

한국산 줄종개 *Cobitis striata* (미꾸리과)의 정소 및 정자의 구조

김 익 수 · 박 종 영
전북대학교 자연과학대학 생물학과

저서성 어류인 *Cobitis striata*의 정소는 좌우 한쌍의 가늘고 긴 촛대모양으로서 체벽에 매달려 있다. 또한 미성숙한 정소는 규칙적인 배열을 하는 많은 정소엽으로 구성되어 있으나 성숙된 정소에서는 복잡한 망상구조(network)를 보였다. *C. striata*의 정자는 첨체가 없어 수중으로 배정되는 무첨체 수중형(anacrosomal aquasperm)이며, 구형의 핵을 갖는다. 중편은 길이가 약 $0.8\mu\text{m}$ 으로서 아주 짧았으며, ring모양의 미토콘드리아가 5~8개 존재하였다. 편모는 하나로서 전형적인 9+2구조를 보이며 돌기물(fin)이 없는 특징을 보였다.

서 론

미꾸리과(Cobitidae)에 속하는 기름종개속 *Cobitis*어류는 구북부의 담수역에 널리 분포하는 소형 어류로서 현재 국내에는 9종이 보고되었다(Kim, 1980 ; Kim and Lee, 1988 ; 김 · 강, 1993). 그 가운데 줄종개는 처음 일본에서 일본 고유어인 *Cobitis taenia striata*로 기재 발표하였으나(池田, 1936), Kim(1980)은 우리나라 섬진강에서 출현함을 기록하였고, 그 후 이에 관한 분류학적 검토 결과 아종이라기 보다는 종으로 분류하는 것이 타당하다고 보고하였다(Kim and Lee, 1988). 한편 일본에서도 3개의 種群인 *Cobitis* sp. L, *Cobitis* sp. S, *Cobitis* sp. M으로 구분하여 종으로 사용하고 있다(川那 · 水野, 1989).

국내에 출현하는 *Cobitis*속 어류는 종간에 형태와 생태 및 지리적 분포가 잘 구별되어 생물학적으로 주목되어 그 가운데 일부 종의 생식소에 대한 조직학적 조사(Kim and park, 1992, 1993, 1995, 1996)가 이루어졌다. 더우기 어류 정소의 구조 및 정자의 비교형태에 관한 많은 보고가 이루어지면서 정자의 미세구조는 특히 문제시 되는 분류군의

분류학적 위치뿐 아니라 그들의 유연관계를 조사하는데 유용한 도구로 이용되고 있다(Baccetti, 1970 ; Jamieson, 1991 ; Mattei, 1991 ; Matteri and Thiaw, 1993 ; Fishelson *et al.*, 1990 ; Fishelson, 1995). 그러나 미꾸리과 어류에 있어서는 *Acanthopthalmus semicinctus*(Jamieson, 1991)와 미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus*(윤 등, 1993)에서만 정자의 미세구조가 보고되었을 뿐 *Cobitis*속 어류의 정소 및 정자에 관한 연구는 전혀 없었다. 본 연구는 *Cobitis*속 어류의 생식생물학에 관한 조사 연구의 일환으로 먼저 *Cobitis striata*의 정소와 정자의 미세구조의 조사를 통하여 이 종에 관한 새로운 기초자료를 얻고자 한다.

재료 및 방법

*C. striata*는 섬진강 수역인 전라북도 임실군 관촌면 일대에서 1987년 5월부터 1995년 8월까지 족대(망목 $5 \times 5\text{mm}$)로 채집하였다. 채집된 100개체 중 80개체는 광학현미경 조사, 20개체는 전자현미경 조사에 사용하였으며 이들의 체장분포는 약 46~75mm이었다. 정소의 광학현미경적 조사를

