lanceolaria acrorhyncha*

정자 발생은 2월말부터 5월초까지는 성장단계로 정소내에는 소포로 차게되며 발생중인 정모세포가 급격히 증가되면서 정세포와 일부 성숙된 정자도 내강에 차 있었다. 5월부터는 점차 방정이 일어나면서 정세포와 정자가 대부분을 차지하며 소포의 벽에는 정원세포의 수가 감소되어 나타났다(Fig. 42). 소포가 5월전보다 크게 확장되면서 정자의 일부는 내강내에 들어 있었다(Fig. 43). 이런상태는 9월 하순까지 계속되었으며 9월부터 12월까지의 정소내에 소포가 위축되고 결체조직이 상방부분을 차지하며 성숙된 정모세포가 많이 남아 있었다(Fig. 44). 겨울동안에는 정모세포는 드물게

보였다(Fig. 41). 1월부터 2월까지의 발생이 신진되어 정원세포가 커지면서 정모세포도 함께 나타났다. 난 발생은 연중 난소내에 난모세포를 보유하는데 2월에서 5월에는 주로 난병을 따라 난이 생성되는데 난원세포는 드물고 난모세포가 내강내에 차 있었다(Fig. 46). 이때의 난의 직경은 160-170 μm 이며 5월부터 8월에는 상숙된 난모세포가 내강에 차게되어 여포가 급격히 커지며 일부 상숙된 난들이 아가미로 방출되고 다시 결체조직으로 채워지며 한편으로 새로운 여포군도 형성되는 것을 볼 수 있었다(Fig. 47). 이 시기의 난의 직경은 190-200 μm 로 최대치를 보였다. 9월부터는 상숙난의 방란으로 인해 난낭이 공포상태로 비어 있는 것이 대부분이며 11월까지 난낭은 급격히 수축되면서 결체조직으로 차 있었다(Fig. 48). 12월부터 1월사이에는 새로운 여포군이 형성되면서 난원세포가 생성되고 있었다(Fig. 45). 이와같은 결과로 본 종의 산란시기는 5월중순부터 8월하순까지로 하계산란종이었다.

7. *Sorenian triangularis*

본 종의 정자 발생은 12월부터 2월까지의 주로 정소내에 정원세포가 생성되면서 초기 정자 형성단계에 있는 세포는 드물었다(Fig. 49). 3월부터는 정소내에서 정자발생이 활발해지고 내강내에는 정모세포와 상숙된 정자가 보이며 일부 소포의 내강내에는 방정이 일어나고 있었다(Fig. 50). 4월부터는 정자 발생이 활발해지고 소포의 크기도 커지면서 성숙된 정자로 대부분 차 있으며 소포의 일부는 비어 있었다(Fig. 51). 이와같은 상태는 9월까지 계속되었다. 10월부터는 소포의 크기가 작아지며 일부는 결체조직으로 대체되었다(Fig. 52). 그러나 본 종에서는 정자-상실배는 볼 수 없었다.

난 발생은 2월말부터 활발해졌으며 여포속에는 난병을 따라 난원세포가 생성되고 일부는 난모세포도 내강내에 차 있었다. 3월에는 난소내에 난모세포로 차며 소포가 급격히 커져 있었다. 이때의 난의 직경은 20-30 μm 이며(Fig. 54). 4월부터 8월말까지는 상숙된 난모세포가 내강에 대부분을 차지하고 일부 상숙 난들이 방란되면서 비어 있거나 결체조직으로 대체되었다(Fig. 55). 이때의 난의 크기는 40-50 μm 를 보였다. 9월부터는 낭낭으로 인해 난낭이 공포상태로 비어 있거나 수축되면서 결체조직으로 대체되었다(Fig. 56). 11월부터 1월까지의 새로운 여포군이 형성되면서 영양과

립으로 차 있었다(Fig. 53). 이와같은 결과로 본 종의 산란시기는 4월중순부터 8월까지로 하계산란종이었다.

고 찰

배우자 발생과 산란시기 등의 정확한 생활사를 밝힘으로써 식패과 종의 유생의 방출시기 등을 알 수 있다.

