

제주연안에 서식하는 계단꼭지청자고둥 (*Conus lischkeanus*)의 생식주기*

최 송 희** · 김 병 훈*** · 이 성 훈**** · 이 치 훈***** · 이 영 돈*****

국문요약

이 연구는 제주 서귀포 연안에 서식하는 계단꼭지청자고둥의 번식생태 관찰을 위하여 2018년 3월부터 2018년 11월까지 매월 제주도 서귀포 문섬에서 다이빙 방법으로 채집하여 수행하였다. 계단꼭지청자고둥의 월별 생식세포 발달 단계는 조직학적 방법을 이용하여 조사하였다. 계단꼭지청자고둥을 채집하여 사육수조에서 관찰 한 결과 산란시기에 패각이나 수조 벽면 등 기질에 알집을 부착시키는 특성을 보였으며 부착된 알집의 난들을 분리하여 포란수를 조사하였다. 계단꼭지청자고둥의 생식소 발달단계는 암컷은 성장기(3~5월), 성숙기(5~9월), 산란기(7~10월), 퇴행 및 회복기(9~11월)이며, 수컷은 초기성숙기(3~4월), 성숙기(5~9월), 산란기(6~10월), 퇴행 및 회복기(11월)로 구분할 수 있었다. 계단꼭지청자고둥의 패각에 부착된 알집의 포란수는 알집 1개당 약 1,040~3,800개였다. 월별 생식소 발달 단계를 토대로 계단꼭지청자고둥은 하계산란종으로 주 산란시기는 8~9월이며, 일부 개체에서 산란시기 내에 부분산란이 이루어지는 특징이 관찰되었다.

주제어 : 계단꼭지청자고둥, *Conus lischkeanus*, 생식주기, 하계산란종, 다회산란종

* 이 논문은 2019년 제주대학교 교원성과지원사업에 의하여 연구되었습니다.
** 대표저자, 제주대학교 해양생명과학과 박사과정
*** 공동저자, 제주대학교 해양과학연구소 특별연구원
**** 공동저자, 제주대학교 증식학과 석사
***** 공동저자, 어업회사법인 씨알 주식회사
***** 교신저자, 제주대학교 해양과학연구소 교수

I. 서론

계단꼭지청자고둥(*Conus lischkeanus*)은 주로 아열대 지역에 서식하고 있는 복족류로서, 신복족목(Neogastropoda)의 청자고둥과(Codinae)에 속하며 인도 태평양, 일본 남부 지역의 산호, 암초, 혹은 모래가 덮혀 있는 바닥에 서식한다(Coomans and Moolenbeek, 1982; Perron, 1986; Rockel et al, 1995). 청자고둥류는 자웅이체로 체외수정을 통해 번식한다(Von Cosel and Kohn, 2013). 국내에 서식하는 계단꼭지청자고둥 등 청자고둥류 6종은 세계자연보전연맹(IUCN: International Union for Conservation of Nature)에서 지정한 정보부족(Data Deficient)종으로 분류되어 있어 그 생태학적 특성 등에 대한 연구가 매우 부족한 상태이다(이상팔, 2012).

청자고둥은 신복족목에 속하는 생물 중 유일하게 독을 지니고 있으며, 작살 모양의 침으로 독을 발사하여 작은 물고기나 다른 복족류를 사냥하는 포식활동을 한다(Kohn et al., 1999). 이 독의 주 성분은 코노톡신이며, 이 펩티드독소는 아세틸콜린 수용체와 칼슘을 포함한 다양한 이온 채널에 선택적으로 결합해 척추동물의 중추신경계와 근육신경계를 마비시켜 근육마비나 호흡장애, 심하면 사망에 이르는 매우 강력한 독이다(Phuong et al, 2018). 이러한 코노톡신이 진통효과를 가지고 있는 것이 알려지면서 제약 분야에서 코노톡신을 이용하여 진통제, 마취제 등 다양한 약제로서의 연구가 개발되고 있다.

갈색반점청자고둥(*C. sponsalis*)이 1997년 제주도에서 처음으로 보고되었으며, 계단꼭지청자고둥은 2002년 서귀포 범섬 주변에서 처음으로 발견되었다고 보고되었다(이준상과 민덕기, 2002).이외에 청자고둥(*C. fulmen*), 두드럭청자고둥(*C. fulgetrum*), 흑줄청자고둥(*C. orbigny*), 어깨흑청자고둥(*C. miliaris*), 상감청자고둥(*C. flavidus*), 팽이청자고둥(*C. capitaneus*) 등 총 7종의 청자고둥이 국내 연안에 서식하는 것이 확인되었다(최병래 외, 1997; 이준상과 민덕기, 2002; 이준상과 이용석, 2014; Lee and Park, 2014).

기존의 제주연안에 서식하고 있는 복족류인 흑색배말(*Cellana nigrolineata*) (최정권 외, 2002), 오분자기(*Haliotis diversicolor*) (김성훈 외, 2012), 울타리고둥(*Monodonta labio*) (송영보 외, 2002) 등의 생식주기에 관한 연구들이 수행되었지만, 최근에 제주도 연안에 새롭게 출현하고 있는 계단꼭지청자고둥의 생활사 및 번식생리 특성에 관한 연구는 매우 드문 실정이다.

이 연구는 제주연안에 서식하는 계단꼭지청자고둥의 번식생물학적 특성 및 세대연속 가능성을 탐색하기 위하여 산란시기 및 생식주기를 조직학적 방법을 이용하여 조사하였고, 계단꼭지청자고둥 암컷이 패각에 붙이는 알집의 포란수를 조사하였다.

