

## 한국산 석패과 유생의 형태학적 비교 연구

박 갑 만 · 권 오 길

강원대학교 생물학과

= Abstract =

### A Comparative Study of Morphology of the Freshwater Unionidae Glochidia(Bivalvia: Palaeoheterodonta) in Korea

Gab Man Park and Oh Kil Kwon

Department of Biology, College of Natural Sciences, Kangweon National University

Six species of freshwater Unionidae mussels in Korea, *Anodonta arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*, *Unio douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*, *Lamprotula gottschei*, *Lanceolaria acrorhyncha* were compared in regard to the various taxonomical characteristics of ultra-structures of shells and glochidia.

The results obtained in this study are summarized as follows:

The outer-demibranchs of all the females of six species have served as marsupial(grav-id) pouch. However, all the four demibranchs were used as the marsupium in some female individuals of *L. gottschei*. The glochidia of *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana* and *L. gottschei* were separated one by one with the mucous strings and *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus* and *L. acrorhyncha* formed into cucumiformed lumps.

The shapes of the glochidia of *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*, and *L. acrorhyncha* were subtriangular; those of *U. douglasiae* and *U. douglasiae sinuolatus* were round-subtriangular in shape, and those of *L. gottschei* were subelliptical in shape. Each of the glochidial shell valves of six species had a hook studded with many spines on the superior face on valve. The glochidial shell valve had two or three rows of large spines; *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*, and *L. gottschei* had two rows and three rows in *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*, and *L. acrorhyncha*.

The numbers of sensory hairs of *A. arcaeformis flavotincta* and *A. woodiana* were all eight, those of *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus* and *L. acrorhyncha* were six, and that of *L. gottschei* was four. The external and internal surfaces of the glochidial shell valves of *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*, and *L. gottschei* had foveolate and psilate in *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus* and *L. acrorhyncha*.

#### 서 론

한국산 담수 석패과(石貝科: Unionidae)는 Kwon

(1990)이 여러 문헌들을 종합하여 1과 7속 11종으로 분류하였다. 석패과 유생(glochidium)에 관한 연구로는 Sterki(1903)가 배시기(胚時期)에서 차이는 석패과의 분류에 유용한 요소로 간주 될 수 있다고 하였으며, 유생의 형태적 특징 중 갈고리의 유무는 종간에 차이를 보인다고 보고하였다(Arey, 1921). Surber

Received April 3, 1993

(1915)와 Coker 등(1921)이 유생의 형태적 특징을 통해 속의 차이를 인정하였고, Leferve와 Curtis (1910) 및 Kondo(1982)는 종에서 형태 차이를 보인다고 하였다. Wiles(1975), Porter와 Horn(1980) 및 Rand와 Wiles(1982)는 종 수준에서 유생을 분류하는데 전자현미경을 이용하거나 유생의 형태계측을 통해 분석하면 가능하다고 하였다. 실제 Kondo와 Yamashita(1980)는 *Pseudon omiensis*의 유생은 반타원형이고 유생사는 없다고 보고하였다. Kondo (1982)는 석패과 *Inversidens*속 4종의 유생을 수리 분류 방법으로 검토하고 유생의 형태에 의해 종을 분류하였으며, Kwon 등(1987)은 유생의 구조를 관찰한 바, *Anodonta fukudai*, *Unio douglasiae*, *Lamprotula acrorhyncha*의 유생은 구형에 가까운 아삼각형이었으며 큰 갈고리의 수는 종에 따라 차이를 보인다고 보고하였다. 또한 Kwon(1989)은 *A. woodiana*의 유생에서 침판에 있는 갈고리의 수와 배열, 패각의 표면 구조를 관찰하고 큰 갈고리는 두 줄로 배열하며 작은 갈고리는 다른 종보다 그 수가 많았으며 유생의 내면은 다른 종에 비해서 거칠고 구멍의 배열이 균일하지 못했으며 외면은 매끈하고 망상구조를 보여 종간에 차이를 보고하였다. 이와 같이 현재까지 이 매패류의 유생에 대한 많은 연구가 진행되고 있지만 주로 광학현미경을 이용 유생의 형태만을 관찰하였으나 전자현미경을 이용하면 종간의 차이를 밝힐 수 있으리라 생각된다. 본 연구에서는 이와 같은 연구사실을 토대로 석패과의 유생을 이용하여 패류학적, 형태학적 형질과 그리고 수리분류 방법을 사용하여 종간에 분류학적 가능성을 찾고자 시도하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험 재료

실험에 사용된 석패과는 의암호와 춘천호에서 채집하였다. 본 실험재료는 석패과(Unionidae)에 속하는 작은대칭이(*Anodonta arcaiformis flavotincta*), 펄조개(*A. woodiana*), 말조개(*Unio douglasiae*), 작은말조개(*U. douglasiae sinuolatus*), 칼조개(*Lanceolaria acrorhyncha*), 꺾뚜드럭조개(*Lamprotula gottschei*)를 사용하였다.

### 2. 실험 방법

유생의 내부 구조를 관찰하기 위하여 암컷의 보육낭 으로부터 유생을 꺼내어 곧바로 페트리 접시로 옮겨 menthol로 서서히 마취시키거나 또는 갑작스러운 전기 충격을 주어 패각을 열었다. 이것을 2.5% glutaraldehyde에 1시간 30분 동안 전고정을 시키고 PBS 완충액(pH 7.2)으로 수세 후 1% OsO<sub>4</sub>에서 2시간 정도 후고정 하였다. 다시 PBS 완충액으로 세척한 다음 알코올 과정을 거쳐 완전히 탈수시키고 isoamyl acetate 용액을 넣고 임계점 건조기를 사용 건조시켰다. 건조된 유패를 양면 테이프를 붙인 시료대에 붙였다. 이온 증착을 약 5분 동안 250 Å 두께로 처리한 후 주사 전자현미경으로 촬영하였다.

한편, 패각의 인대, 내외 면의 구멍의 유무, 갈고리의 수와 배열상태 등을 관찰하기 위해 포르말린으로 미리 고정된 유생들을 증류수로 옮겨 약 4시간 정도 두어 포르말린을 제거하였고 다시 5% KOH에 넣어 약 12시간 두어 조직을 완전히 녹였다. 다시 재료를 증류수에 옮겨 패각에 묻은 KOH를 제거 하였으며 유패의 패각을 깨끗이 하기 위해 초음파 세척기를 사용하였다. 이 재료를 주사전자현미경 관찰법으로 시행하고 유생의 패각을 측정하였다.

### 3. 유집분석(Cluster analysis)

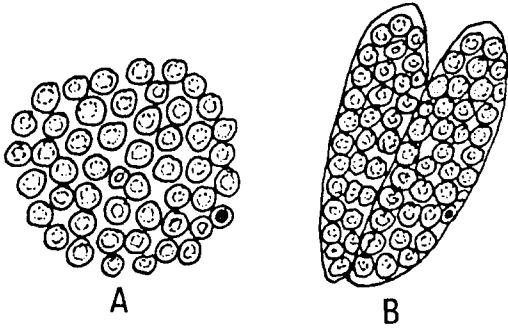
각 종의 유생에서 조사된 자료를 기초로 하여 각 OTU(operational taxonomic unit)들 간에 차이를 보기 위해 Mounford(1962) 방법에 의해 complete linkage cluster analysis를 하여 phenogram을 작성하였다. 이들의 통계분석은 SAS(statistical analysis system: 1988, release 6.03, Univ. Alkansas) program을 이용하여 IBM personal computer(AT-286)로 수행하였다.

## 결 과

### 1. 유생의 형태적 특성

#### 1) 보육낭내의 유생의 형태(Fig. 1)

보육낭내의 유생의 형태는 하나 하나 떨어진 분리형과 오이씨 모양의 덩어리를 형성하는 2가지로 나눌 수 있었다.



**Fig. 1.** Form of glochidia within marsupium.  
 A: One by one separated form of genus *Anodonta* and genus *Lamprotula*  
 B: A lump of cucumiform of genus *Unio* and genus *Lanceolaria*

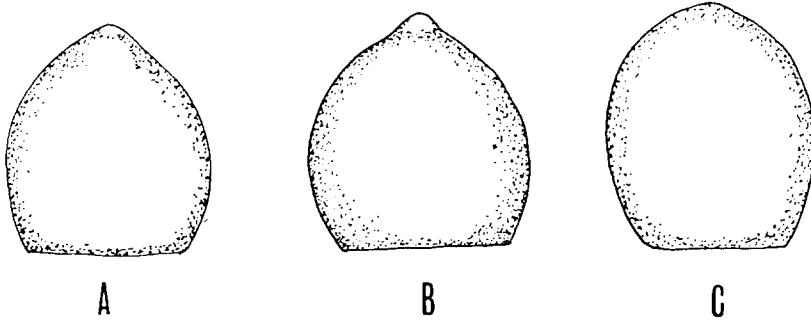
A. 분리형(one by one separated form): 점액질에 싸여 하나 하나씩 떨어져 있는 형으로 *Anodonta* 속의 작은 대칭이, 펄조개와 *Lamprotula* 속의 굴체두드럭조개에서 볼 수 있다.