Booolootian 등(1962)은 연체동물의 산란습성을 년중 산란하는 종, 겨울에 산란하는 동계종(winter breeder)과 봄부터 가을까지 산란하는 하계종(summer breeder)으로 크게 3가지 범주로 분류하였다. 본 연구에서는 *A. a. flavotincta*는 동계산란종으로, *A. woodiana*를 포함한 6종은 하계산란종으로 나타났다. 또한 배우자 발생을 포함하여 식패과의 발생주기는 수온에 의하여 결정된다고 알려져 있다(Schalie and Schalie, 1963; Stein, 1969; Yokley, 1972; Giusti *et al.*, 1975; Zale and Neves, 1982). 본 연구에서도 *A. woodiana*를 포함한 6종에서 배우자발생은 년중 일어났으며 *A. a. flavotincta*를 제외한 종들에서는 일년중 여름동안에 최고의 활동을 보였다. 성숙난은 봄부터 여름동안에 만들어지는데 이것은 정자발생이 최고로 활발한 시기와 일치하였다. Schalie(1970)는 식패과종 중 8종이 자용동체의 생식소를 가진다고 보고하였으나 Ortmann(1912)은 식패과종의 대부분은 자용이체의 분리된 성을 가진다고 주장하였다. 본인 등이 연구한 7종 모두는 자용이체로 나타났다. *Elliptio complanatus* 수컷은 약 한달 가량 차이를 두고 정자를 방출하게 되는데 이것은 암컷이 수정을 하기위해 받아들일 수 있는 시기와 일치하게 된다고 보고하였다(Matteson, 1948). 본 연구에서도 정자의 방출시기와 정자의 형태는 종내에서 개체마다 약간의 차이를 보였다. Wood(1974b)는 *Margaritifera* 속은 3월과 8월에 걸쳐 2번 유생을 산란한다고 보고하였고, Heard(1975)의 보고에서도 동일한 종에서 2지역에서 채집한 개체군과의 비교에서 Talguim호의 개체군은 일년의 1회의 산란을 하고 Holmes creek에서 채집된 개체군은 일년에 2회의 산란을 하는데 이러한 현상의 원인이 서식 환경에 따른 차이로 보았다. 유사하게 Porter와 Horn(1980)도 Waccamaw 호수의 식패과 종에서 발생주기가 다양하게 나타났는데 이와같이 담수산 패류의 한 종에서 발생양상이 다르게 나타나는 경우는 서식지 강이 다르거나

(Bauer, 1979) 위도의 차이(Kenmuir, 1981a)에 의해 나타날 수 있다고 하였다. 그러나 본인의 연구대상 종 중에서 2회 산란하는 경우는 본 수 없었다. Kang(1981)은 *Unio douglasiae*의 산란은 4월 중순 이후와 10월 중순 이후 년 2회에 걸쳐 산란하는 것으로 보고하였으나 본인의 연구결과 생식소의 조직학적 관찰과 야가미대의 유생의 존재를 통해 4월 중순 이후부터 11월 말까지가 본 종의 산란시기임을 확인하였다. 성장 상설에는 Hyriidae를 포함해 이베페에서 흔히 발생하는 것으로 알려져 있다(Ropes and Stickney, 1965). 본 연구에서도 *S. triangularis*를 제외한 모든 종에서 수컷의 생식소내에서는 정자발생과정 중에 다핵의 구형으로 된 세포(sperm mortulae)가 나타나는데 Loosanoff(1953)는 *Cyprina islandica*의 정자발생과정 중에 이것을 관찰하여 부정형 정자발생세포라고 하였다. Bloomer(1946)는 *Anodonta cygnea*에서 이 세포는 성체가 나타나기 전에 사라지는 것을 관찰하여 이것이 곧 정자로 변태되는 것으로 추측하였다. Coe와 Turner(1938)는 *Mya arenaria*에서 이 세포는 세포용해가 일어나서 정상적인 정자형성이 계속되는 동안에 영양공급을 제공하게 된다고 생각하였으나, 아직까지 이 세포의 기원, 발달, 형태와 기능은 분명하게 밝혀져 있지 않지만, Heard(1975)는 *Villosa villosa*와 *Anodonta peggyae*에서 전자현미경과 세포화학적 연구를 통해 세포용해는 되지 않는 것으로 보고하였다. 한편 난자형성은 다른 담수산과 해산 일체동물에서 알려진 일반적인 난 발생과정을 거치 형성되었다. 생식상피의 난병에서 성장되는 난은 *Anodonta*(Beams and Sekhon, 1966), *Sphaerium simile*(Zumoff, 1973) 그리고 여러 해산 이베페류(Cifuentes, 1975; Lozada and Reyes, 1981)에서 잘 알려져 있다. 본 실험에 *A. a. flavotincta*를 포함한 모든 암컷의 난소에서 난소벽에 붙어 난 발생이 일어나는 것을 관찰 할 수 있었다. 담수산 패류의 초기 산란을 일으키는데 환경적인 요인이 실험적으로 확인된 바 없지만 많은 연구자들에게 의해 산란시기와 수온이 서로 일치되어 일어나는 것으로 알려져 있다(Kenmuir, 1981b; Zale and Neves, 1982). Kang(1982)은 *A. hukudai*(*A. a. flavotincta*)의 산란시기를 8월 중순부터 9월 하순으로 추정하여 하계산란종으로 말한바 있으나 본 실험결과 동계종으로 나타나 차이를 보였다. 갑작스러운 온도 변화가 실제 산란을 일으키는 것으로는 *Unio tumidus*에서 보고된 경우가 있다