II. 재료 및 방법

1. 채집과 서식지의 월별 수온변화

계단꼭지청자고둥은 제주도 서귀포 문섬 일대의 수심 약 13~15m 암반 주변 및 사니질 지형에서 다이빙으로 채집하였으며, 채집된 계단꼭지청자고둥은 제주대학교 해양과학연구소 사육수조(1.5m×0.5m×1.0m)로 옮겨 자연해수를 공급하면서 수용하였다. 그리고 자동 수온측정기(U26-001, Onset Computer Corporation, USA)를 계단꼭지청자고둥 채집지역에 설치하여 채집지역 수심 약 13~15m에서 수온변화를 조사하였다.

2. 월별 생식소발달변화

계단꼭지청자고둥의 월별 생식소발달단계변화를 조사하기 위하여 2018년 3월부터 11월까지 총 9개월간 채집하였다. 채집된 계단꼭지청자고둥은 조직학적 검경을 위하여 Bouin's solution에 고정하였으며, paraffin 포매 후, 박절기(Leica RM2235, Nussloch, Germany)를 이용하여 5 μ m 두께로 박절하여 생식소 조직절편을 만들었다. 조직절편은 hematoxylin과 0.5% eosin으로 염색한 후, 광학현미경(Olympus, Tokyo, Japan)과 Cell Sens Standard software(Olympus, Tokyo, Japan)를 이용하여 검경 하였다. 광학현미경 검경을 통하여 계단꼭지청자고둥의 암수를 구분하였으며, 각각의 배우자 발달단계 및 난경의 크기를 측정하였다.

3. 포란수

포란수는 패각과 수조벽면, 에어호스 등 기질에 부착된 알집(capsule)을 채취하여 Gilson solution에서 2주간 처리하여 알들을 분리시켰으며(Love and Westphal, 1981), 분리되지 않는 난들은 해부침을 이용하여 완전히 분리시켰다. 포란수는 알집크기와 중량을 측정한 후 알집 내 포란된 알의 수를 계수하여 구하였다.

III. 결 과

1. 수온변화

2018년 3월부터 2018년 11월까지 계단꼭지청자고둥 서식지의 월별 수온 변화를 조사한 결과, 3월의 평균 수온은 14.9°C 이었으며, 이후 수온이 서서히 증가하여 5월의 평균 수온은 17.3°C 이었다. 5월부터 수온이 크게 증가하여 8월 가장 높은 26.4°C 이었고, 8월 이후 수온이 점차 감소하기 시작하여 11월 19.5°C의 평균수온을 나타냈다(Fig. 1).

2. 계단꼭지청자고둥의 형태

계단꼭지청자고둥의 외부형태와 내부형태를 관찰한 결과, 일반적으로 원뿔형의 나탑(螺塔:체층 위에 있는 층 전체)이 낮고, 각고는 뾰족한 형태를 보였다(Fig. 2A). 각구의 안은 흰색으로 내부의 중심축은 나선형으로, 그 주변으로 생식소를 포함하는 내장기관들을 감싸고 있었다(Fig. 2B).

3. 생식소의 조직학적 변화

계단꼭지청자고둥 난소의 월별 조직학적 변화를 조사한 결과, 3월과 4월 난소는 난경 20~50 μ m 크기의 염색인기난모세포(chromatin nucleolus oocyte)들이 분포하고 있었다(Fig. 3A). 5월의 난소는 어린난모세포들과 난경 120~130 μ m 성숙한 난황구기 난모세포(yolk glouble stage)들이 분포하였으며(Fig. 3B), 6월과 7월의 난소는 대부분 성숙한 난황구기 난모세포들로 채워져 있었다(Fig. 3C and D). 이후 8월의 난소는 성숙난과 부분산란 후 비어있는 난소의 소낭상피에 어린 난모세포들이 산재하였다(Fig. 3E). 9월의 난소는 대부분 산란 후 비어있는 소낭상피와 일부 미방출된 성숙난들이 분포하였고(Fig. 3F), 미방출된 성숙난이 퇴행과 어린 난모세포들이 소낭생식 상피를 따라 재배치되었다(Fig. 3G). 10월과 11월 난소는 산란 후 퇴행성난모세포(degenerate oocyte)들과 소낭상피를 따라 어린 난모세포들이 분포하였다(Fig. 3H and 3I).

계단꼭지청자고둥 정소의 월별 조직학적 변화를 조사한 결과, 3월의 정소는 생식상피상에 정원세포(spermatogonium)들이 분포하고, 소엽 내강에 정모세포(spermatocyte)들이 차지하고 있다(Fig. 4A). 4월의 정소는 소엽상피상에 정원세포와 소엽 내강 안쪽으로

정모세포, 정세포(spermatid)가 차지하고, 변태를 마친 정자(spermatozoa)무리들이 일부 관찰되었다(Fig. 4B). 5월의 정소는 소엽 내강에 정모세포와 정자들이 4월보다 수적으로 증가하였다(Fig. 4C). 6월의 정소는 생식상피를 따라 정원세포들의 분열무리와 소엽 내강은 정자들로 대부분 차지하고 있다(Fig. 4D). 7월의 정소는 6월 조직상과 유사하며 정원세포의 분열상은 감소하였다(Fig. 4E). 8월 정소 소엽 내강 상피에 6월과 7월에 비하여 정세포들이 분포하며, 내강에 일부 정자무리가 존재하였다(Fig. 4F). 9월 소엽상피에 정모세포와 정자들이 분포하였다(Fig. 4G). 10월 정소 소엽은 내강이 축소되고 내강 내에 방정 후 정자들이 소수 분포하며(Fig. 4H), 11월 정소 소엽상피가 재배치되고 내강에 소수의 정자들이 분포하는 방정 후 생식상피 특성을 볼 수 있다(Fig. 4I).

계단꼭지청자고둥의 수컷은 성숙시기에 수정관과 생식돌기가 발달하고, 수정관과 수정소관 안에는 정자무리들이 가득 차 있었다(Fig. 5A and B).

