Korean J. Ichthyol. 6(1), 51~59, 1994. 韓魚誌, 6(1), 51~59, 1994.

석패과 유생의 어체부착과 어류의 피낭형성

송 호 복·권 오 길
강원대학교 자연과학대학 생물학과

석패과(Unionidae) 패류 유생의 어체부착과 이에 따른 어류의 피낭형성에 관하여 조사 연구한 결과는 다음과 같다. 말조개와 펄조개 유생의 형태는 모두 둥근 삼각형으로 유생사(larval thread), 갈고리(hook), 작은갈고리(hooklet), 감각모(sensory hair) 등의 부착기관을 가지고 있었다. 어류의 식성이나 서식장소에 관계없이 유생의 부착과 어류의 피낭 형성을 관찰할 수 있었다. 줄납자루에 패류 유생을 부착시킨 결과 가슴지느러미, 등지느러미, 아가미, 꼬리지느러미 등의 순으로 높은 부착률을 보였으며 26±1℃의 온도 조건하에서 6-10시간만에 피낭이 완성되어 유생을 완전히 둘러쌌으며 5-6일째에 피낭이 느슨해지면서 유생이 탈락하였다.

서 론

납자루아과(Acheilognathinae) 어류와 중고기속(*Sarcocheilichthys*) 어류는 일부 석패과(Unionidae) 패류의 반새(demibranch)와 체강(pallial cavity)에 산란을 하고 조개 안에서 난발생 과정과 전기 자어기를 보낸후 조개 밖으로 나와 유영생활을 하는 특이한 습성을 가진 반면(內田, 1939 ; 정, 1977 ; Schmidt, 1982 ; Nagata, 1985), 석패과 패류는 독립영양생활의 능력이 없는 유생(glochidium)을 수중에 방출하여 어류 등의 수생동물에 부착, 일정기간 기생생활을 거친 후 숙주로 부터 이탈하여 독립생활을 하는 상호관계를 가지고 있다(최 등, 1968 ; Mayer *et al.*, 1980 ; Kat, 1984). 그러나 납자루아과 어류와 중고기속 어류가 선택적으로 일부 석패과 패류를 산란숙주로 이용하는데 반해(송 · 권, 1989), 석패과 패류의 유생은 어류에 대한 선택성 없이 대부분의 어류에 부착하는 것으로 알려져 있다(Coker *et al.*, 1921 ; Trdan and Hoeh, 1982). 한편 석패과 패류의 유생이 어류의 체표면에 부착하게 되면 어류는 이물질의 침해에 대한 방어기작으로 피낭(cyst)을 형성하게 된다(Arey, 1921 ; Telda and Fernando, 1969 ; Jeong, 1989).

본 연구는 납자루아과 어류와 석패과 패류의 상호관계 연구의 일환으로 의암호에 서식하고 있는 *Acheilognathus yamatsutae*(줄납자루)와 석패과 패류인 *Unio douglasiae*(말조개)와 *Anodonta woodiana*(펄조개)의 유생 방출시기와 유생의 형태, 유생의 어체부착 부위 그리고 유생의 부착에 따른 어류의 피낭형성 등에 관하여 조사하였다.

재료 및 방법

패류의 유생을 관찰하기 위하여 채집한 *U. douglasiae*와 *A. woodiana*로 부터 성숙한 유생을 채취하여 주사전자현미경(Hitach S-2500)의 관찰을 위한 시료를 제작하였고, *A. woodiana* 유생의 일부를 어류가 들어 있는 수조에 넣고 10분간 노출(부착)시켰다. 패류 유생의 부착 숙주로 사용된 *A.*

*yamatsutae*는 전감염에 의한 면역성 등을 고려하여(Mayers *et al*., 1980) 성어를 채집, 인공수정 후 실험실내에서 사육한 체장 35-45mm의 미성어 200여마리를 사용하였으며 유생의 어류부착시 어류선택성의 여부를 조사하기 위하여 의암호유역에서 채집한 20종의 어류도 함께 숙주로 사용하였다. 유생의 재부착을 방지하기 위하여 유생이 부착된 어류를 각각 다른 수조(120×30×70cm)에 옮긴 후 실험에 임하였으며 수온은 26±1℃를 유지하였다. 20종의 어류는 1일 후 유생의 부착과 피낭형성의 유무만을 확인하였고, *A. yamatsutae*는 유생 부착 1시간 후 20개체를 사용하여 유생의 어체 부위별 부착률을 조사하였으며 매일 10개체씩 부착된 유생의 수를 헤아려 유생의 탈락률과 부착기간을 조사하였다.