위해 10% 포르말린액에 고정된 정소를 꺼내 alcohol series로 탈수시킨 후 일반적인 paraffin 포매법으로 포매하였다. Microtome(Reichert Jung)을 이용하여 5 μ m와 7 μ m 두께로 자른 후 Harris's hematoxylin과 alcoholic eosin으로 이중염색하였다. 염색된 표본은 광학현미경(Nikon SE)으로 관찰한 후 조직용 광학현미경(Nikon Microphot-Fax)으로 촬영하였다. 정자의 투과전자현미경적 관찰을 위해 채집된 어류들을 MS222로 마취시킨 후 정소를 꺼내 1~4mm크기로 자른 후 phosphate buffer(pH 7.4)에 회석한 2.5% glutaraldehyde에 1~48시간 전고정시켰다. 전고정된 정소 조직들은 phosphate buffer로 수세한 다음 1% osmium tetroxide에 2시간 후고정시키고 graded alcohol series로 탈수시켰다. Epon 812를 이용하여 각 조직들을 포매하고 초박절기(ultramicrotome)를 이용하여 일차적으로 후박절편(semithin section)을 하였다. 이러한 절편들은 다시 1% toluidine blue로 염색하여 광학현미경으로 1차 검정한 후 초박절편(ultrathin section)을 하였다. 이러한 초박절편들은 uranyl acetate와 lead citrate로 염색하여 투과전자현미경(JEOL - 1200EX)으로 관찰하였다. 주사전자현미경적 관찰을 위해 MS222로 마취시킨 후 정소를 꺼내 1~4mm 크기로 잘라 phosphate buffer(pH 7.4)에 회석시킨 2.5% glutaraldehyde에 1~72시간 전고정시킨 후 phosphate buffer로 수세한 다음 1% osmium tetroxide에 2시간 후고정시켰다. 고정된 각 생식소 조직들은 graded alcohol series를 이용하여 탈수시킨 다음 초산인아밀(isoamyl acetate)에 침투시킨 후 액화 CO₂에서 임계점 건조시켰다. 건조된 조직들은 gold로 증착(coating)시켜 주사전자현미경(JEOL JSM - T330A)으로 조사하였다.

결 과

1. 정소의 형태

정소는 좌, 우 쌍으로 구성된 기관으로 미숙한 정소는 백색의 가느다란 1쌍의 촛대모양을 하고 있다. 그러나 정소가 발달함에 따라 가늘고 길게

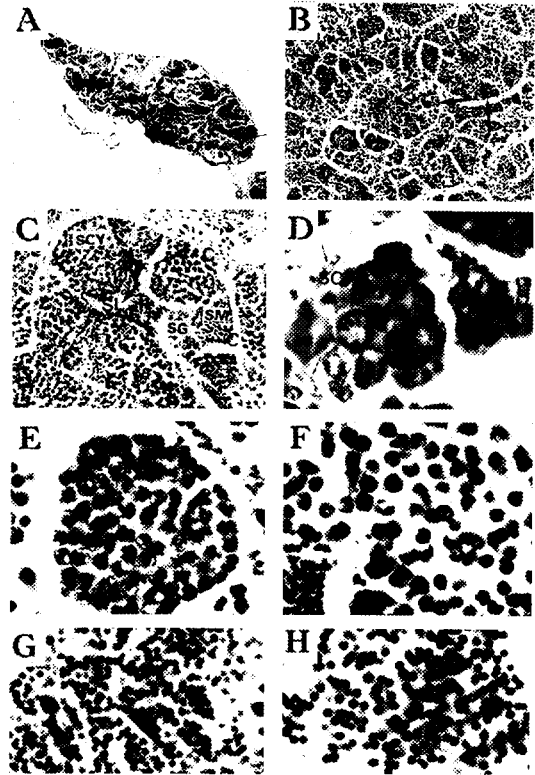


Plate 1. Developmental stage of testis in *Cobitis striata* from Korea.

A. The testes are elongate form(transverse section). X 80. ; B - C. The testes of the lobular type, which is typical teleosts, are composed of numerous lobule, and these seminiferous lobules are composed of seminal lumen(semiferous lobules) and cysts containing testicular cells of several developmental stage. Arrows, C, cyst ; SCY, spermatocytes ; SG, spermatogonia ; SM, spermatids. X 200, X 500. ; D. Spermatogonia. Arrows ; Sertoli cell(SC). X 1,500. E. 1st spermatocytes. The 1st spermatocytes of same stage are contained in the cyst. X 1, 500. ; F. 2nd spermatocytes. X 1,500. ; G. Spermatids. X 1,500. H. Spermatozoa. X 2, 000.