(Tudorancea, 1972). 한편 Ortman(1912)은 식패과의 생식소 조직은 여러가지 색깔을 보이는데, 노란색, 분홍색, 붉은색의 다양한 색깔을 가지며 이런 색은 난생성과 관계가 있고 암컷에서 뿐만 아니라 수컷에서도 색깔을 가지고 있어 생식소 색은 성과는 관련이 없다고 하였으며, Schalie(1970)도 *Fusconia flava*에서 내장에는 노란색과 흰색을 띠는데 이와같은 색깔은 성과는 무관하다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서 관찰된 *L. acrorhynca*의 암컷의 난소 및 배유낭에서 흰색, 노란색, 붉은색의 색깔을 가졌는데, 갑자 유생이 성숙되어 방출이 가까워지면 이와같은 색깔은 모두 담황색으로 변하였다. 실제 *L. acrorhynca*의 경우 암컷에서만 색깔을 가졌으며 수컷에서는 관찰되지 않았다.

결 론

한국산 식패과 5속 7종(*Anodonta arcaeiformis flavotincta*, *A. woodiana*, *Unio douglasiae*, *U. douglasiae simulatus*, *Lamprotula gottschei*, *Lanceolaria acrorhynca*, *Solenia triangularis*)의 위도에 따른 생식소 변화에 대하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

7종은 모두 자웅이체이며, 배우자 발생은 일년 내내 일어나며 생식소의 년 주기는 분얼중식기, 성장기, 성숙기, 방출기, 퇴화 및 휴지기 등으로 구별할 수 있었다. *S. triangularis*를 제외한 모든 종에서 수컷의 생식소내에서는 정자 상설배가 나타났다. 산란주기는 *A. a. flavotincta*는 동계산란하며 나머지 6종은 하계산란종이었다.

참 고 문 헌

Bauer, G. (1979) Untersuchungen zur Fortpflanzungsbiologie der Flussperl Muschel (*Margaritana margaritana*) im Fichtelgebirge. *Archiv Für Hydro Biologie*, 85: 152-165.
 Beams, H.W. and Sekhon, S.S. (1966) Electron microscope studies on the oocyte of the freshwater mussel (*Anodonta*) with special reference to the stalk and mechanism of yolk deposition. *J. Morph.*, 119: 477-500.
 Bloomer, H.H. (1935) A Further note on the sex of *Anodonta cygnea*, L. *Proc. Zool. Soc. London*,