B. 덩어리형(a lump of cucumiform): 이 형은 오이씨 모양의 덩어리를 형성 하는데 *Unio* 속의 말조개, 작은말조개와 *Lanceolaria* 속의 칼조개 유생에서 볼 수 있다.

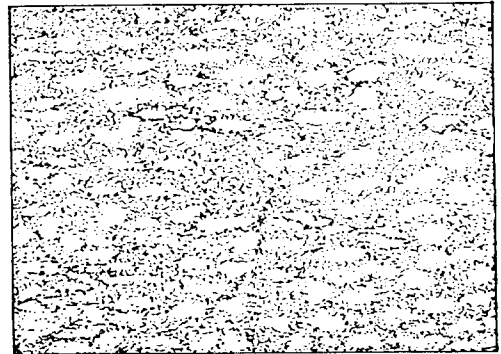
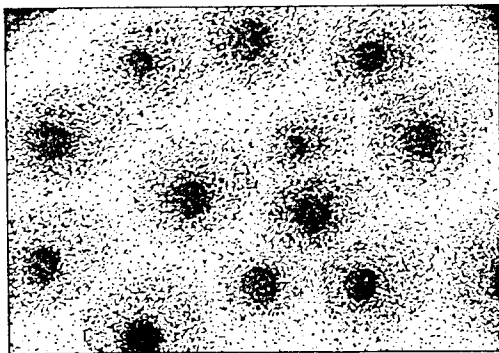
**2) 유생의 형태(Fig. 2)**

석패과의 유생의 형태는 아삼각형과 둥근 아삼각형 및 반타원형의 3가지로 나눌 수 있었다.

A. 아삼각형(sub-triangular type): 각장과 각고의 비가 비슷한 형으로 *Anodonta* 속의 작은대칭이와



**Fig. 2.** Glochidium of Unionidae seen from the right side.  
 A: Sub-triangular type of genus *Anodonta* and genus *Lanceolaria*  
 B: Round sub-triangular type of genus *Unio*  
 C: Sub-elliptical type of genus *Lamprotula*.



**A**

**B**

**Fig. 3.** The external surface of the glochidial shell valve of Unionidae.  
 A: Foveolate type of genus *Anodonta* and genus *Lamprotula*  
 B: Psilate type of genus *Unio* and genus *Lanceolaria*.

필조개 및 *Lanceolaria* 속의 칼조개에서 관찰되었다.

B. 둥근 아삼각형(round sub-triangular type): 각장과 각고의 길이와 각폭의 길이의 비가 비슷한 형으로 *Unio* 속의 말조개와 작은말조개에서 볼 수 있다.

C. 반타원형(semi-elliptical type): 각장보다 각고가 높아 전체적으로는 타원형을 보이는데 *Lamprotula* 속의 꽃채두드럭조개에서 관찰되었다.

### 3) 패각의 표면(Fig. 3)

유생의 패각 표면에 대한 형태는 크고 작은 구멍이 난 유공형과 구멍이 없이 매끈한 평활형으로 나눌 수

있었다.

A. 유공형(foveolate type): 유생의 패각의 바깥과 안쪽에 크고 작은 구멍이 나 있다. *Anodonta* 속의 작은대칭이와 필조개 및 *Lamprotula* 속의 꽃채두드럭조개에서 볼 수 있다.

B. 평활형(psilate type): 유생의 패각에 구멍이 없으며 *Unio* 속의 말조개와 작은말조개 및 *Lanceolaria* 속의 칼조개에서 볼 수 있다.

### 4) 감각모의 수(Fig. 4)

유생의 패각의 안쪽에 배면과 첩판아래에 감각모가 나 있는데 배면에는 하나씩 인데 비해 첩판아래에는

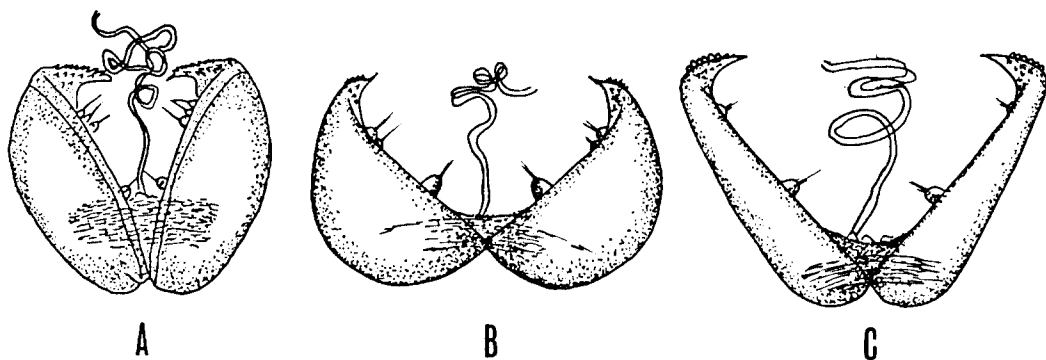


Fig. 4. Sensory hairs of glochidium of Unionidae seen from the posterior end.

A: One-three type of genus *Anodonta*

B: One-two type of genus *Unio* and genus *Lanceolaria*

C: One-one type of genus *Lamprotula*.

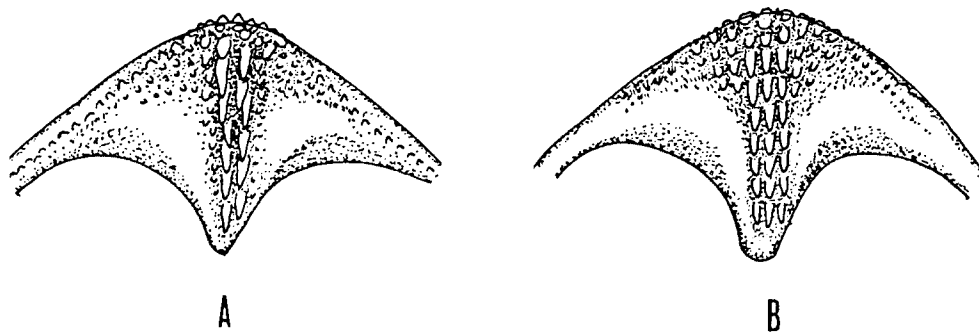


Fig. 5. Flange of glochidium of Unionidae.

A: Two rows stylet arrangement type seen of genus *Anodonta* and genus *Lamprotula*

B: Three rows stylet arrangement type seen of genus *Unio* and genus *Lanceolaria*.

하나에서 세 개까지 나 있다. 감각모의 수에 따라 1-3형, 1-2형, 1-1형으로 나눌 수 있었다.

A. 1-3형(one-three type): 배면에 하나, 첩판아래 세 개가 나 있고 *Anodonta* 속의 작은대칭이와 펼조개에서 볼 수 있다.

B. 1-2형(one-two type): 배면에 하나 첩판아래 두개의 감각모가 나 있고 *Unio* 속의 말조개와 작은말조개 및 *Lanceolaria* 속의 칼조개에서 볼 수 있다.

C. 1-1형(one-one type): 배면과 첩판아래에 하나씩 있는데 *Lamprotula* 속의 꺾뚜르조개에서 볼 수 있다.

5) 첩판에 난 갈고리의 열(Fig. 5)

유생의 패각의 첩판에는 크고 작은 갈고리가 수많이나 있는데 갈고리의 배열상태에 따라 큰 갈고리는 2열과 3열로 구분되었다.

A. 2열형(two rows type): 유생의 첩판에는 큰

갈고리가 2열로 나 있으며 *Anodonta* 속의 작은대칭이와 펼조개 및 *Lamprotula* 속의 꺾뚜르조개에서 볼 수 있다.