유생 부착 후 어류의 피낭형성 과정을 조사하기 위하여 시간별(감염 후 30분, 2시간, 5시간, 10시간, 1일, 2일, 4일, 6일)로 5개체씩을 취한 후 유생이 부착된 지느러미를 떼어 내어 주사전자현미경의 관찰을 위한 시료를 제작하였다.

본 실험에 사용된 어류와 패류는 강원도 춘천시에 위치한 의암호와 의암호 유역에서 채집하였다.

결과 및 고찰

1. 유생의 방출시기

국내에 서식하는 *U. douglasiae, Unio douglasiae sinuolatus*(작은말조개), *A. woodiana, Lanceolaria acrorhyncha*(칼조개) 그리고 *Lamprotula gottschei*(곳체두드럭조개) 등 대부분의 석패과가 하계 산란종으로 5-8월이 산란기이며(박, 1992) 유생의 방출 시기가 석패과를 주된 산란 숙주로 이용하는 어류의 생활환(life cycle)과 밀접한 관계가 있어 납자루아과와 중고기속의 산란기인 4-8월과 일치하는 경향을 보인다(內田, 1939 ; 정, 1977 ; 최 등,1990). 한편 납자루아과 어류는 산란기 동안에 조개를 중심으로 세력권을 정하고 세력권방어행동을 하며 암컷을 유인하여 산란행동을 하는 등 주로 조개 주위에서 생활이 이루어지는데 패류는 이 시기에 유생을 방출하여 유생의 부착기회를 높이는 것으로 생각된다. 한편 동계 산란종인 *Anodonta arcaeformis*(대칭이)와 *A. arcaeformis flavotincta*(작은대칭이) 등은 월동을 위해 어류들이 군을 형성했을 시에 유생을 방출하는 것으로 보인다. Hynes(1970)와 Davenport and Warmuth(1965)는 석패과의 일종은 어류의 수심별 이동, 산란시기의 이동, 무리형성, 소하성 어류의 소하시기와 강해시기 등과 일치시켜 유생을 방출함으로서 유생의 부착기회를 높인다고 하였으며, Gross and Nowell(1980)과 Kat(1984)에 의하면 *Ambloplites rupestris*는 산란기에 산란소(nest)와 세력권을 석패과가 주로 서식하는 장소에 형성하는데 이 시기에 패류는 유생을 방출하여 부착 기회를 높인다고 보고한 바 있다. 또한 일부 종은 유생의 형태나 패의 일부분을 숙주어류의 먹이와 유사하게(mimicry) 하여 어류를 유인 부착율을 높인다는 보고도 있다(Chamberlain, 1934 ; Kraemer, 1970).

2. 유생의 형태

*U. douglasiae*와 *A. woodiana*를 대상으로 유생의 형태를 조사한 바 *U. douglasiae* 유생의 패각의 크기는 175×160×134μm(각장×각고×각폭)로 둥근 삼각형이었으며, 표면이 비교적 매끄러운데 비해(Plate 1-1, 2) *A. woodiana* 유생의 패각은 252×270×120μm로 *U. douglasiae*의 패각보다는 좀더 크고 납작한 삼각형이었으며 패각의 표면에 수많은 작은 구멍이 나 있었다(Plate 1-6). 두종 모두 유패(larval shell)의 앞부분에 날카로운 갈고리(hook)와 수십개의 작은갈고리