신장되고 약간 주름모양으로 체강의 대부분을 차지한다. 좌, 우 한쌍의 정소는 체강의 뒷쪽으로 갈수록 정소는 가늘어지면서 수노관과 서로 합쳐서 비뇨생식공으로서 항문의 후방부에 이르게 된다. *C. striata*는 부레가 없기 때문에 정소는 등쪽의 정소간막(mesorchium)에 의해 서로 달라 붙어 있고,

위해 10% 포르말린액에 고정된 정소를 꺼내 alcohol series로 탈수시킨 후 일반적인 paraffin 포매법으로 포매하였다. Microtome(Reichert Jung)을 이용하여 5 μ m와 7 μ m 두께로 자른 후 Harris's hematoxylin과 alcoholic eosin으로 이중염색하였다. 염색된 표본은 광학현미경(Nikon SE)으로 관찰한 후 조직용 광학현미경(Nikon Microphot-Fax)으로 촬영하였다. 정자의 투과전자현미경적 관찰을 위해 채집된 어류들을 MS222로 마취시킨 후 정소를 꺼내 1~4mm크기로 자른 후 phosphate buffer(pH 7.4)에 회석한 2.5% glutaraldehyde에 1~48시간 전고정시켰다. 전고정된 정소 조직들은 phosphate buffer로 수세한 다음 1% osmium tetroxide에 2시간 후고정시키고 graded alcohol series로 탈수시켰다. Epon 812를 이용하여 각 조직들을 포매하고 초박절기(ultramicrotome)를 이용하여 일차적으로 후박절편(semithin section)을 하였다. 이러한 절편들은 다시 1% toluidine blue로 염색하여 광학현미경으로 1차 검경한 후 초박절편(ultrathin section)을 하였다. 이러한 초박절편들은 uranyl acetate와 lead citrate로 염색하여 투과전자현미경(JEOL - 1200EX)으로 관찰하였다. 주사전자현미경적 관찰을 위해 MS222로 마취시킨 후 정소를 꺼내 1~4mm 크기로 잘라 phosphate buffer(pH 7.4)에 회석시킨 2.5% glutaraldehyde에 1~72시간 전고정시킨 후 phosphate buffer로 수세한 다음 1% osmium tetroxide에 2시간 후고정시켰다. 고정된 각 생식소 조직들은 graded alcohol series를 이용하여 탈수시킨 다음 초산인아밀(isoamyl acetate)에 침투시킨 후 액화 CO₂에서 임계점 건조시켰다. 건조된 조직들은 gold로 증착(coating)시켜 주사전자현미경(JEOL JSM - T330A)으로 조사하였다.

결 과

1. 정소의 형태

정소는 좌, 우 쌍으로 구성된 기관으로 미숙한 정소는 백색의 가느다른 1쌍의 촛대모양을 하고 있다. 그러나 정소가 발달함에 따라 가늘고 길게

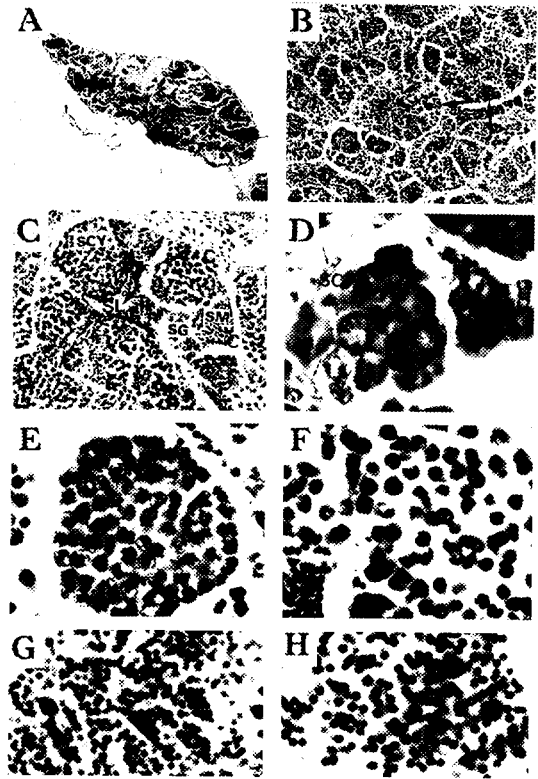


Plate 1. Developmental stage of testis in *Cobitis striata* from Korea.