B. 3열형(three rows type): 유생의 첩판에는 큰 갈고리가 3열로 나 있고 *Unio* 속의 말조개와 작은말조개 및 *Lanceolaria* 속의 칼조개에서 볼 수 있다.

실험대상 6종에 대한 유생의 형태적 특징은 Table 1에 기술하였다. 각각의 종들에 대한 특징을 보면

**A. *arcaeformis flavotincta*:** 유생을 가진 암컷에서는 4개의 아가미 중 바깥아가미를 보육낭으로 사용하였으며 보육낭의 색은 시간이 경과함에 따라 옅은 회색에서 짙은 갈색으로 변한다. 수정막 속에 있을 때의 패각은 갈색의 반점이 없으나 유생시기에는 작은 반점이 많이 생기는 것을 관찰 할 수 있었다. 보육낭 내의 유생은 유생사에 엉켜 하나 하나 떨어져 있다. 유생의 형태는 아삼각형(Plate 1-7)이었으며 좌우대

Table 1. Conchological and anatomical characters of the glochidia of six species in Unionidae from Korea

Characters	<i>A. arcaeformis flavotincta</i>	<i>A. woodiana</i>	<i>U. douglasiae</i>	<i>U. douglasiae sinuolatus</i>	<i>L. gottschei</i>	<i>L. acrorhyncha</i>
Type	hooked	hooked	hooked	hooked	hooked	hooked
Shape	sub-triangular	sub-triangular	round	round	semi-elliptical	sub-triangular
Size(mm) of shell						
height	0.34	0.27	0.16	0.16	0.31	0.20
length	0.35	0.26	0.17	0.19	0.29	0.21
width	0.17	0.12	0.13	0.15	0.15	0.15
length of hinge						
line	0.27	0.20	0.14	0.14	0.26	0.15
Larval thread						
diameter(μm)	1.20	1.50	2.30	2.40	6.20	7.50
Color	dark brown	milky white	dark gray	light gray	buff	withe or yellow or reddish
Form of glochidia within marsupium	separated	separated	cucumiformed lumps	cucumiformed lumps	separated	cucumiformed lumps
No. of sensory hair	8	8	6	6	4	6
Holes on shell surface	present	present	absent	absent	present	absent
Marsupium	entirely outer gills only	entirely outer gills only	entirely outer gills only	entirely outer gills only	mostly outer gills or both	entirely outer gills only
Release of glochidia	mid-Oct. to early-May	May to Nov.	Apr. to Nov.	Apr. to Oct.	Jun. to Aug.	May to Aug.

칭이었다. 유생의 크기는 각장×각고×각폭이  $345 \times 340 \times 165 \mu\text{m}$ 였으며(Plate 1-1) 저배율에서도 패각의 표면에 작은 구멍이 많이 나 있는 것을 볼 수 있었다. 2장의 패각의 끝에는 안쪽으로 굽은 침판에 갈고리를 가지며 갈고리 판의 길이는  $45 \mu\text{m}$ 크기이며 크고 작은 갈고리들이 침판에 배열하고 있으며(Plate 1-1), 큰 갈고리는 중앙에 두 줄로 배열하고 그 수는 12개이며 주변에는 수많은 작은 갈고리가 배열하고 있었다(Plate 1-6). 패각의 안쪽 외투막에는 감각털이 있는데 안쪽 가장자리에 각각 하나씩 있고 침판아래 3개씩 있는 것을 관찰 할 수 있었다(Plate 1-1, 2, 3). 또한 외투막의 배면의 중앙으로부터 가늘고 긴 유생사가 구멍으로 나 있으며(Plate 1-4, 5, 6) 유생사의 직경은  $1.2 \mu\text{m}$ 였다. 또한 패각을 연결시키는 인대를 볼 수 있고(Plate 1-9) 인대의 길이는  $265 \mu\text{m}$ 이며 주변에는 크고 작은 구멍이 나 있는 것을 볼 수 있었다(Plate 1-8). 패각의 내외 표면에는 수많은 구멍을 가지고 있으며 외각 표면에 난 구멍은 매끈한데 비해 안쪽은 거칠게 되어 있었다(Plate 1-10, 11). 한편, 패각에 있는 구멍이 실제 안쪽과 바깥으로 연결되어 있는지를 알아보기 위해 패각의 일부를 깨어 관찰한 결과 서로 연결되어 있었으며(Plate 1-12) 바깥 면은 얇은 막으로 덮여 있는 것을 볼 수 있었다.

**A. woodiana:** 성숙된 암컷에서는 바깥 아가미를 보육낭으로 사용하며 유생이 성숙되면서 보육낭의 색은 갈색을 띠게 된다. 보육낭내의 유생은 하나 하나가 유생사에 얽혀 있다. 유생의 형태는 아삼각형이며 좌우대칭이었다. 유생의 크기는 각장.각고.각폭이  $255 \times 270 \times 119 \mu\text{m}$ 였으며 패각의 바깥표면에는 크고 작은 구멍이 전체적으로 나 있는 것을 볼 수 있었다(Plate 2-1). 양쪽 패각의 끝에는 안쪽으로 굽은 침판을 가지며(Plate 2-5, 6), 침판의 길이는  $41 \mu\text{m}$ 이며 크고 작은 갈고리들이 침판에 배열되어 있었다(Plate 2-2). 큰 갈고리는 중앙에 두 줄로 배열하고 그 수는 12개였으며 그 가장자리에는 불규칙한 크기의 갈고리들이 수없이 있었다. 또한 두 장의 패각을 닫았을 때 위에서 보면 침판이 약간 엇갈려 맞물리는 것을 볼 수 있다(Plate 2-3). 또한 패각의 외투막에는 감각털이 배면의 가장자리와 꼭대기 부근에 각각 4개씩 있으며 가늘고 긴 유생사도 배면의 중앙에서 나 있는 것을 볼 수 있었고 유생사의 직경은  $1.5 \mu\text{m}$ 였다(Plate 2-7). 패

각은 인대로 연결되어 있으며(Plate 2-4), 인대의 길이는  $200 \mu\text{m}$ 이며 주변의 패각에는 많은 구멍이 나 있는 것도 볼 수 있다. 패각의 내외 표면에는 수많은 구멍을 가지며 외각 표면에는 매끄럽고 일정한 크기의 구멍이 나 있었다(Plate 2-8, 9, 10). 또한 패각에 난 구멍이 바깥표면에서 안쪽표면과 연결되어 있었다(Plate 2-11).

**U. douglasiae:** 성숙된 암컷에서 유생은 바깥 아가미를 보육낭으로 사용하였으며 보육낭의 색은 옅은 회색을 띠고 있었다. 유생이 보육낭 안에 들어있을 때는 오이씨모양의 두 겹에 싸여 덩어리를 형성하며 성숙되면 날개로 방출한다. 유생의 형태는 아삼각형이었으며 좌우대칭이었다. 유생의 크기는 각장, 각고, 각폭이  $174 \times 158 \times 132 \mu\text{m}$ 로 각장에 비해 각폭이 커서 구형에 가까운 아삼각형이었다(Plate 3-1). 패각의 바깥 표면에는 구멍이 나 있지 않았다(Plate 3-7). 양쪽 패각의 끝에는 안쪽으로 굽은 침판이 있으며 침판의 길이는  $18 \mu\text{m}$ 이며 크고 작은 갈고리들이 침판에 나있고 큰 갈고리는 3열로 21 개였으며 그 가장자리에는 작은 갈고리들이 수없이 나 있었다(Plate 3-4, 5, 6). Plate 3-4, 5는 패각을 닫았을 때 갈고리가 서로 맞물리는 것을 볼 수 있다. 또한 패각의 외투막에는 감각털과 가늘고 긴 유생사가 있는데(Plate 3-1), 감각털은 배면과 침판 아래 각각 3개씩 나 있으며 유생사는 직경이  $2.3 \mu\text{m}$ 였다(Plate 3-2). Plate 3-3은 패각을 결합시키는 인대로서 길이는  $135 \mu\text{m}$ 크기였다. 패각의 내외 표면에는 구멍이 없으며(Plate 3-9) 패각의 바깥 표면은 매끄러운데 반해 안쪽 표면은 수많은 돌기로 덮여 있었다(Plate 3-7, 8).