4. 생식주기

계단꼭지청자고둥 암컷의 생식주기는 난소의 월별생식소 발달단계를 조직학적으로 조사하여 난소 내 난형성과정을 토대로, 성장기, 성숙기, 산란기, 퇴행 및 회복기로 구분하였다(Table 2 and Fig. 6A).

성장기: 성장기 난소는 난경 20~50 μ m 크기의 어린난모세포들이 소낭상피를 따라 주로 관찰되며, 이러한 개체들은 3월부터 5월까지 출현하고 있었다.

성숙기: 성숙기 난소는 난경 100 μ m 전후의 성숙난모세포가 증가하기 시작하며, 난모세포의 세포질에는 대부분 난황과립이 차지하고 있다. 이러한 개체들은 5월부터 9월까지 관찰되었다.

산란기: 산란기 난소는 난소 소낭 안에 완숙난들이 방출되면서 비어있는 소낭상피만 남아 방란 흔적이 관찰되었고, 일부 개체들에서 생식소 소낭 내강에 미방출된 성숙난들이 일부 잔존하였으며 부분 산란흔적의 특징을 보였다. 이러한 개체들은 7월부터 10월까지 관찰되었다.

퇴행 및 회복기: 퇴행 및 회복기 난소는 미방출된 난들이 퇴화, 흡수가 관찰되고, 난소 내 생식상피조직이 재배치되기 시작하며, 새로운 난원세포들이 출현하였다. 이러한 개체들은 9월부터 11월까지 출현하고 있었다.

계단꼭지청자고둥 정소의 월별생식소 발달단계를 조직학적으로 조사하여 정소 내 정자

형성과정을 토대로, 초기성숙기, 성숙기, 산란기, 퇴행 및 회복기 등의 주기로 구분하였다 (Table 3 and Fig. 6B).

초기성숙기: 초기성숙기 정소는 정소 소엽에 정원세포들과 정모세포 그리고 정세포들이 다수 존재하며 생식소 내 20% 내외의 정자가 분포하였다. 이러한 개체들은 3월과 4월에 출현하고 있었다.

성숙기: 성숙기 정소는 정원세포와 정모세포가 차지하는 비율이 감소하고 정세포와 변태를 마친 완숙한 정자들로 소엽 내강을 가득 채워 소엽 내 80% 이상 정자가 차지하기 시작한다. 이러한 개체들은 5월부터 9월까지 관찰되었다.

산란기: 산란기 정소는 방정 후 소엽 내강이 비어 있는 것을 볼 수 있다. 일부 개체들은 생식소 소엽 내강에 미방출된 정자가 일부 잔존하였으며 방정 흔적의 특징을 보였다. 이러한 개체들은 6월부터 10월 까지 관찰되었다.

퇴행 및 회복기: 퇴행 및 회복기 정소는 방정 후 미방출된 정자들이 퇴화·흡수되고, 생식상피들이 축소되고 있었다. 이러한 개체들은 11월에 출현하고 있었다.

5. 포란수

계단꼭지청자고둥이 기질에 부착한 알집(capsule)들을 분리한 후 각각의 크기와 포란수를 측정하였다. 알집은 옅은 분홍빛의 색을 띤 캡슐 형태를 보였으며, 3~10개 이상의 알집들이 패각이나 수조 벽면, 에어호스 등 기질에 줄지어 부착되어 있는 것을 확인하였다 (Fig. 7). 알집을 수집하여 측정한 결과 캡슐의 평균 높이는 1.2 ± 0.04 cm, 평균 넓이 0.9 ± 0.04 cm, 평균 무게는 0.1 ± 0.01 g으로 개체들 간의 큰 차이는 없었다(Table 1). 알집 안의 포란수는 평균 $2,591 \pm 0.27$ 개로, 가장 적은 포란수는 1,040개였으며, 가장 많은 포란수는 3,800개였다.

IV. 고찰

해양 고둥류의 산란은 연중산란하는 연중산란종(year-around breeder), 봄부터 가을에 걸쳐 산란하는 하계산란종(summer breeder)과 가을부터 봄까지 산란하는 동계산란종(winter breeder)으로 구분된다(Booolootian et al, 1962). 제주 연안에 서식하는 대표적인 복족류인 소라(*Turbo cornutus*)의 산란기는 7월부터 9월이며(이주하, 1980), 명주고둥(*Chlorostoma xantostigma*) (이치훈과 이영돈, 1998)과 밤고둥(*Chlorostoma lischkei*)

(나오수와 이영돈, 1999)은 7월에서 8월 그리고 울타리고둥(*Monodonta labio*) (송영보 외, 2002)은 9월에서 10월에 산란하는 하계산란종이며, 난류계 전복인 말전복(*Haliotis gigantea*)과 시볼트전복(*Haliotis sieboldii*)은 11월에서 1월 사이에 산란하는 동계산란형이다(한석중, 1998).

복족류를 포함하는 해양동물들의 생식주기는 빛, 수온, 조석, 먹이 등 다양한 서식지 환경요인의 영향을 받으며, 그 중 수온과 광주기는 성숙 및 생식주기에 영향을 미치는 중요한 요소이다(Booolootian et al, 1962; Grubert and Ritar, 2004). 아라비아 해에 서식하는 청자고둥류인 *C. biliosus*의 산란시기는 4월에서 5월이고, *C. coronatus*는 4월에서 6월로 두 종은 조수차, 수온 등의 환경적인 영향을 받아 산란하는 하계산란형이다(Barkati and Ahmed, 1985). 이 연구에서 계단꼭지청자고둥의 주요 성숙기는 6월부터 7월이었고, 8월과 9월부터 산란 및 방정하는 특성을 가져, 고둥류의 산란형(Booolootian et al, 1962) 구분의 범주로 보면 하계산란형에 속하는 것으로 생각된다.

