

# 의암호에 서식하는 작은대칭이 (*Anodonta arcaeformis*)와 펼조개 (*Anodonta woodiana despecta*) 유생의 기생에 대하여

이준상 · 박갑만 · 송호복 · 박제철 · 권오길

강원대학교 생물학과

— Abstract —

## On the Parasitism of the Glochidium of *Anodonta arcaeformis* and *Anodonta woodiana despecta* in the Lake Uiam

Jun-Sang Lee, Gap-Man Park, Ho-Bok Song,  
Je-Cheol Park and Oh-Kil Kwon

Department of Biology, Kangweon National University

This study was carried out to learn the parasitism of the glochidia of *Anodonta arcaeformis* and *Anodonta woodiana despecta* attached to fish, *Acheilognathus yamatsutae*, *Pungtungia heizi* and *Carassius auratus* in Lake Uiam.

Glochidia have remained attached for an extended period on *A. yamatsutae* (10 days), *P. heizi* (9 days) and *C. auratus* (21 days) prior to sloughing off. The glochidia of *A. arcaeformis* and *A. woodiana despecta* were the obligate parasites on the pectoral fin or the gill of a host fish. *P. heizi* was more resistant than *A. yamatsutae* to experimental infection with the glochidia of the *A. woodiana despecta*. During encystment, glochidia of *A. arcaeformis* has grown to 0.028 mm, 0.021 mm, 0.019 mm long in height, width, and ligament, respectively. The organ formation of *A. woodiana despecta* and *A. arcaeformis* glochidia started at two and eight days after infection (postinfection) respectively.

## 서 론

작은대칭이 (*Anodonta arcaeformis*)와 펼조개 (*Anodonta woodiana despecta*)는 고이치목 (Palaeoheterodonta) 석패과 (Unionidae)에 속하는 종으로 강, 호수의 퇴적물이 많은 부근에 서식하고 있다. 석패과에 속하는 종의 발생과정은 암컷의 생식소에서 형성된 성숙한 미수정란이 아가미의 수관을 통해 4장의 아가미중 바깥쪽 아가미에 각각 채워지고, 이 시기에 수컷의 정자가 암컷의 입수관을 통해 유입되어 바깥쪽 아가미에서 수정이 이루어진다. 이때부터 이 바깥쪽 아가미는 보육낭 (marsupium)으로 이용되어 이곳에서 배발생을 거치게

된다. 배발생이 이루어지는 과정은 해산 복족류나 부족류와 같이 모패에서 방출되어 자유유영을 하는 담류자, 껍질자 시기를 거치지 않고 이러한 상태에 해당되는 시기를 모패 내에서 보내게 된다. 이와같은 현상은 담수에서는 부유생활을 하기가 적합하지 않기 때문에 이와같은 독특한 방법으로 적응된 것으로 추측된다.

보육낭에서 성장된 배 (embryo)는 glochidium이라는 유생 형태로 일정기간 성장하여 모패로부터 출수관을 통해 방출된다. 방출된 유생은 독립 영양생활을 할 수 있는 유패가 되지 못하고 일정 기간동안 어류 등의 이동성이 강한 수서 척추동물에 부착하여 기생생활을 거친 후에 숙주에서 이탈하여 독립 영양생활을 하게된다. 석패과 패류의 유생형태를 Arey (1921)는 갈고리를 가지고 있는 형 (hooked type), 갈고리가 없는 형 (hookless type), 도끼머리 형 (axe-head type) 등으로 나누었는데

Received October 11, 1989

본 실험재료인 작은대칭이와 펄조개는 갈고리를 가지고 있는 형에 속한다.

석패과 유생의 기생에 관한 연구는 Choi등(1968)의 꽃채두드럭조개(*Lamprotula coreana*) 유생의 어체부착에 관한연구, Kwon(1981)의 대칭이(*Anodonta fukudai*) 유생의 어체부착에 관한 연구 등이 있으나 부착기간에 일어나는 유생의 세포발생학적 변화와 異種 숙주와의 관계 등에 관한 연구보고는 없기에 본인 등은 기생 동안 유생의 발생학적 변화와 異種 숙주 간의 반응등을 알아볼 목적으로 본 실험을 하였다.