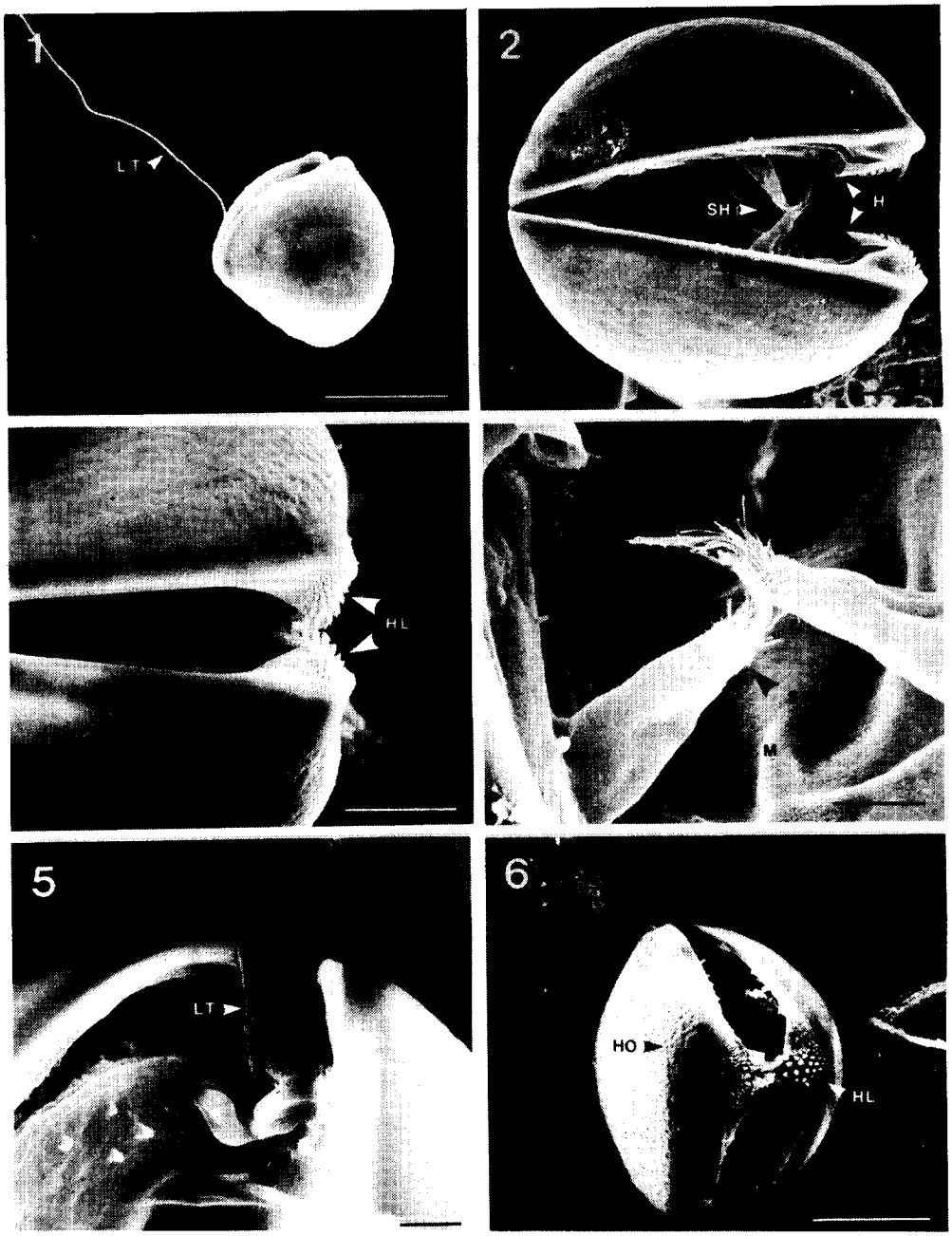

Plate 1. Morphology of the mature glochidia of *Unio douglasiae* and *Anodonta woodiana*.
1 : Morphology and larval thread in glochidium of *U. douglasiae*, 2 : Lateral view of glochidium(*U. douglasiae*), 3 : Hook and hooklet of glochidium(*U. douglasiae*), 4 : Glochidium(*U. douglasiae*) with sensory hair on the mantle cells, 5 : Larval thread of glochidium(*U. douglasiae*), 6 : Glochidium of *A. woodiana*, showing numerous holes.
H : hook, HL : hooklet, HO : hole, LT : larval thread, M : mantle, SH : sensory hair.
Scales indicate : 1, 6=100μm ; 2, 3=30μm ; 4, 5=10μm.