이 연구에서 계단꼭지청자고둥은 연중수온이 상승하기 시작하는 3월(14.9°C)부터 7월(22.4°C)에 걸쳐 성숙하였으며, 산란기는 연중 수온이 최고치를 이룬 후 하락하기 시작하는 8월(26.4°C)에서 9월(23.6°C) 산란한 뒤 퇴행 및 회복기로 접어드는 생식패턴을 확인하였다. 우리나라연안에서 7월부터 10월에 걸쳐 산란하는 대표적인 복족류는 어깨빨고둥(*Ocenebra japonica*) (이주하, 2004), 큰구슬우렁이(*Glossaulax didyma*) (김대기 외, 2006), 둥근 전복(*Haliotis discus discus*) (Kim et al, 2015) 등을 볼 수 있다.

청자고둥류는 산란기에 연안의 바위나 바닥의 모래 등에 알을 부착시키며, 집단산란하는 특성을 갖는다(Kohn, 1959). 청자고둥류가 산란하는 알집의 수는 *C. catus*와 *C. rattus*, 그리고 *C. quercinus* 에서 각각 평균 19개, 31개, 68개이며, 알집 1개당 포란수는 각각 평균 1650개, 2000개, 9700개, 그리고 난경은 각각 220 μm , 125 μm , 215 μm 으로 알려지고 있다(Kohn, 1961; Ostergaard, 1950). 이 연구에서 계단꼭지청자고둥이 산란한 알집을 조사한 결과 알집은 총 26개였으며 포란수는 알집 1개당 약 1,040~3,800개의 알을 가지고 있어서 *C. rattus* 와 *C. catus* 종과 유사하였다.

이 연구에서 계단꼭지청자고둥의 주요 산란시기는 8~9월이며, 산란시기 내에 부분산란이 일어나는 산란 특징이 관찰되었다. 앞으로 계단꼭지청자고둥의 교미행동 및 산란행동, 난소 내 수정현상, 패각에 알집을 붙이는 행동특성 대한 연구가 필요하다고 본다.

참고문헌

- 김대기, 정의영, 김은중, 2006, 「한국 서해산 큰구슬우렁이, *Glossaulax didyma*의 난자형성과정 및 생식주기」, 『한국패류학회지』 22(1), 13-22.
- 김성훈, 이치훈, 송영보, 김병엽, 현상윤, 이영돈, 2012, 「제주연안에 서식하는 오분자기, *Haliotis diversicolor aquatilis*의 생식주기」, 『발생과 생식』 16(2), 145-153.
- 나오수, 이영돈, 1999, 「밤고둥, *Chlorostoma argyrostoma lischkei*의 생식주기」, 『해양과학연구소 연구논문집』 23, 51-61.
- 송영보, 이치훈, 나오수, 이영돈, 2002, 「울타리고둥, *Monodonta labio*의 생식주기」, 『해양과학연구소 연구논문집』 26, 21-28.
- 이상팔, 2012, 『한국의 멸종위기 야생동·식물 적색자료집-연체동물』, 국립생물자원관.
- 이주하, 1980, 「소라, *Turbo cornutus Solander*의 생식세포형성과정 및 생식주기에 관한 조직학적 연구」, 『한국수산과학회지』 13(4), 125-134.
- _____, 2004, 「어깨뿔고둥 (*Ocenebra japonica*)의 생식세포형성과 생식주기」 『한국수산과학회지』 37(5), 385-392.
- 이준상, 민덕기, 2002, 「한국산 연체동물 목록」, 『한국패류학회지』 18(2), 93-217.
- 이준상, 이용석, 2014, 『국가 생물종 목록 무척추동물-V』, 국립생물자원관.
- 이치훈, 이영돈, 1998, 「명주고둥, *Chlorostoma xantostigma*의 생식주기」, 『해양과학연구소 연구논문집』 22, 47-56.
- 최병래, 세종길, 이태환, 1997, 「한국산 청자고둥상과 (복족강: 신복족목)의 분류 및 기재」, 『한국동물분류학회지』 13(2), 103-140.
- 최정권, 이치훈, 이영돈, 최영찬, 2002, 「흑색배말, *Cellana nigrolineata*의 생식주기」, 『한국패류학회지』 18(2), 67-75.
- 한석중, 1998, 『진복양식』, 구덕출판사.
- Barkati, S and M. Ahmed, 1985, "Egg capsules and larvae of two species of *Conus* from the coast of Pakistan bordering the northern Arabian Sea", *Pak J Zool*, 17: 387-392.
- Booolootian, R. A., Farmanfarmaian, A and A. C. Giese, 1962, "On the reproductive cycle and breeding habits of two western species of *Haliotis*", *Biol. Bull*, 122(2): 183-193.
- Coomans H. E and R. G. Moolenbeek, 1982, "Studies on Conidae (Mollusca, Gastropoda)", Institute of Taxonomic Zoology (Zoölogisch Museum), of the University of Amsterdam.
- Grubert, M. A and A. J. Ritar, 2004, "Temperature effects on the dynamics of gonad and oocyte development in captive wild-caught blacklip (*Haliotis rubra*) and greenlip (*H. laevigata*) abalone", *Invertebr Reprod Dev*, 45(3): 185-196.
- Kim J. W, Lee B. W., Kang, J. C., Min, E. Y, Won, S. H., Lim, H. G., Kang, S. W., Jeon, M. A and J. S. Lee, 2015, "Reproductive cycle of the abalone, *Haliotis discus discus*