## 실험재료 및 방법

### 1. 실험재료

실험재료인 작은대칭이와 펄조개는 각각 1988년 1월과 1989년 6월 의암호에서 채집하였으며 *glochidium* 기생시기 동안의 숙주로 사용된 붕어(*Carassius auratus*) 450마리, 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*) 970마리, 돌고기(*Pungtungia heizi*) 40마리를 각각 1988년 1월과 1989년 6월 의암호 상류지역인 우두동에서 채집하였다. 채집된 어류는 *glochidium*이 감염되지 않은 전장 5~10 cm 이내의 것으로 분류하여 실험실의 수조(46×68×32 cm)에서 7일간 사육후(적응후) 실험에 사용하였다.

### 2. 실험 방법

채집된 작은대칭이의 성숙한 *glochidium*을 1988년 1월 붕어 247마리가 들어 있는 수조에 뿌려 인위감염 시

키고 24시간 후 부착여부를 확인한 다음, 감염된 숙주를 같은 크기의 수조에 옮겨 부착하지 못한 *glochidium*의 새로운 감염을 방지 하였다. 그런다음, 매일 감염된 붕어 10마리씩을 취해 각부위별 부착 갯수를 헤아리고 *glochidium*의 각고, 각장, 인대길이를 측미계로 측정한 후 10% neutral formalin용액에 24시간 이상 고정한 후 paraffin method를 이용 7  $\mu$ m의 두께로 절편하여 Hematoxylin과 Eosin으로 이중염색 하였다.

또한 펄조개의 성숙한 *glochidium*을 160마리의 줄납자루에 인위감염 시킨 후 매일 10마리씩을 취해 앞의 방법과 같이 *glochidium*의 갯수와 크기 등을 측정하였고, 각각 20마리씩의 줄납자루와 돌고기에 펄조개 유생을 인위감염 시킨 후 매일 이들 어류에 부착된 *glochidium*의 수를 육안으로 헤아려 *glochidium*의 부착기간을 조사하였다.

## 결 과

작은대칭이의 성숙한 *glochidium*을 붕어에 인위감염 시킨결과 21일간의 부착기간을 나타냈으며 펄조개 *glochidium*이 줄납자루에 부착된 기간은 10일, 돌고기의 경우에는 9일로 나타났고, 펄조개 *glochidium*을 줄납자루와 돌고기에 인위감염 시킨 후 매일 부착된 *glochidium*의 갯수를 헤아려 알아본 이탈률은 Fig. 1에 나타난 것과 같다.

줄납자루와 돌고기 모두 부착 24시간 후 부터 *glochidium*의 이탈이 나타났는데 줄납자루는 계속 이탈되다가 7일 이후 급격히 이탈되는 현상을 보였고, 돌고기에서는 일정기간 지속적으로 그 수가 유지되다가 6일째 부터 완만히 이탈되는 현상을 보였다. 부착 2일후 돌고기에서 부착된 *glochidium*의 수가 약간씩 증가되는 것은 이탈된 *glochidium*이 다시 부착된 결과로 생각된다.

작은대칭이와 펄조개 *glochidium*의 각 숙주별 부착부위는 가슴지느러미가 모두 가장 높은 부착률을 보였고 아가미에도 높은 부착률을 나타냈으며 뒷지느러미가 가장 낮은 부착률을 나타냈다(Table 1, 2).

부착 전후 작은대칭이와 펄조개 *glochidium*의 크기변화에서 펄조개 *glochidium*은 변화가 없었으나 작은대칭이 *glochidium*의 크기는 다소 증가됨을 볼 수 있었다(Table 3).

작은 대칭이와 펄조개 *glochidium*은 부착기간이 경과

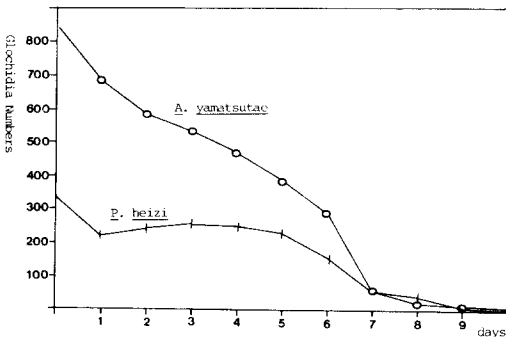


Fig. 1. The diagram of detachment period.