(hooklet)를 가지고 있었으며(Plate 1-2, 3, 6), 내부의 외투막에는 감각모(sensory hair)를 가지고 있었고 ***U. douglasiae***에서는 양쪽에 하나씩 두개의 감각모가 관찰되었는데 그 끝은 매우 가는 감각모의 다발로 이루어져 있었다(Plate 1-2, 4). 또한 모두 긴 유생사(larval thread)를 가지고 있었다(Plate 1-5).

3. 유생의 어류부착

모패에서 수중에 방출된 유생은 유생사를 늘어뜨리고 수중을 떠다니다가 어류 등과 같은 숙주와 일차 접촉을 하게 되고 이차적으로 감각모, 갈고리, 작은갈고리 등을 이용하여 숙주에 견고하게 부착하게 된다(Arey, 1924 ; Wood, 1974 ; Kat, 1984).

본 실험에 사용한 20종의 어류에서는 식성(초식성, 잡식성, 육식성)이나 서식장소(유수성, 정수성)에 관계없이 유생의 부착과 피낭형성을 관찰할 수 있었으나(Table 1) ***Nemacheilus toni***(종개)에서는 부착과 피낭형성이 미비하였는데 이는 ***N. toni***의 체표면에는 타어종에 비해 점액질이 풍부하

Table 1. Relationships between the feeding habit and habitat of the fishes and the cyst formation of the glochida attachment to fishes

Species	Formation of cyst	Feeding habits	Water condition
Cyprinidae			
C. carpio	+	O	S
C. auratus	+	O	S
R. ocellatus	+	O	S
R. uyekii	+	O	S
P. parva	+	O	S
S. nigripinnis morii	+	O	S
P. herzi	+	O	S, R
C. splendidus	+	C	R
S. gracilis majimae	+	O	S
M. yaluensis	+	H	R
M. longidorsalis	+	H	R
M. oxycephalus	+	O	R
Z. platypus	+	H	S, R
Cobitidae			
M. anguillicaudatus	+	O	S
C. koreensis koreensis	+	O	R
N. toni	-	O	R
Oryzidae			
O. latipes sinensis	+	O	S
Serranidae			
C. herzi	+	C	R
Gobiidae			
R. brunneus	+	C	S, R
C. annularis	+	C	S, R

+ : Formation of cyst, - : No formation of cyst, O : Omnivore, H : Herbivore, C : Carnivore, S : Still water, R : Running water

여 유생이 어류의 조직에 부착하는데 장해가 되기 때문으로 생각된다. Kat(1984)는 어종을 식성에 따라 분류하면서 연체동물을 섭식하는 어류는 식물성이나 곤충류 그리고 다른 어류를 섭식하는 종보다 감염되는 유생의 종 수가 매우 적음을 보고하였으며 이는 유생의 선택적인 부착에 의한 것이 아니라 숙주의 특성에 기인하는 것이라고 보고한 바 있다.

*A. yamatsutae*에 유생을 감염시킨 1시간 후 숙주 20개체에 부착한 유생의 총수는 1,018개였으며 1개체당 평균 50.9개의 부착 수를 보였다. 어체의 각 부위별 부착률은 가슴지느러미가 32.7%로 가장 높은 부착률을 보였으며 등지느러미에 18.3%, 아가미에 14.1%, 꼬리지느러미에 9.1%의 순이었으며 외비공이나 입수염, 체표면, 산란관 등에도 부착이 관찰되었다(Table 2). 아가미에 높은 부착률을 보이는 것은 어류의 호흡운동이나 먹이로 오인되어 흡입된 것들이 아가미에 부착된 것으로 생각된다. 최 등(1968)은 *Z. platypus*(피라미)에 *Lamprotula coreana*(두드럭조개)의 유생을 감염시켜 꼬리지느러미와 가슴지느러미의 순으로 부착하였다고 보고하였으며 권(1981)은 5종의 어류에 *A. fukudai*(*A.arcaeformis*)의 유생을 감염시킨 결과 가슴지느러미에 가장 높은 부착률을 보였으며, 이 등(1989)은 *Carassius auratus*(붕어)에서는 배지느러미에, *A. yamatsutae*는 가슴지느러미와 아가미의 순으로 높은 부착율을 보였다고 보고한 바 있다. 또한 박(1992)은 *C. auratus*에 *A. arcaeformis flavotincta*의 유생을 감염시켜 역시 가슴지느러미에 높은 부착률을 보였다고 보고한 바 있는데 어류의 각 부위에 따라 부착률이 다른 것은 유생 부착시 부착용이성의 여부와 지느러미의 수와 크기, 어류의 유영층과 유영습관 등에 의한 차이로 생각된다.