A. The testes are elongate form(transverse section). X 80. ; B - C. The testes of the lobular type, which is typical teleosts, are composed of numerous lobule, and these seminiferous lobules are composed of seminal lumen(semiferous lobules) and cysts containing testicular cells of several developmental stage. Arrows, C, cyst ; SCY, spermatocytes ; SG, spermatogonia ; SM, spermatids. X 200, X 500. ; D. Spermatogonia. Arrows ; Sertoli cell(SC). X 1,500. E. 1st spermatocytes. The 1st spermatocytes of same stage are contained in the cyst. X 1, 500. ; F. 2nd spermatocytes. X 1,500. ; G. Spermatids. X 1,500. H. Spermatozoa. X 2, 000.

신장되고 약간 주름모양으로 체강의 대부분을 차지한다. 좌, 우 한쌍의 정소는 체강의 뒷쪽으로 갈수록 정소는 가늘어지면서 수노관과 서로 합쳐서 비뇨생식공으로서 항문의 후방부에 이르게 된다. *C. striata*는 부레가 없기 때문에 정소는 등쪽의 정소간막(mesorchium)에 의해 서로 달라 붙어 있고,

1개의 출수정관(common sperm duct)을 형성하며(Plate 2. K, N), 그 끝부분에서 수뇨관과 서로 합쳐져 비뇨생식공(urogenital pore)으로서 항문의 후방에 위치하게 된다.

2. 정소의 발달과정

정자형성 과정은 크게 증식기(multiplication stage), 감수분열기(meiosis), 정자변형과정(spermiogenesis)으로 나눌 수 있었다. 증식기는 정원세포(spermatogonia)가 유사분열(mitosis)을 통하여 그 수가 증식되는 시기로서 초기의 정원세포는 원형의 커다란 핵과 인을 가지는 세포이다(Plate 1. D). 이러한 세포가 모여서 커다란 포낭을 형성하게 된다. 증식기를 지난 정원세포는 1차 정모세포(primary spermatocyte)로 되었다(Plate 1. E). 1차 정모세포는 1차 감수분열(1st meiotic division)에 의해 2차 정모세포(secondary spermatocyte)로 되는데, 이러한 2차정모세포는 1차 정모세포보다 작았다(Plate 1. F). 계속해서 2차 감수분열(2nd meiotic division)이 일어나 정세포(spermatid)로 된다(Plate 1. G). 이러한 정세포는 정자의 변형과정을 통해서 두부(head)와 중편(middle piece), 그리고 꼬리(tail)로 구성되는 정자로 성숙되어 간다(Plate 1. H ; Plate 3).

그러나 생식시기가 가까울수록 정소는 성숙되면서 정소엽이 복잡하게 서로 뒤얽혀지고, 정세포나 정자를 형성하고 있는 생식세포를 포함하고 있는 포낭이 부풀어지면서 소엽상피는 점점 얇어진다(Plate 2. I~L). 각각의 포낭에 있는 생식세포는 발달정도가 비슷하고, 정자시기에 이르면 포낭벽이 터져 서로 합쳐지면서 여러 부분에서 주머니모양을 형성하였다(Plate 2. M). 정소엽의 내강의 형태는 내강에 방출된 정자의 양이 증가할수록 그 경계를 형성하고 있던 결합조직층의 일부가 찢어져 주머니 모양은 더욱 커지게 되고, 산란시기에 가까울수록 이웃한 정소낭의 격벽이 찢어져 서로 융합, 확대되어서 망상구조(network)를 형성하게 된다(Plate 2. L~N). 이와 같이 생식시기의 정소는 수많은 정자로 가득 차 있으며 포낭은 거의 존재하지 않는 반면에(Plate 2. L~N) 생식기 전후의 정소에는 미숙한 발달단계나 성숙과정에 생식세포를

가지고 있는 포낭이 아주 많이 존재하고 있었다(Plate 1. B). 각 포낭에서 형성되어 정소엽의 내강으로 방출된 정자는 입방상피로 된 수정관으로 들어간다(Plate 2. N).