**U. douglasiae sinuolatus:** 유생을 가진 암컷은 바깥 아가미를 보육낭으로 사용하며 보육낭은 옅은 회색을 띠고 있었다. 보육낭내의 유생은 말조개 유생과 같이 두 겹으로 붙은 오이씨 모양의 덩어리 형태를 한다. 유생의 형태는 아삼각형이며 좌우대칭이었다. 유생의 크기는 각장, 각고, 각폭이  $190 \times 160 \times 148 \mu\text{m}$ 로 각폭이 커서 전체적으로 둥근 형태를 하고 있었다(Plate 4-2). 패각의 바깥표면에는 구멍이 나 있지 않고 매끄럽게 되어 있었다. 양쪽 패각의 끝에는 갈고리가 난 침판을 가지며(Plate 4-1), 침판의 길이는  $17 \mu\text{m}$ 이며 크고 작은 갈고리들이 침판에 나 있는데 큰 갈고리는 말조개와 같이 3열로 배열되어 있으며 그 수

는 21개였고 가장자리에는 수 많은 작은 갈고리들이 나 있었다(Plate 4-3, 6). Plate 4-3은 위에서 본 갈고리의 형태로 패각을 단았을 때 서로 맞물리게 되며 안쪽에는 감각털이 나 있는 것을 볼 수 있었다. 감각털은 외투막의 배면과 첩판 아래에 나 있었으며(Plate 4-1, 4), 패각에 얇은 난막으로 덮여 있는 감각털을 볼 수 있었고(Plate 4-4), 이를 확대해 본 결과 감각털의 끝이 여러 갈래로 갈라져 있었다(Plate 4-5). 또 패각의 밖으로 덩어리를 형성한 유생사를 내고 있었으며 직경은  $2.4\ \mu\text{m}$ 였다(Plate 4-9). Plate 4-7은 패각을 연결시키는 인대로서 길이는  $136\ \mu\text{m}$ 였다. 패각의 바깥 표면에는 구멍을 볼 수 없었으며(Plate 4-2), 패각의 안쪽 표면에는 수 많은 돌기로 덮여 있었다(Plate 4-8).

**L. gottschei:** 유생을 가진 암컷에서는 다른 종과는 달리 4개의 아가미 중 바깥 아가미와 4개의 아가미 모두를 보육낭으로 사용하였으며 보육낭의 색은 얼은 갈색에서 담황색으로 변한다. 보육낭내의 유생은 점액질에 하나 하나 떨어져 있다. 수정막 속에서 두장의 패각을 이루고 있다(Plate 5-1, 2). 광학현미경으로 관찰한 결과 유생의 형태는 타원형을 보이며(Plate 5-3), 좌우대칭이었다(Plate 5-4). 유생의 크기는 각장, 각고, 각폭이  $286 \times 312 \times 154\ \mu\text{m}$ 로 각장보다 각고가 커서 타원형을 하고 있었다. 패각의 표면에는 구멍이 나 있으며 패각의 양쪽 끝에는 갈고리를 가진 첩판이 있으며 길이는  $36\ \mu\text{m}$ 이며 크고 작은 갈고리들이 첩판에 나 있는데 큰 갈고리는 2줄로 나 있고 그 수는 12개이고 가장자리에는 수 많은 작은 갈고리들이 나 있었다(Plate 5-5). 또 패각의 안쪽 외투막에는 배면과 첩판 아래 감각털이 2개씩 나 있으며 내 유생사(internal thread)도 패각의 배면 중앙에서 나와 바깥으로 나와 있으며 직경은  $6.2\ \mu\text{m}$ 였다(Plate 5-4). 인대의 길이는  $257\ \mu\text{m}$ 로 2장의 패각을 연결시키고 있다.

**L. acrorhyncha:** 유생은 바깥아가미에서 성숙되며 유생이 들어있는 보육낭은 붉은색, 노란색, 흰색을 띠며 형태는 오이씨 모양의 덩어리를 형성하고 있다. 유생의 형태는 아삼각형이고 좌우대칭이었으며 크기는 각장, 각고, 각폭이  $208 \times 198 \times 149\ \mu\text{m}$ 의 크기를 보였다(Plate 6-5). 패각의 표면에는 구멍이 없으며 매끈한 망상구조를 하고 있었다(Plate 6-2, 4). 패각의 안

쪽에는 수 많은 돌기들이 나 있었다(Plate 6-3). 패각의 양쪽 끝에는 갈고리를 가진 첩판이 있으며 첩판의 길이는  $13\ \mu\text{m}$ 이며 크고 작은 갈고리들이 첩판에 나 있는데 큰 갈고리는 3열로 나 있으며 그 수는 15개였고 가장자리에는 수 많은 작은 갈고리들이 나 있었다(Plate 6-1). 또한 패각의 안쪽 외투막에는 배면에 하나 첩판 아래에 각각 2개씩 감각털이 나 있으며 유생사도 패각의 안쪽으로부터 나와 있는 것을 볼 수 있었다. 유생사는 굵고 짧은 내유생사를 가지며 직경은  $7.5\ \mu\text{m}$ 였다(Plate 6-5). 패각을 결합시키는 인대의 길이는  $150\ \mu\text{m}$ 였다.

또한 Table 1에 종합된 유생의 형질을 토대로 phenogram을 작성한 유집분석의 결과는 *A. arcaiformis flavotincta*, *L. gottschei*, *A. woodiana* 3종이 한 그룹으로 형성되고, *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*, *L. acrorhyncha* 3종이 한 그룹으로 형성되었다. 이 중 *A. woodiana*가 거리지수가 1.130 값으로 종간에 유연관계가 제일 적었다(Fig. 6).

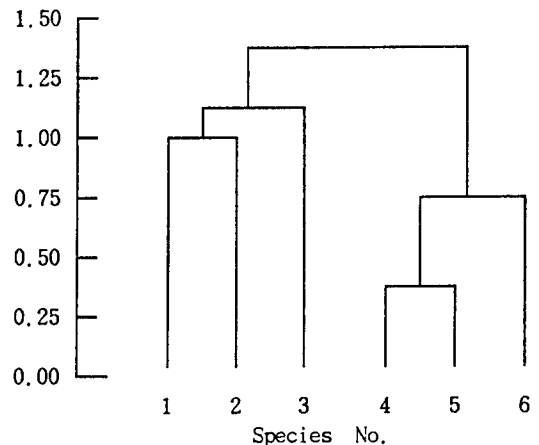


Fig. 6. Phenogram based on complete linkage cluster analysis about glochidia of six species in Unioidae.

1. *A. arcaiformis flavotincta*
2. *L. gottschei*
3. *A. woodiana*
4. *U. douglasiae*
5. *U. douglasiae sinuolatus*
6. *L. acrorhyncha*

한국산 석패과 유생의 속(屬) 검색표

- 1a. 유생의 패각에 구멍이 나 있다. 보육낭내의 유생은 하나씩 떨어져 있다. ....2
- 1b. 유생의 패각에 구멍이 없다. 오이씨모양의 덩어리를 이룬다. ....3
- 2a. 감각모가 6개 이다. 유생사의 직경은 2.3~2.4  $\mu\text{m}$ 이며 길이가 길고 가늘다. ....*Unio* 속
- 2b. 감각모가 4개 이다. 유생사의 직경은 7.5  $\mu\text{m}$ 이며 길이가 굵고 짧다. ....*Lanceolaria* 속
- 3a. 감각모가 8개 이다. 유생사의 직경은 1.2~1.5  $\mu\text{m}$ 이며 길이가 길고 가늘다. ....*Anodonta* 속
- 3b. 감각모가 4개 이다. 유생사의 직경은 6.2  $\mu\text{m}$ 이며 길이가 굵고 짧다. ....*Lamprotula* 속

한국산 석패과 유생의 종(種) 검색표

- 1a. 유생사는 가늘고 길다. ....3
- 1b. 유생사는 굵고 짧다. ....2
- 2a. 유생은 오이씨모양의 덩어리를 형성하며 두 겹이고 반타원형이다. ....칼조개 *Lanceolaria acrorhyncha*
- 2b. 유생은 점액질에 하나 하나씩 떨어져 있으며 형태는 삼각형에 가깝다. ....꽃채두드럭조개 *Lamprotula gottschei*
- 3a. 감각모가 8개이며 패각의 표면에 구멍이 있다. ....4
- 3b. 감각모가 6개이며 패각의 표면에 구멍이 없다. ....5
- 4a. 유생은 진한 갈색이다. ....작은대칭이 *Anodonta arcaiformis flavotincta*
- 4b. 유생은 연한 갈색이다. ....펼조개 *Anodonta woodiana*
- 5a. 유생의 인대(hinge line)가 약간 곡선을 이룬다. ....말조개 *Unio douglasiae*
- 5b. 유생의 인대가 수평이다. ....작은말조개 *Unio douglasiae sinuolatus*

고 찰

석패과 패류의 유생은 해산 복족류나 부족류에서와 같이 모패에서 방출되어 자유 유영 생활을 하는 담류자, 피면자 시기를 거치지 않고 이러한 상태에 해당되는 시기를 모패 내에서 보내게 되며 이후 glochidi-

um이라는 독특한 형태로 방출되어 이동성이 강한 물고기에 부착하는 기생생활을 거치게 된다. 이와 같은 현상은 담수에서는 부유생활을 하기가 적합하지 않기 때문에 이런 독특한 방법으로 적응된 것으로 알려졌다 (Barnes, 1974).