- 21: 304-321.
- Bloomer, H.H. (1939) A note on the sex of *Pseudonodonta Bourguignat* and *Anodonta Larmark*. *Proc. Zool. Soc. London*, **23**: 285-297.
- Bloomer, H.H. (1946) The seasonal production of spermatozoa and other notes on the biology of *Anodonta cygnea* (L.). *Proc. Zool. Soc. London*, **27**: 62-68.
- Booolotian, R.A., Farmanfarmaina, A. and Giese, A.C. (1962) On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*. *Biol. Bull.*, **122**: 183-192.
- Cifuentes, A.S. (1975) Estudio sobre la biología y cultivo de *Mytilis chilensis* Hupe, 1854 en Calata Leandro. *Thesis. Univ. Concepcion, Chile*, p. 124.
- Clarke, A.H. and Berg, C.O. (1959) The freshwater mussels of central New York. *Memoirs Cornell Univ. Exptl. Station*, **367**: 1-79.
- Coe, W.R. and Turner, H.J. (1938) Development of the gonads and gametes in the soft-shell clam (*Mya arenaria*). *J. Morphol.*, **62**: 91-111.
- Dartnall, H.J.G. and Walkey, M. (1979) The distribution of glochidia of the swan mussel *Anodonta cygnea* (Mollusca) on the three-spined stickle back *Gasterosteus aculeatus* (Pisces). *J. Zool. London*, **189**: 31-37.
- Fuller, S.L.H. (1975) The systematic position of *Cyrtornalis* (Bivalvia: Unionidae). *Malacological Rev.*, **8**: 81-89.
- Giusti, F., Castagnolo, L., Moretti, L. and Renzoni, A. (1975) The reproductive cycle and the glochidium *Anodonta cygnea* L. from Lago Trasimeno (Central Italy). *Monit. Zool. Ital. (N.S.)*, **9**: 99-118.
- Haukioja, E. and Hakala, T. (1978) Life history evolution in *Anodonta piscinalis* (Mollusca: Pelecypoda). *Ecologia*, **35**: 253-266.
- Heard, W.H. (1975) Sexuality and other aspects of reproduction in *Anodonta*. *Malacologia*, **15**: 81-103.
- Heard, W.H. (1977) Anatomical systematics of *Cristaria plicata* (Leach) (Pelecypoda: Unionidae: Unioninae). *Malacological Rev.*, **10**: 59-70.
- Heard, W.H. (1979) Hermaphroditism in *Elliptio* (Pelecypoda: Unionidae). *Malacological Rev.*, **12**: 21-28.
- Kang, T.W. (1981) A histological studies on breeding season of *Unio douglasiae* (Gaiffith et Pidgeon). *Sci. Edu. Chunchon Teacher's Coll.*, **8**: 53-61.
- Kang, T.W. (1982) Studies on the gametogenesis and breeding season of *Anodonta hukudai*. *Sci. Edu. Chunchon Teacher's Coll.*, **9**: 27-35.
- Kang, T.W. (1983) Studies on the gametogenesis and breeding season of the *Lanceolaria acrorhyncha* (v. Martens). *Sci. Edu. Chunchon Teacher's Coll.*, **10**: 39-47.
- Kenmuir, D.H.S. (1981a) Seasonal breeding activity in freshwater mussels (Lamellibranchiata: Unionacea) in Lake Kariba and Lake Mellwaine. *Trans. Zimbabwe Sci. Assoc.*, **60**: 18-23.
- Kenmuir, D.H.S. (1981b) Repetitive spawning behaviour in two species of freshwater mussels (Lamellibranchiata: Unionacea) in Lake Kariba. *Trans. Zimbabwe Sci. Assoc.*, **60**: 49-56.
- Lee, S.Y. (1988) The reproductive cycle and sexuality of the green mussel *Perna viridis* (L.) (Bivalvia: Mytilacea) in Victoria Harbour, Hong Kong. *J. Moll. Stud.*, **54**: 317-325.
- Loosanoff, V.L. and Davis, H.C. (1952) Temperature requirements for maturation of gonads of northern oysters. *Biol. Bull.*, **103**: 80-96.
- Loosanoff, V.L. (1953) Reproductive cycle in *Cyprina islandica*. *Biol. Bull.*, **104**: 146-155.
- Lozada, E. and Reyes, P. (1981) Reproductive biology of a population of *Perumytilus purpuratus* at El Tabo, Chile. *Veliger*, **24**: 147-154.
- Matteson, M.R. (1948) Life history of *Elliptio complanatus* (Dillwyn, 1817). *Amer. Midland Natl.*, **40**: 690-723.
- Nagabhushancum, R. and Lohgaonker, A.L. (1978) Seasonal reproductive cycle in the mussel, *Lamellidens corrianus*. *Hydrobiologia*, **6**: 9-14.