3. 정자의 구조

두부(head) : 핵의 크기는 약 $1.7\mu\text{m}$ 이며 구형(spherical)의 형태를 가지고 있다. 정세포에서 정자변태과정(spermiogenesis) 동안에 핵 선단부에는 첨체(acrosome)가 존재하지 않았다(Plate 3).

정세포에는 한쌍의 중심소체(centrioles)가 있는데 그 중 하나의 중심소체는 핵에서 멀리 떨어진 원중심소체(distal centriole)로 되어 편모의 기부(basal body)를 형성하며, 장축(long axis)에 평행하게 위치하였다(Plate 3. A~C). 나머지 하나의 중심소체는 핵에 가까운 곳 즉 원중심소체의 바로 윗 부분 약 $20\sim 30^\circ$ 부근에 위치하는 근중심소체(proximal centriole)을 이루었다(Plate 3. C~E). 그리고 이러한 2개의 중심소체는 핵이 안쪽으로 들어가서 음푹 패인 부위인 함몰부(basal fossa of nucleus)에 위치하였다(Plate 3. D~F). 이러한 함입부에는 작은 미토콘드리아와 중심소체, 그리고 편모의 기부가 위치하게 되며 모든 작은 미토콘드리아들은 중심소체 부근과 세포질이 편모의 양측면에 수직으로 신장되어 형성된 cytoplasmic collar에 융합하여 분포하고 있었다(Plate 3. E, F).

중편(midpiece)과 꼬리(tail) : 중편의 cytoplasmic collar는 길이가 약 $0.8\mu\text{m}$ 이며, 세포질관(cytoplasmic canal)에 의해서 양쪽으로 분리되어 있으며, 5~8개의 ring모양의 미토콘드리아가 포함되었다(Plate 3. E). 편모는 9쌍의 이중 미소관(doublet microtubule)과 2개의 중심미소관(central microtubule)으로 구성된 축사(axoneme)를 포함하여 전형적인 9+2구조를 갖고 있었다(Plate 3. F, H). 또한 정자는 편모의 원형질막(plasma membrane)이 세로로 신장되어 형성되는 편평한 돌기물(fin)은 관찰되지 않았다(Plate 3. E, G).

고 찰

경골어류의 정소는 송사리나 guppy처럼 생식소의 형성과정에서 좌우가 융합하여 단일한 기관을 가지는 경우도 있으나 일반적으로 좌, 우 1쌍으로 구성되어 있다(Nagahama, 1983; 落合, 1987). 미꾸리과(Cobitidae)어류인 *C. striata*의 정소는 다른 경골어류의 정소와 마찬가지로 좌, 우 한쌍의 기관으로 구성되어 있다. 미숙한 정소는 백색의 투명한 가느다른 1쌍으로 촛대모양이지만 성숙단계에 따라 가늘고 길게 신장되면서 주름이 많아지고 체강의 대부분을 차지한다. 그리고 좌우 한쌍의 정소는 체강의 뒷쪽으로 갈수록 가늘어져 수노관과 서로 합쳐서 비뇨생식공으로서 항문의 후방부에 이르게 된다. 일반적으로 부레를 가지는 어류는 부레에 붙어 있는 정소와 부레 사이에 정소간막이 있어 이것에 정소가 매달려 있는데(落合, 1987) 부레가 없는 *C. striata*는 정소가 체강벽에 직접 붙어 있다.