**Table 1.** The infectious parts of the glochidium of *Anodonta arcaeformis* to *Carassius auratus*

Infectious parts	No. of attached glochidium	Attached rate (%)
Dorsal Fin	12	1.8
Caudal Fin	95	14.5
Anal Fin	11	1.7
Pelvic Fin	201	30.5
Pectoral Fin	151	23.0
Gill	187	28.5
Total	657	100.0

**Table 2.** The infectious parts of the glochidium of *Anodonta woodiana despecta* to *Acheilognathus yamatsutae*

Infectious parts	No. of attached glochidium	Attached rate (%)
Dorsal Fin	178	10.8
Caudal Fin	159	9.6
Anal Fin	84	5.1
Pelvic Fin	148	8.8
Pectoral Fin	707	42.7
Gill	255	15.4
Others	125	7.6
Total	1656	100.0

될수록 유생의 표피는 짙은 갈색으로 변화하였고 작은대칭이 glochidium의 경우에는 2일, 펠조개 glochidium은 8일 이후 현미경 시야에서 내부기관이 일부 형성되어 가는 것을 관찰할 수 있었다. 초기에는 숙주에서 분리되어 형성되는 cyst의 발달이 미약하나 점차 두터워지는 현상이 관찰되었으나 펠조개 glochidium에서는 4일 후, 작은대칭이 glochidium에서는 16일후 cyst가 얇아짐을 볼 수 있었다. 부착전 glochidium의 내부는 폐각근만이 발달되어 있었고 (Fig. 4) 부착 후 8일이 지난 작은대칭이 glochidium의 내부에서는 형성되는 발과 내장낭이 나타났으며 12일 후에는 두터운 외투막이 관찰되었다. 14일 후의 glochidium은 위와 입수공, 출수공, 축소된 폐각근이 관찰되었으며 hook는 퇴화하여 흔적만이 남아 있었다 (Fig. 5, 6, 7).

Glochidium이 숙주에 부착할 때 유입된 숙주의 조직

**Table 3.** Change of the glochidial size of *Anodonta arcaeformis*

	Before attachment	21 days after attachment
Height	0.345mm	0.373mm
Width	0.365mm	0.386mm
Ligament	0.271mm	0.290mm

은 작은대칭이 glochidium은 4일, 펠조개의 glochidium은 7일까지 glochidium의 내부에서 관찰되었고 (Fig. 8) 이후에는 나타나지 않았다. 14일이 경과된 작은대칭이 glochidium을 재료로 PAS 반응 실험결과 glochidium을 둘러싼 cyst에는 양성반응이 나타났으나 glochidium 내부에는 음성반응이 나타났다.

작은대칭이와 펠조개 glochidium은 기관발생에서의 차이점은 없었으나 작은대칭이의 glochidium은 수온이 낮은 시기에 방출되기 때문에 수온이 높은 시기에 방출되는 펠조개 glochidium보다 부착기간이 길고 유생의 내부발생이 늦었는데 이러한 현상은 방출시기의 수온과 밀접한 관계가 있음을 보여주고 있다.

## 고 찰

성숙한 석패과 패류의 glochidium은 2장의 얇은 패각 (hinged valve)을 가지고 이 패각은 폐각근 (adductor muscle)에 의해 결합되어 있고 외투막에는 감각모 (sensory hair)가 존재하며 (Arey, 1924; Wood, 1974) 폐각근 기부에는 한개의 긴 유생사 (larval thread)가 있다. 또한 잘 발달된 갈고리 (hook)가 있으며 이 갈고리 부위에는 작은갈고리 (spine)를 많이 가지고 있다 (Kat, 1984)

모패에서 방출된 glochidium은 적절한 숙주에 감염을 해야 하는데, 감염 전까지의 생존시간은 *Lampsilis radiata* glochidium은 20°C에서 36시간, 12°C에서 144시간, 10°C에서 216시간 동안 생존하였다 (Kat, 1984). 본 실험에 사용한 작은대칭이의 glochidium은 16°C의 수온에서 72시간까지 생존하였다.