유생 부착후 매일 10개체의 어류를 임의 선택하여 조사한 유생의 탈락 수와 부착기간은 Fig. 1과 같다. 감염직후의 유생부착수는 509개였으며 시간이 경과함에 따라 탈락하기 시작하여 1일째에는 27개, 2일째에는 87개, 3일째에는 198개 그리고 4일째에는 280개가 탈락하여 전체 부착수의 55%가 탈락하였고 5일째에는 488개가 탈락 95.9%의 매우 급격한 탈락율을 보였으며 6일째에는 503개체가 탈락하여 98.8%의 탈락율을 보였고 7일째에는 부착한 모든 유생이 탈락하였다. 초기 4일째까지는 완만한 탈락율을 보이다가 5일째에 급격한 탈락율을 보이는 것으로 보아 26±1℃의 온도조건하에서 5-6일간의 부착기간을 갖는 것으로 보인다. 실험실 내에서 인위감염시 유생의 중감염에 의해 어류가 죽는 경우도 있었으며 부착한 유생을 떼어 내기 위해 모래바닥이나 돌 등에 몸을 스치는 행동을 흔히 볼

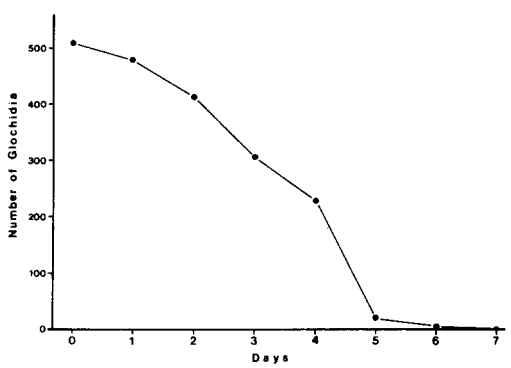

Fig. 1. Detachment time atter attachment of glochidia on fish(*A. yamatsutae*).

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

	Jaw	Gill	Operculum	Pectoral fin	Pelvic fin	Dorsal fin	Anal fin	Caudal fin	Other part
Number	34	144	75	333	63	186	41	93	49
Rate(%)	3.3	14.1	7.4	32.7	6.2	18.3	4.0	9.1	4.8