- collected from Jeju Island of Korea”, *Korean J. Malacol*, 31(1): 21–26.
- Kohn, A. J., 1959, “The ecology of *Conus* in Hawaii”, *Ecol Monogr*, 29(1): 47–90.
- _____, 1961, “Studies on spawning behavior, egg masses, and larval development in the gastropod genus *Conus*, part I. observations on nine species in Hawaii”, *Pac Sci*, 15(2): 163–179.
- Kohn, A. J., Nishi, M and B. Pernet, 1999, “Snail spears and scimitars: a character analysis of *Conus* radular teeth”, *J. Molluscan Stud*, 65(4): 461–481.
- Lee, S. H and J. K. Park, 2014, “The first record of a marriage cone, *Conus sponsalis* (Conidae: Gastropoda) from Korea”, *Anim Syst Evol Divers*, 30: 55–57.
- Love, M. S and W. V. Westphal, 1981, “Growth, reproduction, and food habits of olive rockfish, *Sebastes serranoides*, off central California”, *Fish Bull*, 79: 533–545.
- Ostergaard, J. M, 1950, “Spawning and Development of Some Hawaiian Marine Gastropods”, *Pac. Sci*, 4.
- Perron, F. E. 1986. “Life history consequences of differences in developmental mode among gastropods in the genus *Conus*”, *B Mar Sci*, 39: 485–497.
- Phuong, M. A and N. M. Gusti, 2018, “Targeted sequencing of venom genes from cone snail genomes improves understanding of conotoxin molecular evolution”, *Mol. Biol. Evol*, 35: 1210–1224.
- Rockel, D., Korn, W and A. J. Kohn, 1995, *Manual of the Living Conidae. Volume 1: Indo-Pacific Region*, Verlag Christa Hemmen (ed.), Grillparzertr, Germany.
- Von Cosel, R and A. J. Kohn, 2013, “Mating behaviour of *Conus cingulatus* Lamarck, 1810”, *J. Molluscan Stud*, 79(1): 79–81.

Abstract

Reproductive cycle of *Conus lischkeanus*
(Gastropoda: Conidae) in Jeju coastal waters, Korea

Choi, Song-Hee* · Kim, Byeong-Hoon** · Lee, Sung-Hoon*** · Lee, Chi-Hoon**** · Lee,
Young-Don*****

Reproductive ecology of *Conus lischkeanus* were investigated by histological observations. Samples were collected monthly from the coaster water of Munseom, Seogwipo, Jeju Island by scuba diving from March to November 2018. The *C. lischkeanus* showed the characteristic of attached egg capsules during spawning season. The reproductive cycle was classified into the following successive stages: in female, growing stage (March to May), mature stage (May to September), spawning stage (July to October) and degeneration and recovery stage (September to November); and in male, early mature stage (March to April), mature stage (May to September), spawning stage (June to October) and degeneration and recovery stage (November). The number of egg produce/capsule were 1,040~3,800 eggs. Based on monthly gonadal development using the histological methods, the *C. lischkeanus* was summer breeder (the main spawning season; August to September), and some individuals were observed partial spawning in spawning season.

Key Words : *Conus lischkeanus*, gonadal development, reproductive cycle, summerbreeder

교신 : 이영돈 63333 제주특별자치도 제주시 조천읍 함덕5길 19-5 해양과학연구소
(E-mail: leemri@jejunu.ac.kr)

* First Author, Jeju National University
** Co-Author, Marine Science Institute, Jeju National University
*** Co-Author, Jeju National University
**** Co-Author, *CR Co., Ltd.*
***** Corresponding author, Professor, Marine Science Institute, Jeju National University

제주연안에 서식하는 계단꼭지청자고둥(*Conus lischkeanus*)의 생식주기

논문투고일 : 2020. 07. 20

심사완료일 : 2020. 07. 29

게재확정일 : 2020. 07. 29

<Table 1> Fecundity in egg capsule of *C. lischkeanus*

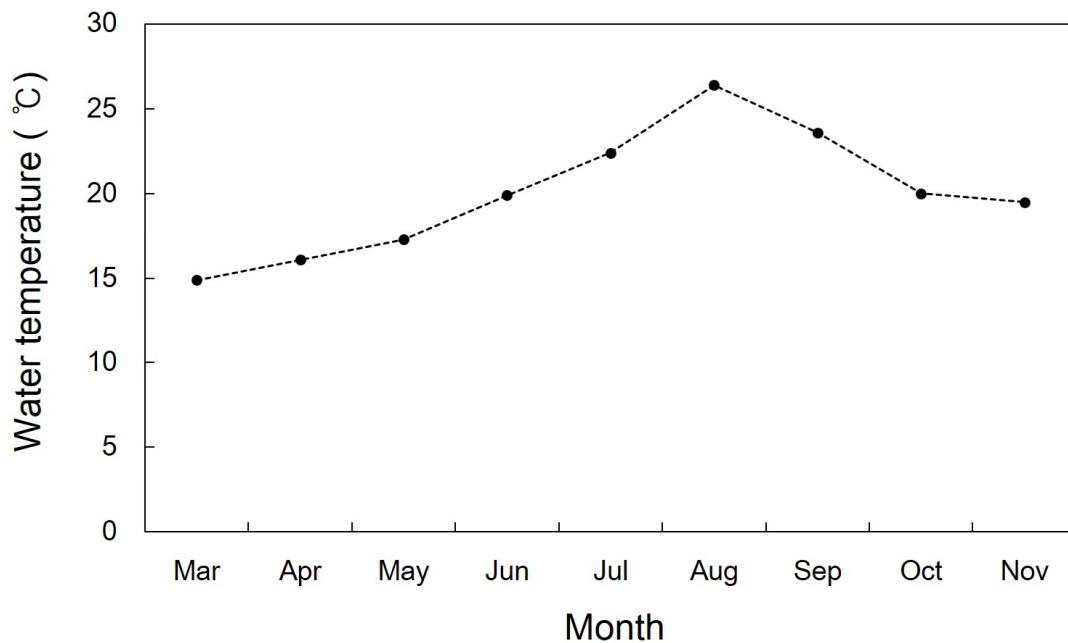
Egg capsule No.	Egg capsule high (cm)	Egg capsule wide (cm)	Egg capsule weight (g)	Number of eggs in egg capsule
1	1.2	1.1	0.08	2,965
2	1.3	1.0	0.08	3,800
3	1.3	0.9	0.06	2,795
4	1.3	0.8	0.08	3,140
5	1.2	0.9	0.06	1,040
6	1.0	0.8	0.05	3,090
7	1.2	0.9	0.04	1,710
8	1.2	1.1	0.07	2,190
Average	1.2±0.04	0.9±0.04	0.07±0.01	2,591±0.27