Kat(1984)는 Unionacea에 속하는 종들의 glochidium은 덩어리 모양을 하여 숙주의 먹이로 착각하게끔 되어 있고, *Lampsilis ventricosa*는 외투막을 패각 밖으

로 내놓아 마치 작은 물고기 모양을 하여 어류를 모이게 한 후 glochidium을 방출한다고 하였다. 그러나 작은대칭이와 필조개는 일정한 모양이 없이 서로의 유생사에 얽혀 수중에 길게 느리워진 상태로 있게 된다. 몸 밖으로 뻗어 있는 이 유생사는 지나가는 숙주의 몸에 휘감기게 하는 작용을 하고 숙주의 몸에 유생사로 인해 불안하게 부착된 glochidium은 곧이어 갈고리를 이용, 숙주의 지느러미나 기타 돌출된 부위를 찢어 단단히 밀착을 하며 갈고리 부위에 있는 작은갈고리가 부수적으로 더욱 견고한 부착을 돕는다고 생각된다. 또한 숙주의 아가미에 부착되는 경우는 숙주가 먹이로 착각하여 삼식하거나 아가미로 물이 유입되는 과정에서 부착하게 된다.

이렇게 숙주의 몸에 단단히 부착한 glochidium 주위에 어류의 포피 세포층이 세포분열을 하여 비후한 cyst를 형성하면서 부착된 유생이 덮히게 되고 이 cyst는 세균과 원생동물로부터 glochidium을 보호해 준다(Ellis and Ellis, 1926). 숙주에 감염된 glochidium은 2~3시간 내(Telda and Fernando, 1969) 길게는 20~36시간 내(Arey, 1921; Coker *et al.*, 1921; Toker, 1927)에 cyst 형성까지 약 4시간이 소요되었다(Fig. 2, 3). Yolkley(1979)는 *Pleurobema coratum*을 대상으로 한 13종의 숙주에 대한 부착 실험에서 몇시간에서 14~18일까지의 다양한 부착 기간을 관찰하였다. Kwon(1981)은 대칭이 유생의 숙주 부착 기간을 약 1개월로 보고하였다. 본 실험에서 숙주에서 분리된 cyst가 얇아지는 현상이 필조개 glochidium은 4일 후에, 작은대칭이 glochidium에서는 16일 후에 나타났다. 이러한 현상은 이탈시기가 가까워짐에 따라 일어나는 것 같으나 구체적인 기작에 대해서는 아직 알려진 바가 없다. Lefevre 및 Curtis(1910)와 Arey(1932a, b)는 glochidium이 숙주에서 이탈되기 전에 패각이 열리기 시작하여 glo-

chidium의 발 운동에 의해 cyst가 파열되면서 숙주로부터 이탈된다고 하였다.

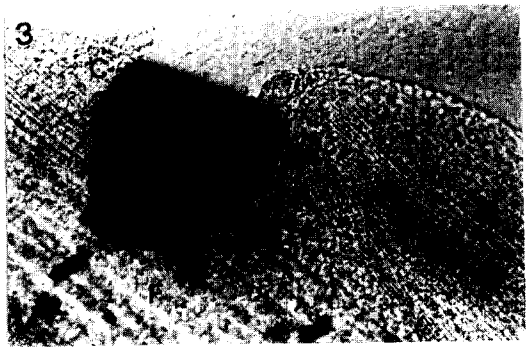
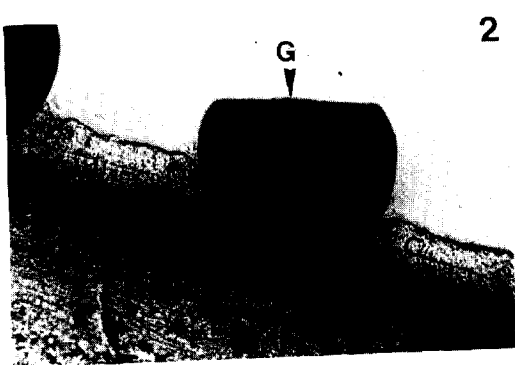
부착된 glochidium의 크기 변화에 대해 Kat(1984)는 glochidium이 부착되어 있는 동안의 성장은 각 종마다 다양하여 *Margaritifera margaritifera*의 glochidium은 크기가 약 7배로 증가하나 *Elliptio complanata*와 *Lampsilis radiata*의 glochidium은 크기가 증가하지 않았다고 한다.