*C. striata*의 미숙한 정소는 여러 발달단계를 가지는 생식세포로 구성되어 있으면서 규칙적으로 방향성을 가지는 수많은 정소엽으로 구성되어 있으나 생식시기에 가까울수록 정소는 정소엽이 서로 뒤얽혀 복잡해지고, 정세포나 정자를 형성하고 있는 생식세포를 포함하고 있는 포낭이 커지면서 방향성은 불명료해졌다. 즉 정소의 세포들이 발달함에 따라 정소낭의 격벽이 찢어져 서로 융합, 확대되어서 망상구조(network)를 형성하게 되었다. *C. striata*는 정소를 구성하고 있는 정소엽이 문합형(anastomosing network) 또는 분지상(branching network)을 하고 있었으며, 정소엽을 구성하는 포낭내에서 동시에 형성된 정자가 정소엽의 내강으로 방출되고 있다고 생각되었다. 이러한 정소의 변화는 catfish인 *Parasilurus aristotelis* (Fishelson, 1995)와 *Carassius auratus* (Takahashi and Takano, 1971)등에서 보고된 결과와 거의 비슷하였다. 정자형성의 양상과 정원세포의 분포에 따르면 *C. striata*는 lobule형이면서 정원세포 비국재형(unrestricted spermatogonial testis-type)이라고 할 수 있는데 이러한 정원세포 비국재형은 대부분의 어류에서 나타난다(Grier, 1981;

Billard *et al.*, 1982). 한편 정원세포국재형은 *Poecilia reticulata*를 비롯한 셋줄별목 Atheriniform 어류에서만 나타나는 형태로서 정원세포가 정소 주변의 정소엽의 끝부분에만 한정되어 있으면서 포낭에서 형성된 정자는 수정소관의 내강으로 방출되어 수정관으로 배출되는 특징을 가지고 있다고 한다(Grier, 1981).

*C. striata*의 정자는 대부분의 어류(Jamieson, 1991; Mattei, 1991)와 마찬가지로 두부와 짧은 중편, 그리고 꼬리로 구성되어 있었다. 정자의 핵은 약 1.7 μ m크기로서 원형을 하고 있으며 첨체가 존재하지 않는 특징을 보였다. 이러한 핵의 특징은 유럽산 미꾸리과 어류인 *Acanthopthalmus semicinctus* (Jamieson, 1991)과 거의 일치하였다. 특히 핵의 선단부에 첨체가 존재하지 않는 정자는 대부분의 진골어류에서 볼 수 있는 것처럼 첨체없이 수중으로 배출되는 anacrosomal aquasperm type으로 알려져 있다(Jamieson, 1991). 진골어류에 있어서 정자의 첨체의 유무는 알의 동물극에 있는 난문(micropyle)의 존재와 밀접한 관계가 있다고 한다(Pasteels, 1965; Ginsburg, 1968; Jamieson, 1991). 즉 난문이 없는 경우에는 다른 동물의 수정 방법과 마찬가지로 정자가 알의 plasma membrane을 관통하여 수정하도록 하기 위해서는 정자의 선단부에 첨체를 가지고 있어야 하지만 난문을 가지는 어류에서는 plasma membrane을 관통할 필요없이 난문을 통해서 정자가 직접 들어가서 수정하기 때문에 정자에 첨체의 필요성이 없다고 설명하였다. 일부 미꾸리과 어류인 부안종개 *Iksokimia pumila*, 새코미꾸리 *C. rotundicaudata*, 종개 *Nemacheilus toni* (박, 1996), 미꾸리 *Misgurnus anguillicaudatus* (윤 등, 1993)등에서 난문이 관찰되고 있어 첨체와 난문과의 관련성을 짐작할 수 있다.

일반적으로 어류의 정자는 하나의 편모를 가지는 uniflagellate sperm, 2개의 편모를 가지는 biflagellate sperm, 그리고 편모를 가지지 않는 aflagellate sperm으로 크게 구분되고 있는데 (Jamieson, 1991; Suquet *et al.*, 1993; Fishelson, 1995), *C. striata*의 편모는 어류에서 일반적으로 나타나는 1개의 편모를 가지는 uniflagellate