<Table 2> Characterization of ovarian development stages for female *C. lischkeanus*

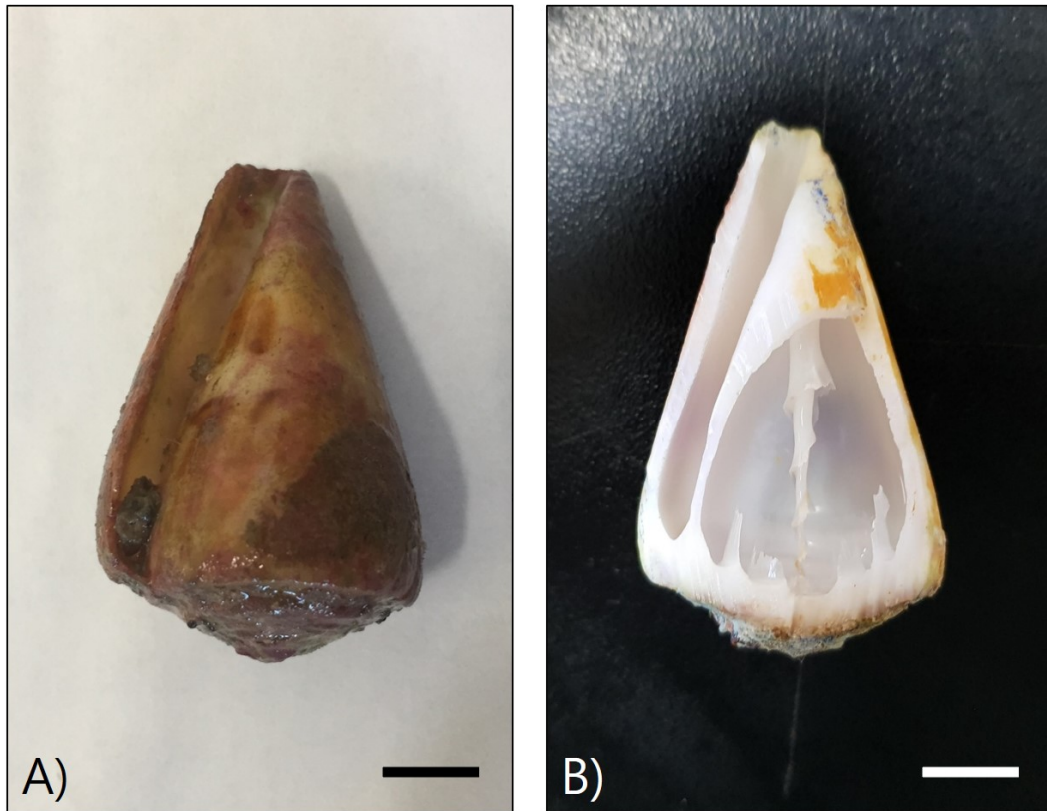
Stages	Description of ovarian developmental stages
Growing	Chromatin nucleolus oocyte (20–50 μm) attached to the follicles.
Mature	Ovary had a few early growing oocytes but mature oocytes (50–150 μm) occupied the majority of the follicle lumen.
Spawning	Mature oocyte was mostly spawn and undischarged mature oocyte observed in follicles.
Degeneration and Recovery	After spawning, undischarged mature oocyte was degenerating and reabsorption. Early growing oocyte was observed in germinal epithelium.

<Table 3> Characterization of testicular development stages for male *C. lischkeanus*

Stages	Description of testicular developmental stages
Early mature	Testis consisted of mostly spermatogonia, spermatocyte and spermatid, and a few spermatozoa.
Mature	The numbers of spermatogonia and spermatocyte were greatly reduced, and spermatozoa occupied the majority of the follicle lumen.
Spawning	Spermatozoa was mostly spawn and undischarged spermatozoa observed in follicles.
Degeneration and Recovery	After spawning, undischarged spermatozoa was degenerating and reabsorption. Mostly follicles were emptied.