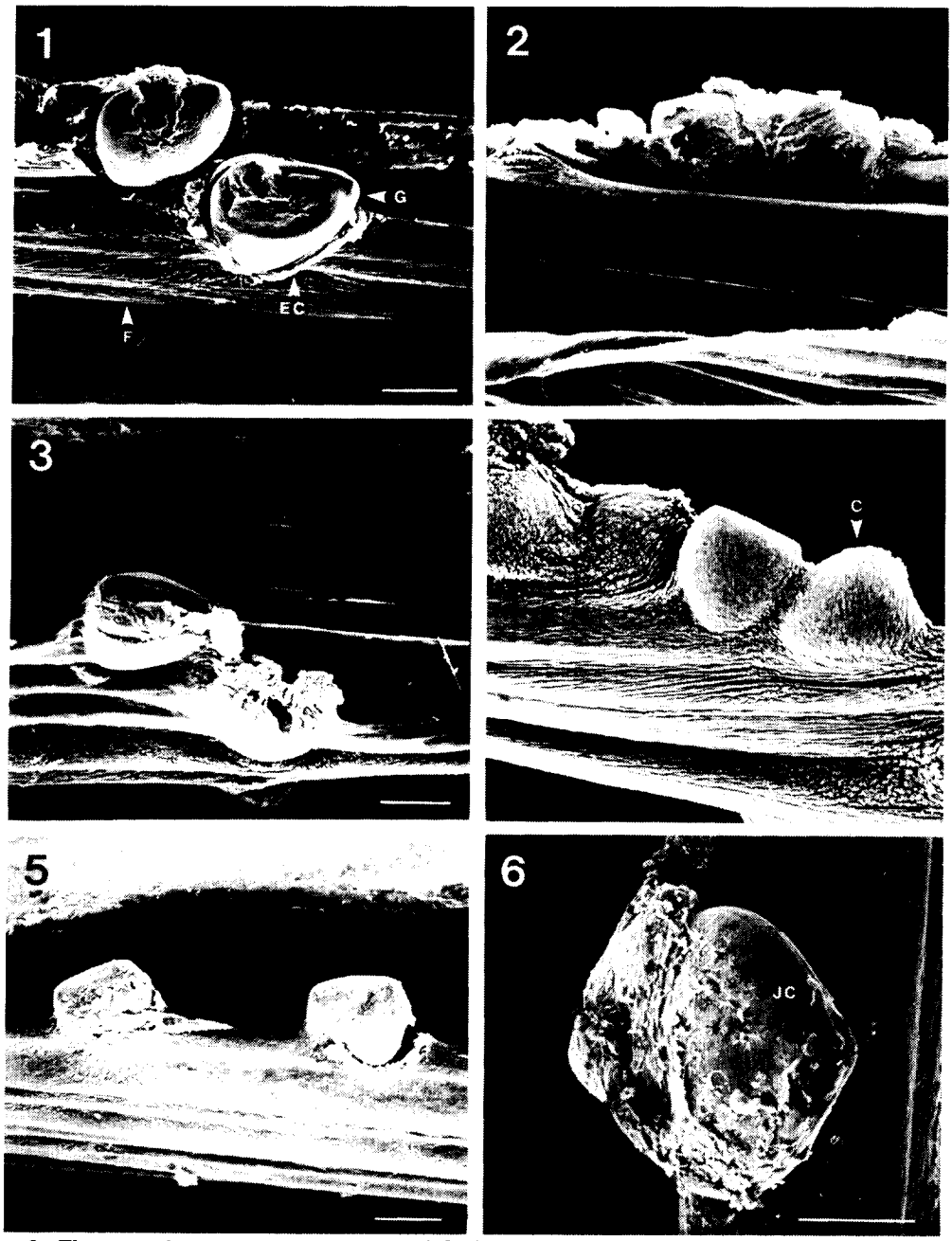

Plate 2. The cyst formation of host fish, ***Acheilognathus yamatsutae*** to the glochidia attachment.

1 : 30minutes after infection, the glochidia attached to the host fish fin, 2 : 2 hours after infection, 3 : 5 hours after infection, 4 : 10 hours after infection, attached glochidia is completely surrounded by host tissue, 5 : 4-5 days after infection, the epithelial tissues of the host fish are beginning to take off, 6 : 5-6 days after infection, almost all of the glochidium is separated from the cyst.

C : cyst, EC : epithelial tissue, F : host fish fin, G : glochidium, JC : juvenile clam. Scales=150μm.

수 있었고 이로 인해 숙주어류의 일부 조직이 떨어져 나가는 것이 관찰되었는데 초기에 탈락하는 유생들 중에는 이러한 숙주의 물리적인 운동에 의한 탈락이 대부분일 것으로 생각된다.

유생이 숙주에 부착해 있는 기간은 수온과 어류와 패류의 종에 따라 많은 차이가 난다고 보고되었는데 Zale and Neves(1982)는 15-21℃에서 여러 종의 어류에 석패과 유생을 감염시킨 결과 2-17일의 다양한 부착기간을 보였다고 보고하였으며 Jeong and Oh(1991)는 17-20℃에서 ***A. fukudai***(***A.arcaeformis***)의 유생을 ***A. yamatsutae***에 감염시켜 12-15일간의 부착기간을 보였으며 박(1992)은 16℃에서 ***A. arcaeformis flavotincta***의 유생이 ***C. auratus***에 13-15일간의 부착기간을 가졌다고 보고한 바 있다.