기생하는 동안 glochidium의 영양분 공급에 대해, Lefevre 및 Curtis (1910)는 부착시 유입된 숙주의 조직도 glochidium의 영양원으로 사용된다고 하였으며 Ellis 및 Ellis (1926)는 감염동안 숙주에게서 영양물질을 공급 받는다고 하였고 Arey (1932a, b)도 이와 같은 내용을 보고 하였으나 결론을 얻지 못하였다.

Kat (1984)는 Unionacea의 glochidium은 적절한 숙주를 선택할 수 있는 능력이 없으며 다수의 적절한 숙주와 부적절한 숙주가 존재할 때 감염의 정도는 큰 차이가 없으나 부적절한 숙주에서는 4~7일 후에 glochidium이 이탈되어 숙주의 반응이 glochidium의 감염에 중요한 요소가 된다고 하였다. Fustish 및 Millemann (1978)과 Meyers 등(1980)이 *Margaritifera margaritifera*의 유생을 Coho salmon(*Oncorhynchus kistutch*)과 Chinook salmon (*Oncorhynchus tshawytscha*)에 인위 감염시킨 실험에서는 각 숙주에서 glochidium의 이탈현상이 glochidium감염에 대해 민감한 종은 glochidium의 기생동안 불규칙한 이탈현상을 나타내고, 둔감한 종은 일정기간 지속적인 기생시기를 거친 후 이탈현상을 보인다고 하였다. 따라서 본 실험에서 사용한 돌고기는 줄납가루에 비해 필조개 glochidium의 감염에 덜 민감한 숙주로 이용된다고 생각할 수 있고 異種 숙주의 체내에서 일어나는 생리적인 변화에 대해서도 앞으로

## Explanations for Figures

- Fig. 2.** An early stage in the encystment glochidia of *A. woodiana despecta* (30 minutes after attachment). X200.  
**Fig. 3.** A cyst nearly completed glochidia of *A. woodiana despecta* (2½ hour after attachment). X200.  
**Fig. 4.** Transverse section of glochidium of *A. arcaeformis* before attachment. X350.  
**Fig. 5.** Sasittal section, 14 days after attachment. X350.  
**Fig. 6.** Frontal section, 14 days after attachment. X350.  
**Fig. 7.** Transverse section, 14 days after attachment. X350.  
**Fig. 8.** Transverse section of glochidium of *A. woodiana despecta*, 7 days after attachment. X350.



Abbreviations

- |                      |                      |
|----------------------|----------------------|
| AM : Adductor Muscle | C : Cyst             |
| F : Fin              | HT : Host Tissue     |
| IS : Inhalant Siphon | ES : Exhalant Siphon |
| H : Hook             | G : Glochidium       |
| IT : Intestine       | VM : Visceral Mass   |
| F : Foot             | S : Shell            |

연구되어야 할 과제로 생각한다.

Choi 등(1968)의 꾀뚝드럭조개 glochidium을 피라미에 인위감염시킨 실험에서 꼬리지느러미가 40.5%로 가장 높은 부착률을 보였고, Kwon(1981)은 5종의 어류에 대한 대칭이 glochidium의 부착률을 관찰하였다고 한다. 이러한 glochidium의 부착부위는 숙주의 각 지느러미 면적에도 영향이 있겠으나 숙주의 행동습성에 의해서 많은 차이가 있는 것 같다. 본 실험 결과 아가미에서도 glochidium의 높은 부착률이 나타나는 것은 부착 후 glochidium을 떼어내려는 숙주의 물리적인 움직임에 충분히 보호 받을 수 있는 부위이기 때문인 것으로 생각된다.

## 요 약

의암호에서 채집된 작은대칭이(*Anodonta arcaefor-mis*)와 펄조개(*Anodonta woodiana despecta*)의 유생을 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae*), 돌고기(*Pungtungia heizi*), 붕어(*Carassius auratus*)를 숙주로 하여 인위 감염시킨 결과는 다음과 같다.