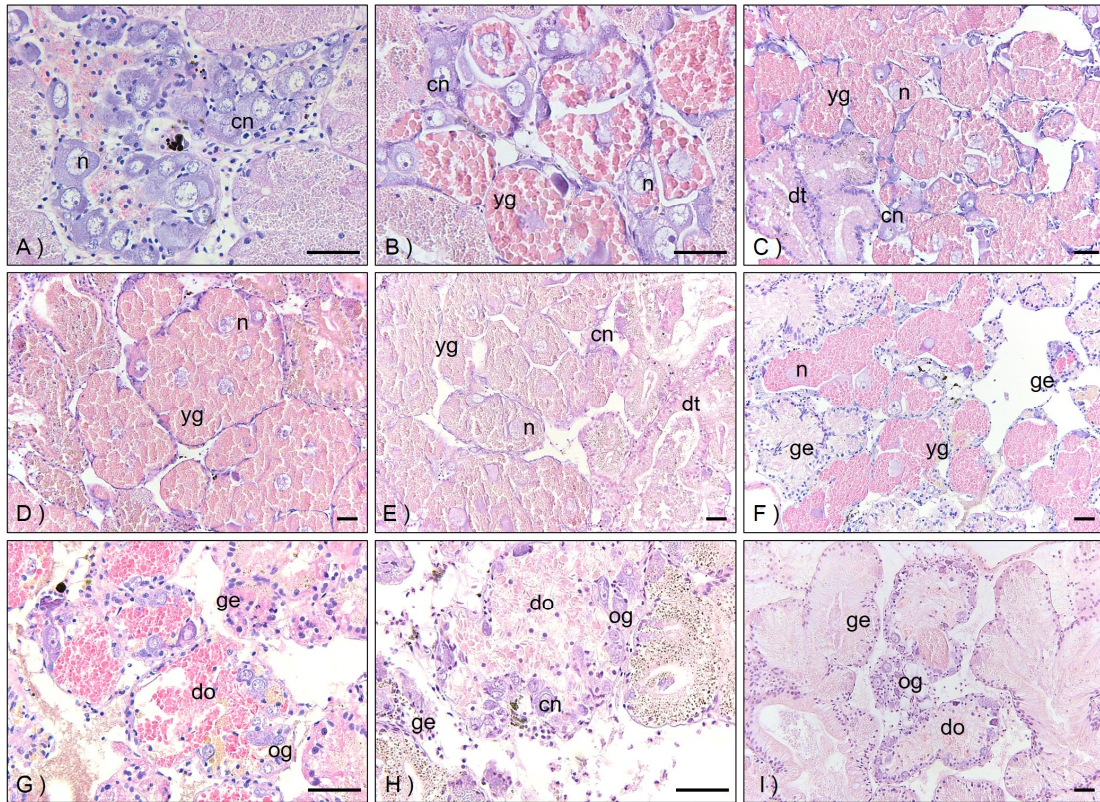


[Fig. 1] Monthly changes of water temperature at about 13 to 15 meters deep in the collecting area, Munseom, Seogwipo.

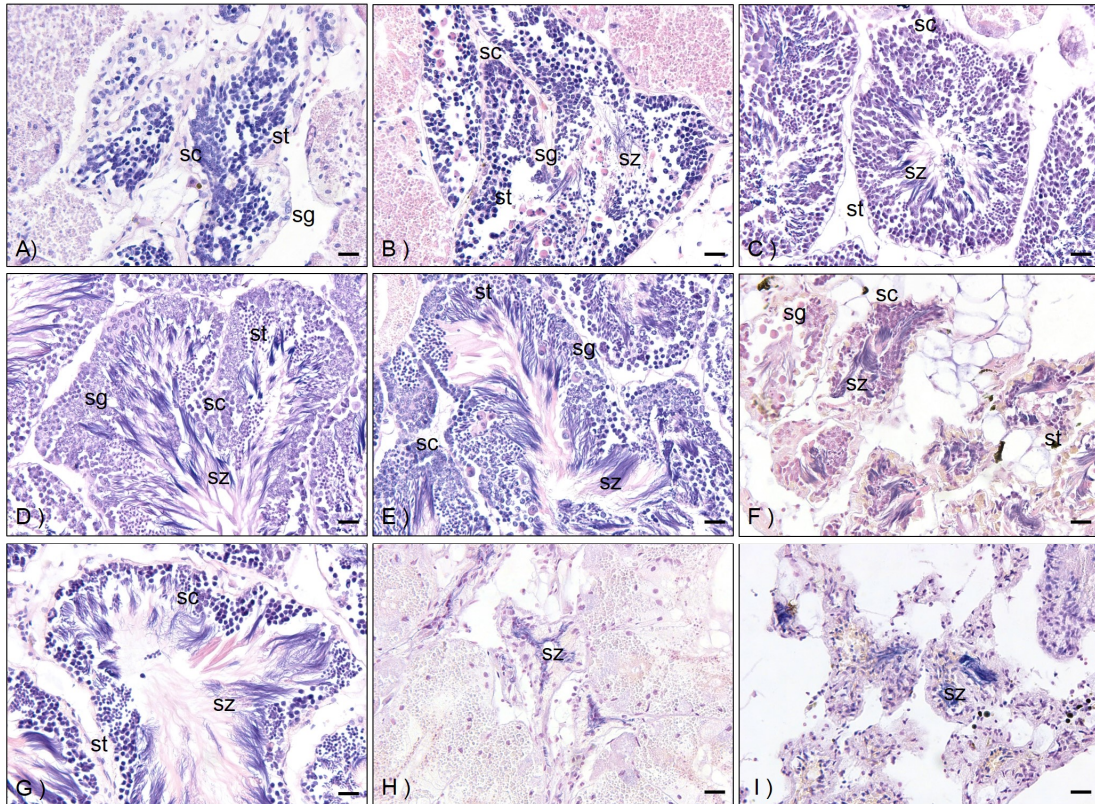


[Fig. 2] Morphological characteristics of *C. lischkeanus*. a: Surface of shell, b: Cross-section slice of shell. Scale bar = 1 cm.

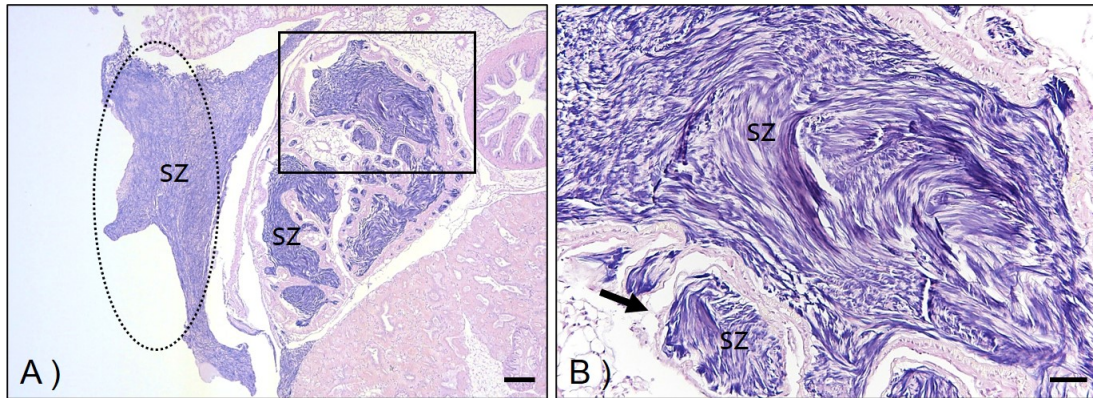
제주연안에 서식하는 계단꼭지청자고둥(*Conus lischkeanus*)의 생식주기