Ortmann(1910), Baker(1928) 및 Wood(1974b)에 의하면 석패과 종들의 유생은 유생사를 가지며 기부에 있는 특별한 구멍으로부터 복잡하게 얽혀 덩어리를 형성하여 나오게 된다고 보고하였다. 그러나 Prashad(1919)는 *P. salvenianus*의 유생에서 유생사는 볼 수 없었다고 하였다. 본 연구에서는 유생의 안쪽 배면 중앙에서 가늘고 긴 선과 같은 유생사를 관찰할 수 있었다. Wood(1974a)는 *Unio*, *Anodonta* 속과 북미에 서식하는 *Megalonaias*와 *Quadrula* 속의 유생에서 외부강의 중앙으로부터 특별히 변형된 세포로부터 만들어진 길고 실과 같은 구조물을 부속물로 가지고 있으며 이것은 감각과 부착의 두 가지 기능을 한다고 하였다. 유생사는 수중에 최초로 접촉할 수 있는 기회를 증가시켜 부착을 돕는 기관이라고 알려져 있다(Lillie, 1895; Wood, 1974a). 본 연구에서 나타난 유생사의 직경은 종간의 차이를 보였다. 즉 *Anodonta* 속의 *A. arcaiformis flavotincta*와 *A. woodiana*는 1.2, 1.5  $\mu\text{m}$ , *Unio* 속의 *U. douglasiae*와 *U. douglasiae sinuolatus*는 2.3, 2.4  $\mu\text{m}$ 였다. 이와 같이 속내 종간에는 비슷한 직경을 보였다. 또한 *L. gottschei*와 *L. acrorhyncha*는 6.2, 7.5  $\mu\text{m}$ 의 크기를 각각 보였다. Arey(1924)와 Wood(1974a)는 패각의 안쪽은 외부막으로 둘러싸게 되며 감각모가 존재한다고 보고하였는데, 본 연구에서도 유생들은 감각모가 존재하며 그 수는 종마다 차이를 보였다. 즉 *Anodonta* 속의 2종은 한쪽 외부막에 각각 4개씩 나 있었고, *Unio* 속의 2종과 *Lanceolaria* 속은 각각 3개씩, 그리고 *Lamprotula* 속은 각각 2개씩 나 있었다. 이와 같이 감각모 수의 차이는 속 및 종간의 형태적 특징으로 간주 될 수 있을 것으로 생각된다.

또한 유생들은 종마다 다양한 크기를 가지는 것으로 보고되었는데, Prashad(1919)는 석패과의 *P. salvenianus*에서 0.19×0.18 mm의 크기이며 모양은 타원형이었으며, Kondo와 Yamashita(1980)는 *P. omiensis*의 전체적인 형태는 반타원형이며 길이와 높이가 0.063×0.058 mm로 거의 같게 측정되었으며,



*Margaritifera*(Simpson *et al.*, 1986)에서 약 0.05 mm의 가장 작은 길이에서부터 *Anodonta*(Baker, 1927)에서 최고 약 0.4 mm까지의 크기를 가진다고 각각 보고하였다. 또한 Kondo(1982)는 Inver-sidens 속 4종의 유생을 측정된 결과 0.18~0.24 mm의 크기를 보고하였다. 본 연구를 통해 나타난 유생의 크기도 종마다 큰 차이를 보였으며 *A. arcaeformis flavotincta*가 0.35×0.34 mm로 가장 컸고, *U. douglasiae*가 0.17×0.16 mm로 가장 작았다.

Lefevre와 Curtis(1910) 및 Arey(1921)는 석패과 패류의 유생형태를 3가지 주요형태로 분류하였다. 첫째, 갈고리를 가지고 있는 형으로 이들 유생은 잘 발달된 갈고리를 가지는 것이 특징으로 형태는 아삼각형을 이루며 각각의 갈고리에는 무수히 많은 작은 갈고리들이 나있는데 이들 구조들은 숙주에 단단하게 부착하기 위하여 고도로 적응된 것이며 갈고리를 가진 유생은 항상 숙주의 외부에 노출된 부위에 부착하게 된다고 한다. 이들은 Anodontinae와 Unioninae의 특징으로 알려져 있다. 둘째, 갈고리가 없는 형으로서 이들은 대부분 북미종(*Lampsilis*, *Hyriopsis* 등)에서 널리 알려졌는데 유생은 크기가 매우 크고 반타원과 둥근형을 가지고 있다. 이들은 항상 숙주의 아가미에 기생하게 되지만 일부는 지느러미에도 붙을 수 있는 것으로 알려졌다. 셋째는 도기머리형으로 이 형의 유생은 배면의 가장자리가 나팔꽃 모양을 하는 것이 특징으로 *Proptera* 속에서만 유일하게 알려져 있다. 본 연구에서 관찰한 종들에서도 모두 양쪽 패각의 끝부분에 갈고리를 가져 Lefevre와 Curtis(1910), Arey(1921) 및 Kat(1984)의 보고와 일치되었으나, 유생의 외부 형태에서 *L. gottschei*는 갈고리를 가지면서 타원형을 보여 다른 종들과는 차이를 볼 수 있었다.

한편 Table 1에 종합된 유생의 자료를 이용, phenogram을 작성해 본 결과 0.950에서 *L. gottschei*가 *Anodonta* 속의 *A. arcaeformis flavotincta*에 포함되어 나타난 것은 비교된 자료를 7개의 형질만으로 유집분석을 수행하였고 차이 나는 형질에 대한 진화성 경향을 추론하기가 곤란하여 야기된 것으로, 이는 앞으로 더욱 연구되어야 할 것으로 생각된다.

## 결 론

한국산 석패과 4속 6종(*Anodonta arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*, *Unio douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*, *Lamprotula gottschei*, *Lanceolaria acrorhyncha*)의 유생의 형태학적 특성을 분류학적 측면에서 비교 검토한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 보육낭 내에 들어있는 유생의 형태는 *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*와 *L. gottschei*는 점액질에 쌓여 하나 하나 떨어져 있고, *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*와 *L. acrorhyncha*의 유생은 덩어리를 형성하는데 그 덩어리는 오이씨 형태를 하며 두 점으로 붙어 있었다.

2. 유생의 외부형태는 *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*와 *L. acrorhyncha*는 아삼각형, *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*는 둥근 아삼각형, *L. gottschei*는 타원형이었다.

3. 모든 유생의 각 패각에 갈고리를 하나씩 가지고 있으며 그 표면에는 크고 작은 수많은 갈고리들이 나 있고, 큰 갈고리는 *A. arcaeformis flavotincta*, *A. woodiana*와 *L. gottschei*는 2열로 나 있으며, *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*와 *L. acrorhyncha*는 3열로 배열되었다.

4. 유생의 감각털은 모든 종에서 볼 수 있었으며 수에서 차이를 보였다. 즉 *A. arcaeformis flavotincta*와 *A. woodiana*는 8개, *U. douglasiae*, *U. douglasiae sinuolatus*와 *L. acrorhyncha*는 6개, 그리고 *L. gottschei*는 4개씩 각각 관찰되었다.

5. 유생사의 직경은 *A. arcaeformis flavotincta*와 *A. woodiana*는 1.2 μm, 1.5 μm, *U. douglasiae*와 *U. douglasiae sinuolatus*는 2.3 μm와 2.4 μm, *L. gottschei*와 *L. acrorhyncha*는 각각 6.2, 7.5 μm였다.

6. 패각의 표면은 *A. arcaeformis flavotincta*와 *A. woodiana* 및 *L. gottschei*의 경우 크고 작은 구멍들이 안쪽과 바깥 표면에 나 있는 유공형이며, *U. douglasiae*와 *U. douglasiae sinuolatus* 및 *L. lanceolaria*는 패각의 내외 표면에는 구멍이 없고 바깥표면은 평활하고 안쪽 표면에는 크고 작은 돌기로

되어 있었다.

이상의 결론으로 보아 유생의 외부형태, 감각모의 수, 유생의 패각에 나 있는 소공의 유무, 유생사의 직경, 보육낭내의 유생의 형태 등은 종을 동정하는데 기준이 됨을 알 수 있었다.