4. 어류의 피낭형성

패류의 유생이 어류에 부착하여 어류의 조직에 상처를 내게 되면 어류의 상피조직이 부착된 유생을 둘러싸 피낭(cyst)을 형성하게 되며 유생은 피낭내에서 변태기를 거친후 이탈하게 된다. 수온 26±1℃의 조건하에서 어류의 지느러미에 유생이 부착한 후 시간별 어류의 피낭형성 과정과 유생의 이탈과정은 다음과 같다(Plate 2).

유생부착 30분 후에는 피낭의 형성은 볼 수 없었으나 어류의 상피조직에 약간의 변화를 감지할 수 있었고(Plate 2-1) 부착후 2시간 후에는 상피조직이 유생을 일부 둘러싸고 있었다(Plate 2-2). 부착후 5시간에는 피낭형성의 정도가 차이를 보이기는 하나 피낭이 거의 완성되어 일부분만을 남기고 유생을 덮었으며(Plate 2-3) 부착후 10시간에는 상피조직이 유생을 완전히 둘러싸 피낭의 형성이 이루어진 상태였는데(Plate 2-4) 이것으로 미루어 보아 6시간에서 10시간 사이에 피낭형성이 완성되는 것으로 보인다. 유생부착후 4-5일째에 피낭을 형성한 상피조직에 변화가 일어나 조직이 느슨해지고 유생의 일부분이 드러나기 시작하였으며(Plate 2-5) 5-6일째에는 상피조직이 거의 사라지고 유생이 노출된 것을 볼 수 있었다(Plate 2-6).

숙주어류의 피낭형성 시간은 20-36시간(Arey, 1921 ; Coker ***et al.***, 1921 ; Tucker, 1927), 2-3시간(Telda and Fernando, 1969)등 보고자에 따라 많은 차이를 보여주고 있으며 Jeong (1989)은 20℃에서 guppy에 3-4시간으로, Jeong and Oh(1991)는 17-20℃에서 ***A. yamatsutae***에 21-25시간으로 보고하였으며 박(1992)은 16℃에서 ***C. auratus***에 24-27시간으로 보고한 바 있는데 피낭형성에 대한 소요시간은 어류에 따른 종 특이성 보다는 유생부착 당시의 온도 조건에 크게 영향을 받는 것으로 보인다. 또한 일차 유생에 감염되었던 어류에 유생을 재감염시켰을 경우 피낭형성이 매우 느려 24시간이 경과한 후에도 1/2-2/3가량 밖에는 생성되지 않았는데 이는 일차감염에 의한 어류의 면역성 획득에 기인하는 것으로 생각된다(Meyers ***et al.***, 1980).

인 용 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 cystment. J. Morphol. 39 : 323-335.

Arey, L. B. 1932. The formation and structure of the glochidial cyst. Biol. Bull. 62 : 212-221.

Chamberlain, T. K. 1934. The glochidial conglutinates of the Arkansas Fanshell, ***Cyprogenia alberti***(Conrad). Biol. Bull. 66 : 55-61.

최기철, 최신석, 권오길 1968. 두드럭조개(*Lamprotula coreana*)에 관한 생태학적 연구, 유생(glochidia)의 어체부착에 관하여. 동학지. 11 : 1-4.

최기철, 전상린, 김익수, 손영목. 1990. 원색 한국담수어도감. 향문사. pp. 1-257.

Coker, R. E., A. A. Shira, H. W. Clark and A. D. Howard. 1921. Natural history and propagation of freshwater mussels. Bull. U. S. Bureau Fish. 37 : 77-81.

Davenport, D. and M. Warmuth. 1965. Notes on the relationship between the freshwater mussel Anodonta implicata Say and the Alewife *Pomolobus pseudoharengus*(Wilson). Limnol. and Oceanogr. 10 : 74-78.

Gross, M. T. and W. A. Nowell. 1980. The reproductive biology of Rock Bass, *Ambloplites rupestris*(Centrarchidae), in Lake Opinicon, Ontario. Copeia. 1980 : 482-494.