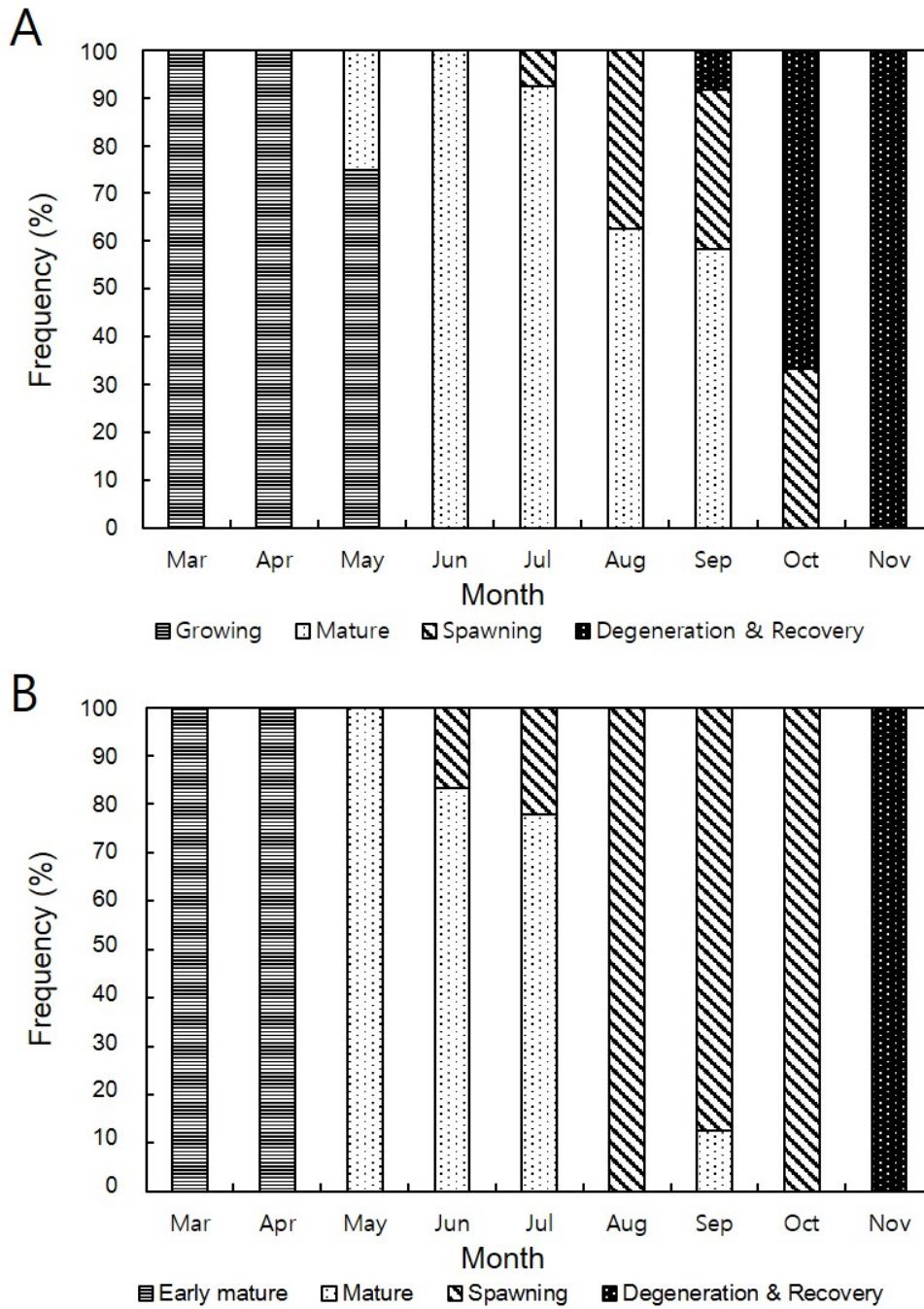
[Fig. 3] Monthly ovarian and development phase of female *C. lischkeanus* used by hematoxylin and eosin staining from March to November 2018. A; growing stage from March to April, B; early mature stage in May, C-D; mature stage in June and July, E-F; partial spawning stage in August and September, G; degeneration oocyte in September, H-I; degeneration and recovery stage in October and November. cn; chromatin nucleolus oocyte, do; degenerating oocyte, dt; digestive tubule, ge; germinal epithelium, n; nucleus, og; oogonia, yg; yolk granule. Scale bar = 50 μ m.



[Fig. 4] Monthly testis development phase of male *C. lischkeanus* used by hematoxylin and eosin staining from March to November 2018. A–B; growing stage in March and April, C; early mature stage in May, D–E; mature stage in June and July, F–G; partial spawning stage in August and September, H–I; degeneration and recovery stage in October and November. sc; spermatocyte, st; spermatid, sg; spermatogonium, sz; spermatozoa. Scale bar=20 μ m.



[Fig. 5] Copulatory organ and vas deferens observed in testis of *C. lischkeanus* in September. A; copulatory organ and vas deferens was filled with spermatozoa. The dotted line is copulatory organ, box is vas deferens, Scale bar = 200 μ m, B; vas deferens enlarged vas efferens. Arrow indicates vas efferens, sz; spermatozoa. Scale bar = 50 μ m.



[Fig. 6] Monthly composition of gonadal phase of *C. lischkeanus* from March to November 2018. A; Female, B; Male.



[Fig. 7] Egg capsules were attached on the shell surface of *C. lischkeanus*. Arrows indicate egg capsule. Scale bar = 1cm.