### 참 고 문 헌

- Arey, L.B. (1921) An experimental study on glochidia and the factors underlying their encystment. *J. Exp. Zool.*, **33**: 436-499.
- Arey, L.B. (1924) Glochidial cuticulae, teeth, and mechanisms of encystment. *J. Morphol.*, **39**: 323-335.
- Baker, F.C. (1927) On the division of the Sphaeriidae into two subfamilies and the description of new genus of Unionidae, with descriptions of new varieties. *Amer. Midland Natl.*, **10**: 220-223.
- Baker, F.C. (1928) The freshwater mollusca of Wisconsin. Part II. Pelecypoda. *Bull. Wisconsin Geol. and Natl. Hist. Survey*, **70**: 1-495.
- Barnes, R.D. (1974) Invertebrate zoology (3rd ed.). pp. 389-432., *Saunders, Philadelphia*
- Coker, R.E., Shira, A.F., Clark, H.W. and Howard, A.D. (1921) Natural history and propagation of freshwater mussels. *Bull. U.S. Bul. Fish.*, **37**: 77-181.
- Kat, P.W. (1982) Parasitism and the Unionacea (Bivalvia). *Biol. Rev.*, **59**: 189-207.
- Kondo, T. (1982) Taxonomic revision of *Inversidens* (Bivalvia: Unionidae). *Venus*, **41**: 181-198.
- Kondo, T. and Yamashita, J. (1980) Morphology of the glochidium of *Pseudodon omiensis* Heimbürg. *Venus*, **39**: 187-189.
- Kwon, O.K., Park, G.M., Lee, J.S. and Song, H.B. (1987) Studies on the egg deposition and the glochidial attachment between the freshwater mussels and fishes in the Lake Uiam. *J. Sci. and Tech. Kangweon Nat. Univ.*, **25**: 39-43.
- Kwon, O.K. (1989) The studies on the electron-microscopic structures of the Unionidal glochidium and the attaching on the fish bodies. *J. Sci. Techno. Kangweon Nat. Univ.*, **28**: 41-45.
- Kwon, O.K. (1990) Illustrated encyclopedia of Fauna and Flora of Korea. Vol. 32. Mollusca(I). *Ministry of Education*, pp. 43-182.
- Lefevre, G. and Curtis, W.C. (1910) Reproduction and parasitism in the Unionidae. *J. Exptl. Zool.*, **9**: 79-115.
- Lillie, F.R. (1895) Embryology of the Unionidae. A study in cell lineage. *J. Morph.*, **10**: 1-100.
- Mountford, M.D. (1962) An index of similarity and its applicatory problems, *In: Progresss in soil zoology.* (ed. by Murphy, P.W.), pp. 43-50.
- Ortmann, A.E. (1910) The discharge of glochidia in the Unionidae. *Nautilus*, **24**: 94-95.
- 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.*
- Prashad, B. (1919) Studies on the anatomy of Indian Mollusca. 3. The soft parts of some Indian Unionidae. *Rec. Ind. Mus.*, **16**: 289-296.
- Rand, T.G. and Wiles, M. (1982) Species differentiation of the glochidia of *Anodonta cataracta* Say, 1817 and *Anodonta implicata* Say, 1829 (Mollusca: Unionidae) by scanning electron microscopy. *Canadian J. Zool.*, **60**: 1722-1727.
- 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.
- Sterki, V. (1903) Notes on the Unionidae and their classification. *Amer. Natur.*, **37**: 103-113.
- Surber, T. (1915) Identification of the glochidia of freshwater mussels. pp. 10, *U.S. Bureau Fish. Document*. 813.
- Wiles, M. (1915) The glochidia of certain Unionidae (Mollusca) in Nova Scotia and their fish hosts. *Canadian J. Zool.*, **53**: 33-41.
- Wood, E.M. (1974a) Development and morphology of the glochidium larva of *Anodonta cygnea* (Mollusca: Bivalvia). *J. Zool. London*, **172**: 1-13.
- Wood, E.M. (1974b) Some mechanisms involved in host recognition and attachment of the glochidium larva of *Anodonta cygnea*(Mollusca: Bivalvia). *J. Zool. London*, **173**: 15-30.

## Explanations of Plate

**Plate 1.** Mature glochidia of *A. arcaeformis flavotincta* (bar: 25  $\mu$ m).

1. Side view of glochidium, showing the spiny margin of the attachment structure folded towards the insides of the valve cavity.
2. A glochidium with sensory hairs on the mantle cells.
3. A glochidium with larval thread.
4. The mantle of glochidium, showing the larval thread protruded.
5. Magnified with larval thread.
6. Terminal, structure of ventral plate of glochidium with its distinctive arrangement of large protuberances in two major rows.
7. Dorsal view of glochidium.
8. External view of glochidium.
9. The ligament holding together the 2 valves of glochidium.
10. Internal surface with irregularly sized pores.
11. External valvular surface showing pores.
12. Fragment of the holes of the internal crystalline layer with 2 holes(arrows) externally closed by the "thin skin"-like layer of glochidium.

AM; adductor muscle, F; flange, H;hook, HL; hinge line, HO; holes, L; ligament, LT; larval thread LV; left shell valve, RV; right shell valve, SH; sensory hair

**Plate 2.** Mature glochidia of *A. woodiana* (bar: 25  $\mu$ m).

1. Lateral view of glochidium, showing the pores in the shell valves.
2. Terminal structure of ventral plate of glochidium with its distinctive arrangement with small and large spines.
3. The initial portions of the attachment structure of 2 valves of a glochidium.
4. Ligament of the glochidium holding together two valves.
5. Internal shell surface of the glochidium.
6. The glochidial shell valves with a hook at each valve are slightly opened and show mantle cells inside the shell.
7. Larval thread.
8. External surface of the glochidium showing numerous pores.
9. Magnified external surface.
10. Internal surface of the glochidium showing irregularly sized pores.
11. Internal surface of the glochidial valve with holes. The holes are completely perforated through the valve.

**Plate 3.** Mature glochidia of *U. douglasiae* (bar: 30  $\mu$ m).

1. Side view of the opened glochidium.
2. Larval thread.
3. Ligament of the glochidium.
4. The attachment structure of the young glochidium.
5. The attachment structure of the glochidium, processing the numerous pointed spines.
6. Terminal structure of ventral plate of the glochidium with its distinctive arrangement of large protuberances in three major rows.
7. External surface of the glochidium, showing smooth surface without pores. Upper figure shows magnified external surface.
8. Internal surface covered with numerous little protuberances.
9. Lateral view of the glochidium, showing the smooth surface in the shell valve.

**Plate 4.** Mature glochidia of *U. douglasiae sinuolatus* (bar: 30  $\mu$ m).

1. Side view of the glochidium with sensory hairs.
2. Lateral view of the glochidium, showing the smooth surface on shell valves.
3. Ventral plate of the glochidium, showing the sensory hair and the glochidial shell valves with a hook.
4. Lateral view of the glochidium, showing a mantle cavity with sensory hairs.
5. A tuft of sensory hairs of the glochidium.

6. Terminal plate of the glochidium with distinctive arrangement of small and large spines.
7. Ligament of the glochidium holding together two valves.
8. Internal surface of the glochidium with numerous little protuberances.
9. Larval thread of the glochidium.

**Plate 5.** Morphologies of glochidia of *L. gottschei* (bar: 100  $\mu\text{m}$ ).

1. The embryonic development of glochidia in fertilization envelope.
2. Lateral view of a glochidium in the fertilization envelope.
3. Adductor muscle of the glochidium in shell.
4. Larval thread of the glochidium.
5. Lateral view of a glochidium with spined hooks.

**Plate 6.** Mature glochidia of *L. acrorhyncha* (bar: 150  $\mu\text{m}$ ).

1. The anterior view of the glochidium. The opened glochidial shell valves with a hook at each valve and sensory hair in shell are noticed.
2. External surface of the glochidium, showing smooth surface without pores.
3. Internal surface of the glochidium covered with numerous little protuberances.
4. The shell of the glochidium. This external part of the shell shows a "thin skin"-like layer without holes.
5. Lateral view of the glochidium with a larval thread.