- Nagata, Y. and Kishiyama, K. (1976) Reproductive behavior of a betterling, *Rhodeus ocellus* (Kner). *Physiol. Ecol.*, **17**: 85-90.
- Negus, C.L. (1966) A quantitative study of growth and production of unionid mussels in the River Thames at Reading. *J. Animal Ecol.*, **35**: 513-532.
- Ortmann, A.E. (1912) Notes upon the families and genera of the naiades. *Ann. Carnegie Mus.*, **8**: 222-365.
- Park, G.M. and Kwon, O.K. (1985) Studies on the Molluscs in the Lake Uiam(5) A histological studies on breeding season of *Lanceolaria acrorhyncha* (V. Martens). *Kor. J. Limn.*, **18**: 27-38.
- Pennak, R.W. (1953) Freshwater invertebrates of the United States. pp. 694-707. *Ronald Press, New York*.
- Porter, H.J. and Horn, K.J. (1980) Freshwater mussel glochidia from Lake Waccamaw, Columbus County, North Carolina. pp. 13-17. *Amer. Malacol. Union Bull*
- Purchon, R.D. (1951) Hermaphroditism. Reprinted from: *Gazette King Edward 7 Med. Soc., Univ. Malaya 2*
- Ropes, J.W. and A.P. Stickney. (1965) Reproductive cycle of *Mya arenaria* in New England. *Biol. Bull.*, **128**: 315-327.
- Schalie, H. van der (1970) Hermaphroditism among North American freshwater mussels. *Malacologia*, **10**: 93-112.
- Schalie, H. van der and Locke, F. (1941) Hermaphroditism in *Anodonta grandis*, a freshwater mussel. *Occ. papers Museum Zool. Univ. Michigan*, **432**: 1-7.
- Schalie, H. van der and Schalie, A. van der (1963) The distribution, ecology and life history of the mussel, *Actinonaias ellipsiformis* (Conrad). *Occ. papers Museum Zool. Univ. Michigan*, **663**: 1-17.
- Schalie, H. van der. (1938) The naiad fauna of the Huron River, in south-eastern Michigan. *Univ. Michigan Museum Zool. Miscellaneous Pub.*, **40**: 1-83.
- Simpson, H., Jones, A. and Humphrey, C.L. (1986) The reproductive cycles and glochidia of freshwater mussels (Bivalvia: Hyriidae) of the Macleay River, Northern New South Wales, Australia. *Malacologia*, **27**: 185-202.
- Smith, D.G. (1976) Notes on the biology of *Margaritifera margaritifera* (Linn.) in central Massachusetts. *Amer. Midland Natl.*, **96**: 252-256.
- Stein, C.B. (1969) Gonad development in the three ridge naiad *Amblyma plicata* (Say, 1817). *Ann. Rep. Amer. Malacol. Union*, **30**
- Tudorancea, C. (1972) Studies on Unionidae populations from the *Crapina jijila* complex of pools (Danube Zone) liable to inundation. *Hydrobiologia*, **39**: 527-561.
- Tudorancea, C. (1969) Comparison of the populations of *Unio fumidus* Philipsson from the complex of *Crapina jijila* marshes. *Ekologia polska, A*, **17**: 185-204.
- Wood, E.M. (1974) Some mechanisms involved in host recognition and attachment of the glochidium larva of *Anodonta cygnea* (Mollusca: Bivalvia). *J. Zool. London*, **173**: 15-30.
- Yokley, P.Jr. (1972) Life history of *Pleurobema cordata* (Rafinesque, 1820) (Bivalvia: Unionacea). *Malacologia*, **12**: 351-364.
- Zale, A.V. and Neves, R.J. (1982) Reproductive biology of four freshwater mussel species (Mollusca: Unionidae) in Virginia. *Freshwater Invertebrates Biol.*, **1**: 17-28.
- Zumoff, C.H. (1963) The reproductive cycle of *Sphaerium simile*. *Biol. Bull.*, **144**: 212-228.