sperm이었다. 그리고 이러한 주위쌍미세포관(periaxoneme)에는 lamella모양이나 vacuole로 되어 있는 길다란 mitochondrial sheath가 편모의 축을 따라 존재하는데 정자의 성숙과정중에 소실되는 것이 관찰되었다. 중심소체 부근과 세포질이 편모의 양측면에 수직으로 신장되어 형성된 cytoplasmic collar에는 작은 여러개의 미토콘드리아가 분포하고 있었다. 이러한 cytoplasmic collar의 길이는 약 0.8 μ m으로서 2.7 μ m의 길이를 보이는 같은 미꾸리과 어류인 *Acanthopthalmus semicinctus*(Jamieson, 1991)에 비해 훨씬 짧았다. 또한 잉어과의 *Rutilus*와 *Carassius*(Baccetti et al., 1984)에서는 1.5 μ m이상으로서 *C. striata*보다 현저히 길었다. 또한 黒倉(1992)는 중편부에 포함되는 미토콘드리아를 수와 형태에 따라 구분하기도 하였는데 *C. striata*는 정자의 중편부에 "ring"모양의 작은 미토콘드리아가 5~8개가 있었다. 그리고 이러한 미토콘드리아들은 편모의 양쪽을 cytoplasmic canal에 의해서 분리되는 특징을 보였다. 또한 *C. striata* 정자의 편모는 9쌍의 이중미소관과 2개의 중심미소관으로 구성된 축사를 가지는 전형적인 9+2구조를 보여 주었는데 이것은 진골어류 정자의 일반적인 구조로 알려져 있다(Mattei, 1988). 그러나 일부 뱀장어어류에서는 9+0(Jamieson, 1991), *Tilapia*에서는 9+1구조를 갖는 것으로 보고된 바 있었다(Bern & Avtalion, 1990). 한편 편모에는 편모의 원형질막(plasma membrane)이 세로로 신장되어 형성된 편평한 fin이 1개 또는 2개를 갖는 경우와 소실되어 없는 3가지 type이 알려졌는데(Jamieson, 1991) *C. striata*에는 이러한 fin들은 관찰되지 않았다.

정자의 핵의 모양, 첨체의 유무, 중편의 길이, 미토콘드리아의 수, 편모의 수등은 어류의 계통분류의 형질로서도 이용되고 있어(Jamieson, 1991; Mattei, 1991) 앞으로 이러한 *C. striata*의 정소 및 정자의 특징을 바탕으로 *Cobitis*속내의 다른 종 혹은 다른 속과의 비교 검토의 결과는 미꾸리과 어류의 생식생물학 및 계통분류의 연구에 새로운 기초 자료를 제시하리라 기대된다.

인용문헌

- 김익수 · 강언중. 1993. 원색한국어류도감. 아카데미서적. pp. 176 - 186.
- 박종영. 1996. 한국산 미꾸리과(Cobitidae) 어류의 생식소에 관한 형태학적 연구. 전북대 대학원 박사학위논문. pp. 1 - 158.
- 윤종만 · 김계웅 · 노순창 · 박홍양. 1993. 한국산 미꾸리에 관한 육종번식학적 연구 V, '미꾸리의 수컷의 뇌하수체와 정소의 미세구조' 동물자원연구지 18. 11 - 22.
- 落合明, 1987. 魚類解剖學. 綠書房. pp. 195 - 219.
- 池田兵司, 1936. 日本産トジョウ科の雌性性徴とその分類に就て(1)日・動・雜. 48 : 983 - 994.
- 川那部浩哉 · 水野信彦. 1989. 日本の淡水魚. 山と溪谷社. pp. 381 - 401.
- 黒倉 壽, 1992. 精子の凍結保存 - 魚類. 毛利秀雄監修. 森澤正昭 · 星 元紀編. 精子學. 東京大學出版, 東京, pp. 238 - 246.
- Baccetti, B. 1970. Comparative spermatology. Academic Press, New York. pp. 1 - 254.
- Baccetti, B., Burrini, A. G., Callaini, G., Gibertini, G., Mazzini, M. and Zerunian, S. 1984. Fish germinal cells. I. Comparative spermatology of seven cyprinid fishes. Gamete Res. 10 : 373 - 396.
- Bern, O. and R. R. Avtalion 1990. Some morphological aspects of fertilization in *Tilapia*. J. Fish Biol. 36 : 375 - 381.
- Billard, R., A. Fostier, C. Weil, and B. Breton. 1982. Endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 39 : 65 - 79.
- Fishelson, I., R. N. Gibson, and Y. Delarea. 1990. Unusual cell organells during spermiogenesis in two species of gobies(Gobiidae, Teleostei). Cell Tissue Res. 262 : 397 - 400.
- Fishelson, I. 1995. Unilateral winged flagellum of sperm in *Badis badis*(Piscies : Teleostei). Copeia 1995 : 241 - 243.
- Ginsburg, A. S. 1968. Fertilization in fishes and the problem of polyspermy. T. A. Detlaf, Moscow (Translated from Russian by the Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem 1972).
- Grier, H. J. 1981. Cellular organization of the testis and spermatogenesis in fishes. Amer. Zool. 21 :