1. 펄조개 glochidium의 부착기간은 줄납자루, 돌고기에 각각 10일과 9일이었고 작은대칭이 glochidium은 붕어에 21일간 부착하였다.
2. 펄조개, 작은대칭이 glochidium은 숙주의 가슴지느러미와 아가미에 높은 부착률을 나타내었다.
3. 펄조개 glochidium의 부착전과 후의 크기 변화는 없었으나 작은대칭이 glochidium의 경우는 각고, 각장, 인대길이의 부착전 평균 크기가 0.345 mm, 0.365 mm, 0.271 mm에서 21일 이후 이탈 직전의 평균 크기는 0.373 mm, 0.386 mm, 0.290 mm로 외형적인 크기 증가를 나타내었다.
4. 펄조개 glochidium 감염에 대한 숙주의 민감성은 줄납자루가 돌고기보다 높게 나타났다.
5. 펄조개 glochidium은 부착후 2일, 작은대칭이는 8 일째부터 기관 형성을 관찰할 수 있었다.

## 참 고 문 헌

Arey, L.B. (1921) An experimental study on glochidia and the factors underlying encystment. *J. Exp. Zool.*, **33**(2): 463-499  
 Arey, L.B. (1924) Glochidial cuticulae, teeth and me-

chanics of encystment. *J. Morph.*, **39**: 323-335  
 Arey, L.B. (1932a) A microscopical study of glochidial immunity. *J. Morph.*, **53**: 367-379  
 Arey, L.B. (1932b) The formation and structure of the glochidial cyst. *Biol. Bull.*, **62**(3): 212-221  
 Choi, K.C., Choi, S.S. and Kwon, O.K. (1968) On the attachment of glochidia of *Lamprotula coreana* to the infections fish body. *Korean. J. Zool.*, **11**(1): 1-4  
 Coker, R.E., Shira, A.F., Clark, H.W. and Howard, A.D. (1921) Natural history and propagation of freshwater mussels. *Bulletin of the United States Bureau of Fisheries*, **37**: 75-181  
 Ellis, M.M. and Ellis, M.D. (1926) Growth and transformation of parasitic glochidia in physiological nutrient solution. *Science*, **54**(1667): 579-580  
 Fustish, C.A. and Millemann, R.E. (1978) Glochidiosis of salmonid fish: 2. Comparison of tissue response of Coho salmon and Chinook salmon to experimental infection with *Margaritifera margaritifera* (L.) (Pelecypoda: Margaritanidae). *J. Parasitol.*, **64**: 155-157  
 Kat, P.W. (1984) Parasitism and Unionacea (Bivalvia). *Biol. Rev.*, **59**: 189-207  
 Kwon, O.K. (1981) On the attachment of the glochidia of *Anodonta fukudai* to the fish. *Kor. J. Limn.*, **14**(3-4): 21-25  
 Lefevre, G. and Curtis, W.C. (1910) Reproduction and parasitism in the Unionidae. *J. Exp. Zool.*, **9**: 79-115  
 Meyers, T.R., Millemann, R.E. and Fustish, C.A. (1980) Glochidiosis of salmonid fish. 4. Humoral and tissue responses of Coho and Chinook salmon to experimental infection with *Margaritifera margaritifera* (L.) (Pelecypoda: Margaritanidae). *J. Parasitol.*, **66**(2): 274-281  
 Telda, S. and Fernando, C.H. (1969) Observation on the glochidia of *Lampsilis radiata* (Gmelin) in testing the Yellow Perch, *Perch flavescens* (Mitchill) in the bay of Quinte, Lake Ontario. *Canadian J. Zool.*, **44**: 705-712  
 Tucker, E. (1927) Studies on the life cycles of freshwater mussels belonging to the genus *Anodonta*. *Biol. Bull.*, **54**: 117-127  
 Wood, E.M.K. (1974) Development and morphology of the glochidia larva of *Anodonta cygnea* (Mollusca: Bivalvia). *J. Zool., London*, **173**: 1-13  
 Yokely, P. Jr. (1979) Life history of *Pleurobenma coratum* (Bivalvia: Unionacea). *Malacologia*, **11**(2): 351-364