Explanations of Figures

Abbreviations :

CT: connective tissue, N: nutrient granules, OC: oocytes, OG: oogonia, PO: primary oocytes, SG: spermatogonia, SM: sperm morulae, SSP: secondary spermatocytes, ST: spermatids, SZ: spermatozoa

Figs. 1-8. Stages of gonadal activity in *A. arcaiformis flavotincta*. (bar: 200 μ m)

- Fig 1. Sperm morulae in an inactive testis.
- Fig 2. Maturing testis.
- Fig 3. Mature testis in insemination.
- Fig 4. Connective tissues in testis after insemination.
- Fig 5. Growing stage in ovary. Oogonia and the growing oocytes in the ovarian sac.
- Fig 6. Ovarian sacs in the mature stage. The lumen is filled with the mature oocytes.
- Fig 7. Fully matured oocytes in the ovarian sac.
- Fig 8. Ovary in the resting phase.

Figs. 9-16. Stages of gonadal activity in *A. woodiana*. (bar: 200 μ m)

- Fig 9. Sperm morulae in an inactive testis.
- Fig 10. Maturing testis.
- Fig 11. Mature testis immediately prior to insemination.
- Fig 12. Testis after insemination.
- Fig 13. Ovary in the resting phase and filled with nutrient matter.
- Fig 14. Growing stage from an ovary. Oogonia and the growing oocytes in the ovarian sac.
- Fig 15. Oocytes filled with ovarian sac.
- Fig 16. Fully matured oocytes in the ovarian sac.

Figs. 17-24. Stages of gonadal activity in *Unio douglasiae*. (bar: 200 μ m)

- Fig 17. Maturing testis.
- Fig 18. Mature testis immediately prior to insemination.
- Fig 19. Mature spermatozoa in a testis.
- Fig 20. Connective tissues in testis after insemination.
- Fig 21. Growing state in an ovary.
- Fig 22. Oogonia and the growing oocytes in the ovarian sac.
- Fig 23. Fully grown oocytes in the ovarian sac.
- Fig 24. Filled with nutrient matter in ovarian sac.

Figs. 25-32. Stages of gonadal activity in *U. douglasiae sinuolatus*. (bar: 300 μ m)

- Fig 25. Sperm morulae in an inactive testis.
- Fig 26. Maturing testis.
- Fig 27. Mature testis immediately prior to insemination.
- Fig 28. Mature spermatozoa in testis.
- Fig 29. Growing stste from an ovary. Oogonia and the growing oocyte in the ovarian sac.
- Fig 30. Ovary in the resting phase and filled with nutrient matter.
- Fig 31. Ovarian sacs in the mature stage. The lumen was filled with the mature oocytes.
- Fig 32. Fully grown oocytes in the ovarian sac.

Figs. 33-40. Stages of gonadal activity in *Lamprotula gottschei*. (bar: 300 μ m)

- Fig 33. Sperm-morulae in an inactive testis.
- Fig 34. Maturing testis.
- Fig 35. Mature testis immediately prior to insemination.
- Fig 36. Testis tissue after insemination.
- Fig 37. Ovary in the resting phase and filled with nutriant matter.
- Fig 38. Ovarian sacs in the maturing stage.
- Fig 39. Fully grown oocytes in the ovarian sac.
- Fig 40. Ovary filled with connective tissue after insemination.

Figs. 41-48. Stages of gonadal activity in *Lanceolaria acrorhyncha*. (bar: 250 μ m)

- Fig 41. Sperm-morulae in an inactive testis.
- Fig 42. Maturing testis, several spermatogonia appeared along the germinal epithelium.
- Fig 43. Spermatogonia and spermatocytes on the germinal epithelium in the testicular lobules.
- Fig 44. A large number of spermatozoa with the tails in the testicular lobules.
- Fig 45. Ovary in the resting phase and filled with nutrient matter.
- Fig 46. Growing stage in an ovarian sac.
- Fig 47. Fully ripe oocytes in the ovarian sac.
- Fig 48. Stage of insemination in ovarian sac.

Figs. 49-56. Stages of gonadal activity in *Solenata triangularis*. (bar: 150 μ m)

- Fig 49. A several spermatogonia in the testicular lobules.
- Fig 50. Testis in the mature stage.
- Fig 51. Testicular lobules in the mature stage. The luman was filled with th mature spermatocytes.
- Fig 52. Testis tissue after insemination.
- Fig 53. Ovary in the resting phase and filled with nutrient matter.
- Fig 54. Growing oocytes in the ovarian sac.
- Fig 55. Fully grown oocytes in the ovarian sac.
- Fig 56. Degenerating oocytes in the ovarian sac.