PLATE 1

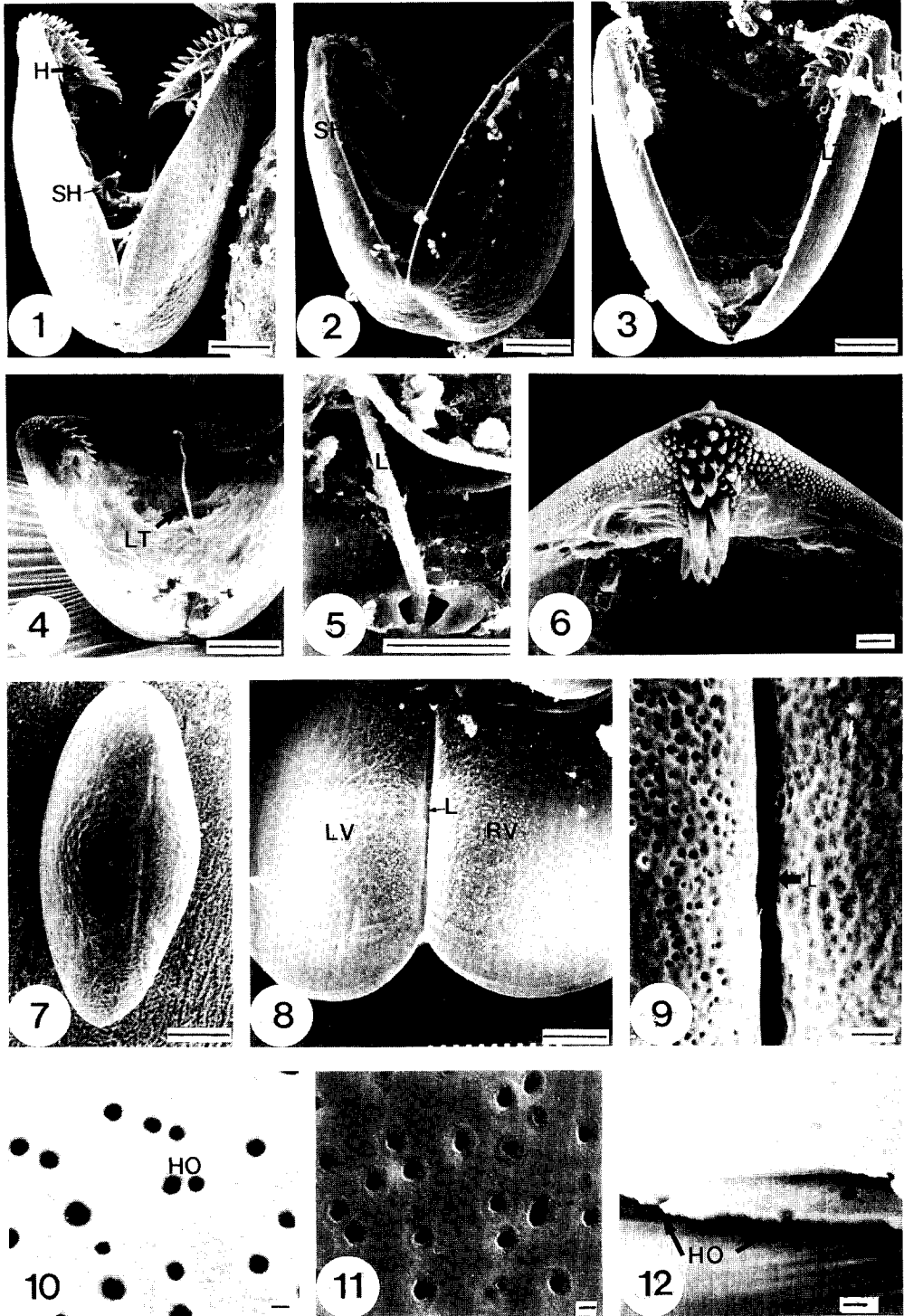


PLATE 2

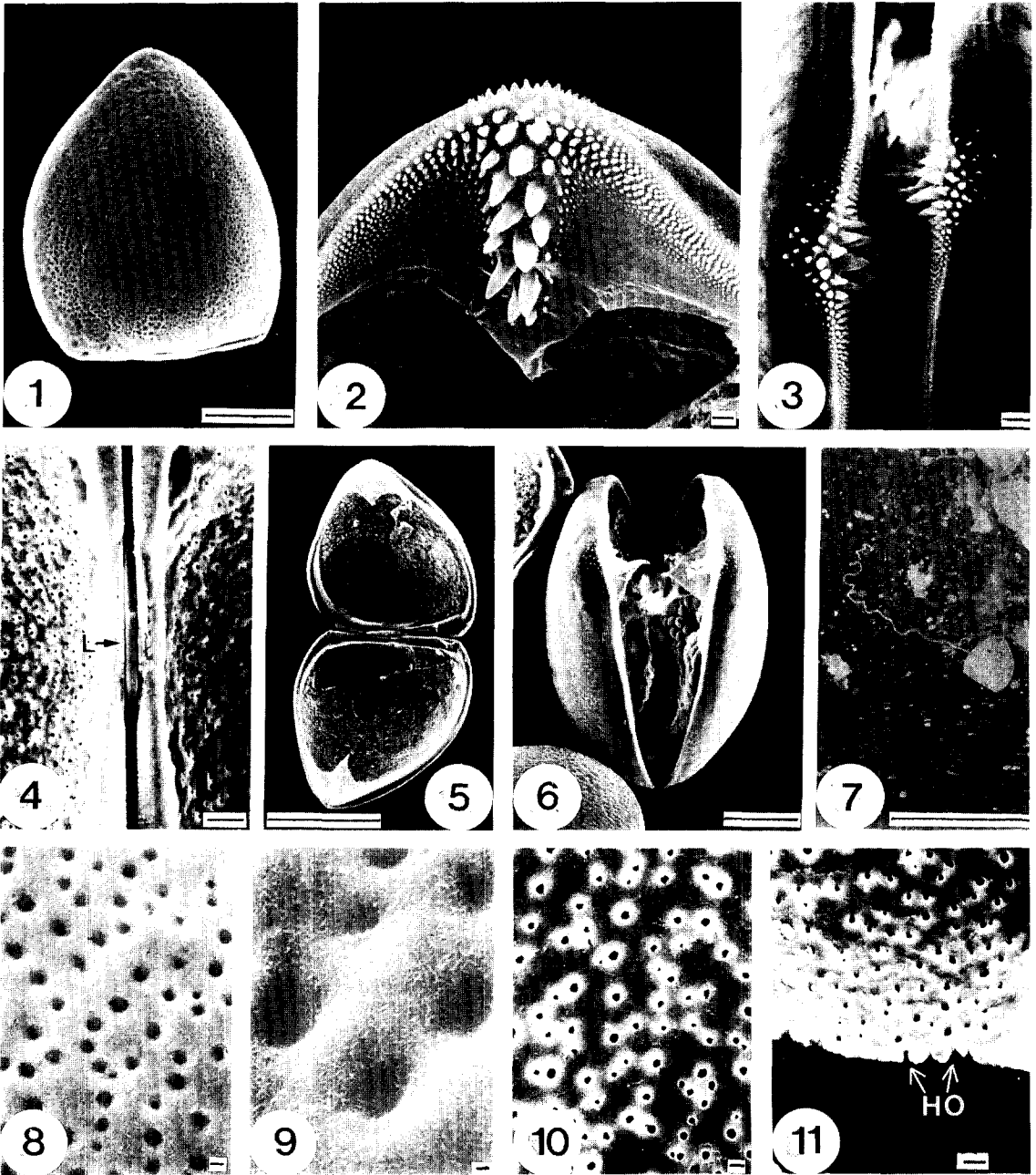


PLATE 3

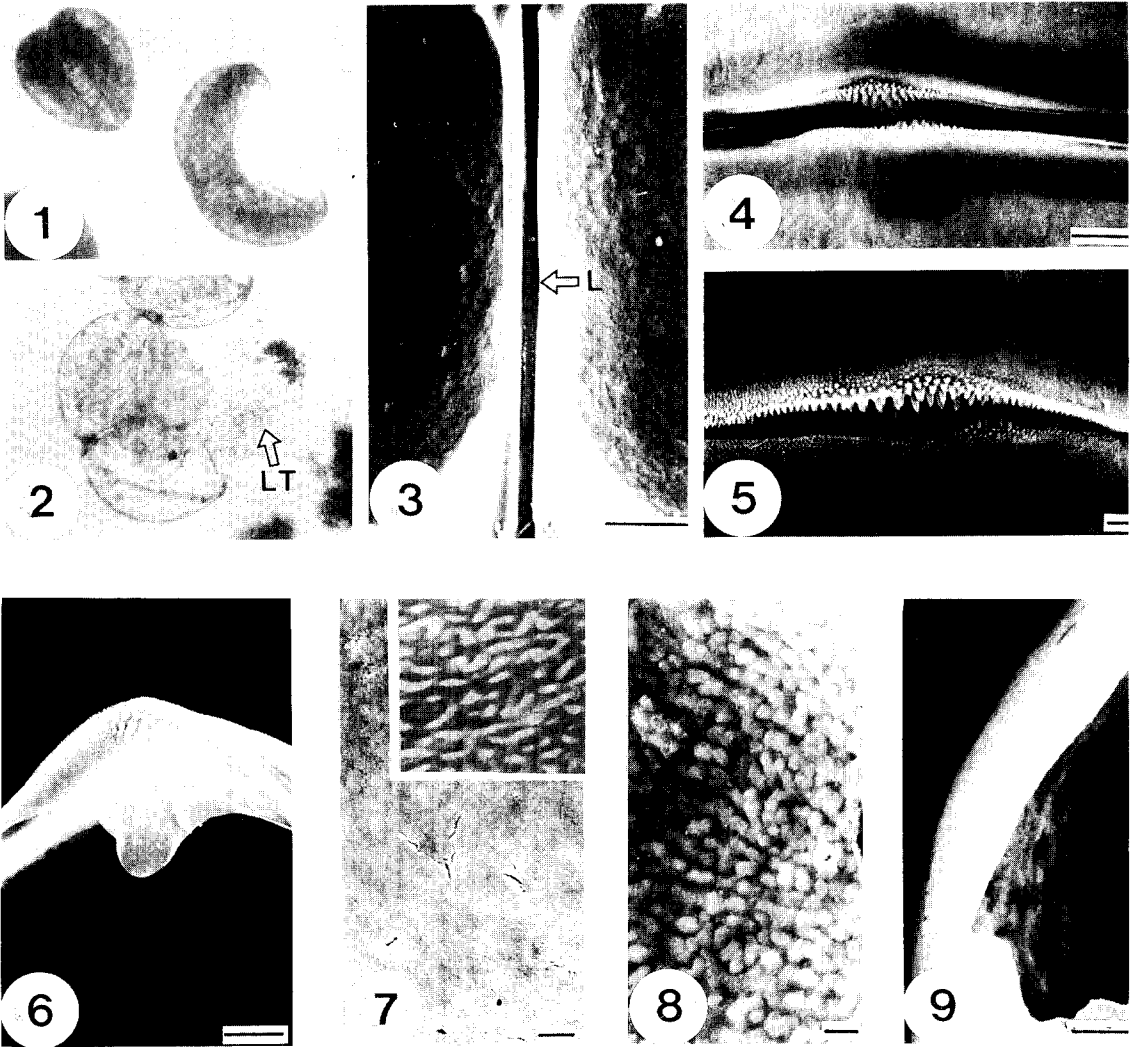