Hynes, H. B.N. 1970. The ecology of running water. University of Toronto Press, Toronto.

Jeong, K. H. 1989. An ultrastructural study on the glochidium and glochidial encystment on the host fish. Kor. J. Malacol. 5 : 1-9.

Jeong, K. H. and Y. S. Oh. 1991. A scanning electron microspic study of the glochidial encystment on the host fish(2). Kor. J. Malacol. 7 : 76-86.

정문기. 1977. 한국어도보. 일지사. pp. 174-202.

Kat, P. W. 1984. Parasitism and the Unionacea(Bivalvia). Biol. Rev. 59 : 189-207.

Kraemer, L. R. 1970. The mantle flat in three species of *Lampsilis*(Pelecypoda : Unionidae). Malacology 10 : 225-282.

권오길. 1981. 의암호의 패류에 관한 연구(1). *Anodonta fukudai* 유생의 어류부착에 관하여. 육수지. 14 : 21-25.

이준상, 박갑만, 송호복, 박제철, 권오길. 1989. 의암호에 서식하는 작은대상이(*Anodonta arcaeformis*)와 펄조개(*Anodonta woodiana despecta*) 유생의 기생에 대하여. 패류지. 5 : 29-34.

Meyers, T. R., R. E. Millemann and C. A. Fustish. 1980. Glochidiosis of salmonid fishes. Ⅳ. Humoral and tissue responses of coho and chinook salmon to experimental infection with *Margaritifera margaritifera*(L.) (Pelecypoda : Margaritanidae). J. Parasitol. 66 : 274-281.

Nagata, Y. 1985. Estimation of population fecundity of the bitterling, *Rhodeus ocellatus*, and ecological significance of its spawning habit into bivalves. Jap. J. Icthyol. 32 : 324-334.

박갑만. 1992. 한국산 담수석패과의 비교 연구. 강원대학교 대학원 박사학위논문. pp. 122.

Schmidt, R. E. 1982. Biology of the European bitterling *Rhodeus sericeus*(Pisces : Cyprinidae) in the Bronix river. New York, USA : An apparently benign exotic species. Biology Conservation 24 : 157-162.

송호복, 권오길. 1989. 의암호에 서식하는 줄납자루(*Acheilognathus yamatsutae* Mori)의 산란 및 발생 특성에 관한 연구. 육수지. 22 : 51-70.

Telda, S. and C. H. Fernando. 1969. Observations on the glochidia of *Lampsilis radiat*a (Gmelin) infesting the yellow perch, *Perca flavescens*(Mitchill) in the Bay of Quinte, Lake Ontario. Can. J. Zool. 47 : 705-712.

Trdan, R. J. and W. R. Hoeh. 1982. Eurytopic host use by two congeneric species of freshwater mussel(Pelecypoda : Unionidae : *Anodonta*). ibid. 108 : 381-388.

Tucker, E. 1927. Studies on the life cycle of two species of fresh water mussels belonging to the genus *Anodonta*. Bio. Bull. 54 : 117-127.

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.

Wood, E. M. 1974. Development and morphology of the glochidium larva of *Anodonta cygnea* (Mollusca : Bivalvia). J. Zool. London. 172 : 1-13.

Zale, A. V. and R. Neves. 1982. Fish host of four species of lampsiline mussels(Mollusca : Unionidae) in Big Moccasin Creek, Virginia. Can. J. Zool. 60 : 2535-2542.

Glochidial attachment and cyst formation on the fish

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

Morphology of glochidia of two species of Unionidae mussels, ***Unio douglasiae*** and ***Anodonta woodiana*** were studied based on SEM, and their attachment on ***Acheilognathus yamatsutae***(Acheilognathinae) was observed in the experimentally infected fishes. The glochidia were round-triangle in shape and possessed larval threads, hooks, hooklets, and sensory hairs. Glochidal attachment and cyst formation of the fish were observed without regard to feeding habit and habitat. Density of glochida on the fish (***Acheilognathus yamatsutae***) was in the order of pectoral fin, dorsal fin, gill and caudal fin. The host fish became encysted about 5-10 hours to the glochidia, and the glochidia detached about 5-6 days after attachment at water temperature 26±1℃.