- 345 - 357.
- Jamieson, B. G. M. 1991. Fish evolution and systematics : Evidence from spermatozoa. Cambridge Univ. Press, New York, pp. 1 - 319.
- Kim, I. S. 1980. Systematic studies on the fishes of the family Cobitidae(Order Cypriniformes) in Korea. I. Three unrecorded species and subspecies of the genus *Cobitis*. Korean J. Zool. 23 : 239 - 249.
- Kim, I. S. and G. Y. Lee, 1988. Taxonomic study of the cobitid fish, *Cobitis lutheri* Rendall and *C. striata* Ikeda(Cobitidae) from Korea. Korean J. Zool. 2 : 91 - 102(In Korean).
- Kim, I. S. and J. Y. Park. 1992. Sex ratio and hermaphroditism of *Cobitis lutheri*(Pisces, Cobitidae) from Korea. Korean J. Ichthyol. 4 : 72 - 76.
- Kim, I. S. and J. Y. Park. 1993. Histological studies of gonad in the hybrid species *Cobitis sinensis - longicarpus* complex(Pisces, Cobitidae). Korean J. Ichthyol. 5 : 226 - 234(In Korean).
- Kim, I. S. and J. Y. Park. 1995. Adhesive membrane of oocyte in Korean cobitid species(Pisces, Cobitidae). Korean J. Zool. 38 : 212 - 219.
- Kim, I. S. and J. Y. Park. 1996. Adhesive membrane of oocyte in four loaches (Pisces : Cobitidae) of Korea. Korean J. Zool. 39 : 199 - 207.
- Mattei, X. 1988. The flagellar apparatus of spermatozoa in fish. ultrastructure and evolution. Biol. Cell. 63 : 151 - 158.
- Mattei, X. 1991. Spermatozoon ultrastructure and its systematic implications in fishes. Can. J. Zool. 69 : 3038 - 3055.
- Mattei, X. and O. M. Thiaw. 1993. Acrosome - like structure in the spermatozoa of teleost fishes. Can. J. Zool. 71 : 883 - 888.
- Nagahama, Y. 1983. The functional morphology of teleost gonads. pp. 223 - 275. In : Fish physiology(IX). W. S. Hoar and D. J. Randall. Academic press. New York.
- Pasteels, J. J. 1965. La fécondation étudiée au microscope électronique : étude au microscope électronique. Bull. Soc. Zool. Fr. 85 : 82 - 88.
- Suquet, M., G. Dorange, M. H. Omnes, Y. Normant, A. Le Roux and C. Fauvel. 1993. Composition of the seminal fluid and ultrastructure of the spermatozoon of turbot(*Scophthalmus maximus*). J. Fish Biol. 42 : 509 - 516.
- Takahashi, H. and K. Takano. 1971. Sex hormone - induced precocious hypertrophy and ciliation of epithelial cells in the ovarian lumen of the goldfish. Annot. Zool. Japan. 44 : 32 - 41.

**Structure of Testis and Spermatozoon of *Cobitis striata*
(Pisces : Cobitidae) from Korea**

Ik-Soo Kim and Jong-Young Park

Department of Biology, College of Natural Sciences Chonbuk National University,
Chonju 560 - 756, Korea

Cobitis striata testes were paired, with elongate form and suspended on the dorsal body wall. The testicular structure of immature testes composed of many seminal lobules with regular arrangement, whereas mature testes anastomose neighbouring seminal lobules. The spermatozoa of *C. striata* were anacrosomal aquasperm type and have spherical nucleus. The midpiece of spermatozoa was 0.8 μ m in length and contained 5~8 ring - shaped mitochondria. The flagellum of the spermatozoa in the present species was unflagellate consisting of a typical 9+2 axoneme without fins.