PLATE 4

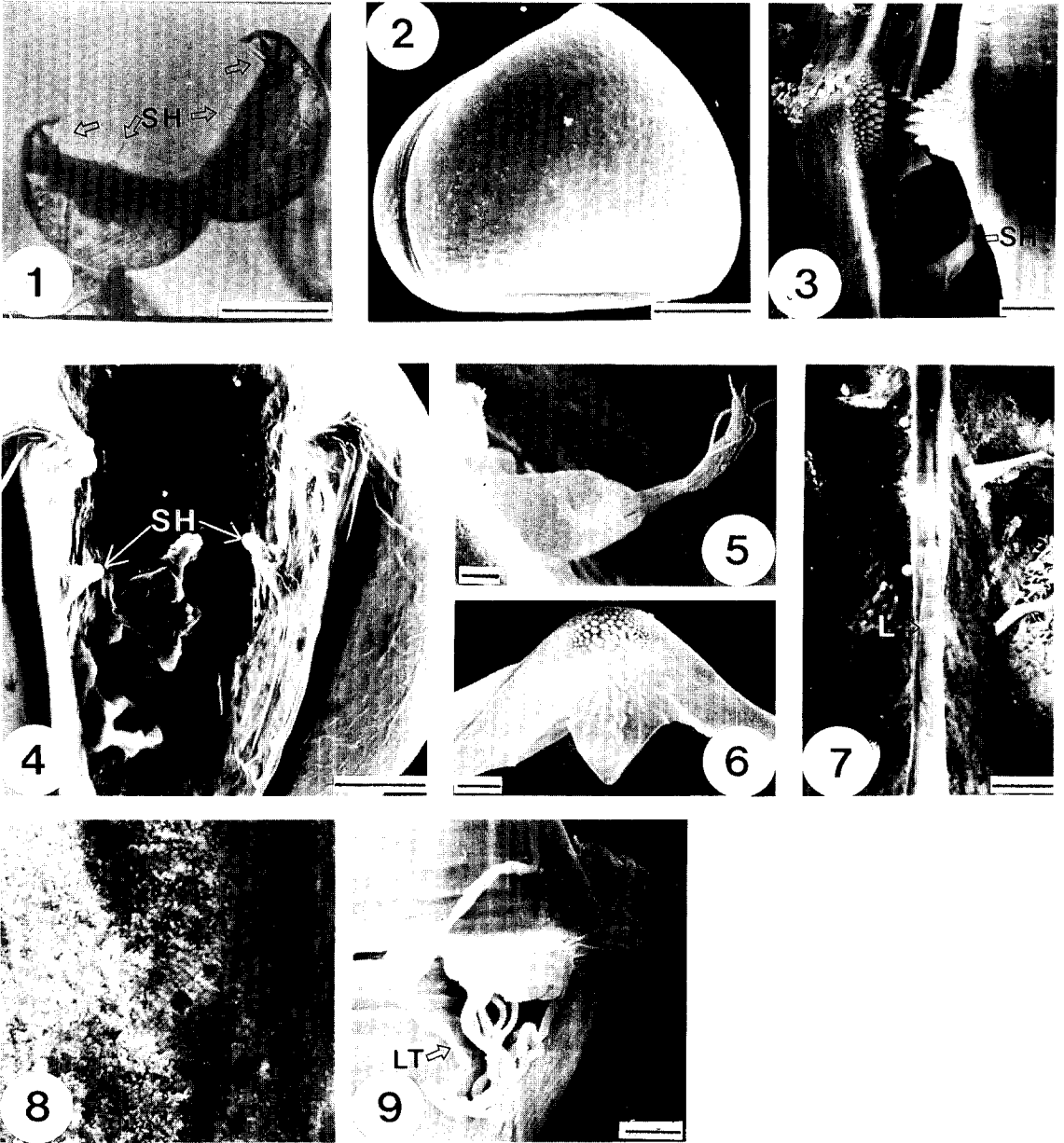




PLATE 5

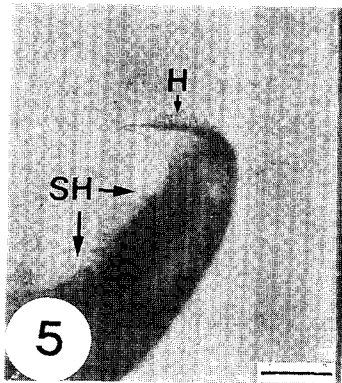
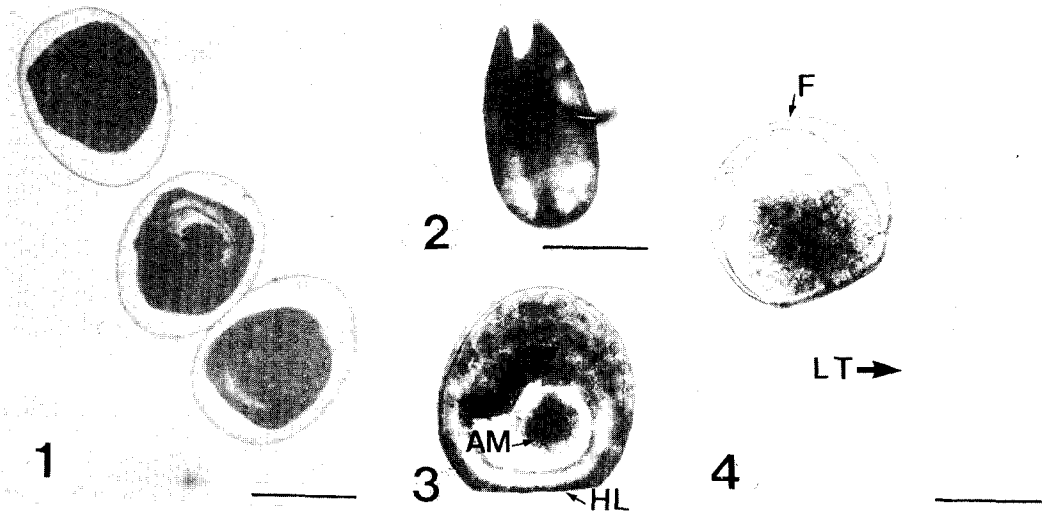


PLATE 6

